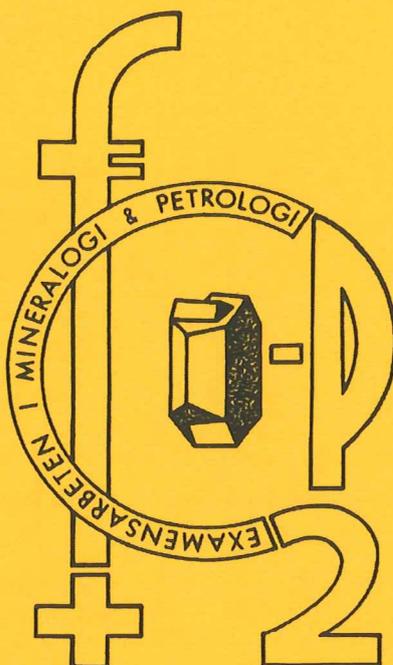


EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

LUNDS UNIVERSITET
GEOBIBLIOTEKET
PERIODICA

Mineralogi och petrologi



**Paleomagnetisk undersökning av senpaleozoiska
gångbergarter i Skåne; Kongadiabas, melafyr och kullait**

Fredrik Bengtsson

Per

Lunds univ. Geobiblioteket



15000

600955245

**Examensarbete, 20 p
Bibliotekets Institutionen, Lunds Universitet**

Nr 75

EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

LUNDS UNIVERSITET
GEOBIBLIOTEKET
PERIODICA

Mineralogi och petrologi



**Paleomagnetisk undersökning av senpaleozoiska
gångbergarter i Skåne; Kongadiabas, melafyr och kullait**

Fredrik Bengtsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ABSTRACT

INLEDNING sidan 1

KAP 1. BERGARTSBESKRIVNING 2

- 1.1. Kongadiabas 2
- 1.2. Melafyr 2
- 1.3. Kullait 3
- 1.4. Syenitporfyr 3
- 1.5. Grupperingar 4

KAP 2. MATERIAL OCH METODER 6

- 2.1. Provurval och provtagning 6
- 2.2. Provberedning 6
- 2.3. Mätmetoder och apparatur 7
 - 2.3.1. Paleomagnetism 7
 - 2.3.2. Mineralmagnetiska egenskaper 7

KAP 3. RESULTAT 9

- 3.1. Paleomagnetism 9
- 3.2. Mineralmagnetiska egenskaper 13
- 3.3. Den magnetiska susceptibilitetens anisotropi 19

KAP 4. DISKUSSION 22

- 4.1. Paleomagnetism 22
 - 4.1.1. Grupp A -poler 22
 - 4.1.2. Grupp B -poler 23
- 4.2. Mineralmagnetiska egenskaper 24
- 4.3. Den magnetiska susceptibilitetens anisotropi 25
- 4.4. Felkällor 25

TACK 26

LITTERATURHÄNVISNINGAR 27

ABSTRACT

This palaeo- and mineralmagnetic study is intended to give paleomagnetic directions for, and if possible clarify the relations between, the main groups of NW-SE striking scanian mafic dykes; quartzdolerites (or Kongadolerites), melaphyres and kullaites, and an odd syeniteporphyry dyke.

These dykes have been restricted to late Palaeozoic ages by previous geologic (fieldrelations and K-Ar radiometric dating) and paleomagnetic investigations.

The ages of the quartzdolerites and most of the melaphyres as well as one kullaite are believed to be Carboniferous (possibly upper Carboniferous). The majority of the kullaites and the syeniteporphyry dyke give less stable Characteristic Remanent Magnetisms, suggesting paleomagnetic poles of Jurassic age or possibly Viscous Remanent Magnetisms affected by the present geomagnetic field.

Mineralmagnetic characteristics confirms the Kongadolerites as clean and fairly unaffected by autometamorphic and later changes. Melaphyres and kullaites show similarities, and a few varieties of melaphyres are difficult to magnetically, and by their fieldappearance, distinguish from the kullaites.

This investigation cannot deny the possibility that melaphyres, kullaites and the syeniteporphyry dyke are genetically related, differing only in degree of the original mafic melts assimilation of country rock, as suggested by Hjelmqvist in 1939.

Key words: palaeomagnetism, dolerite, melaphyre, kullaite, Sweden, Scania, Carboniferous, Permian and Jurassic.

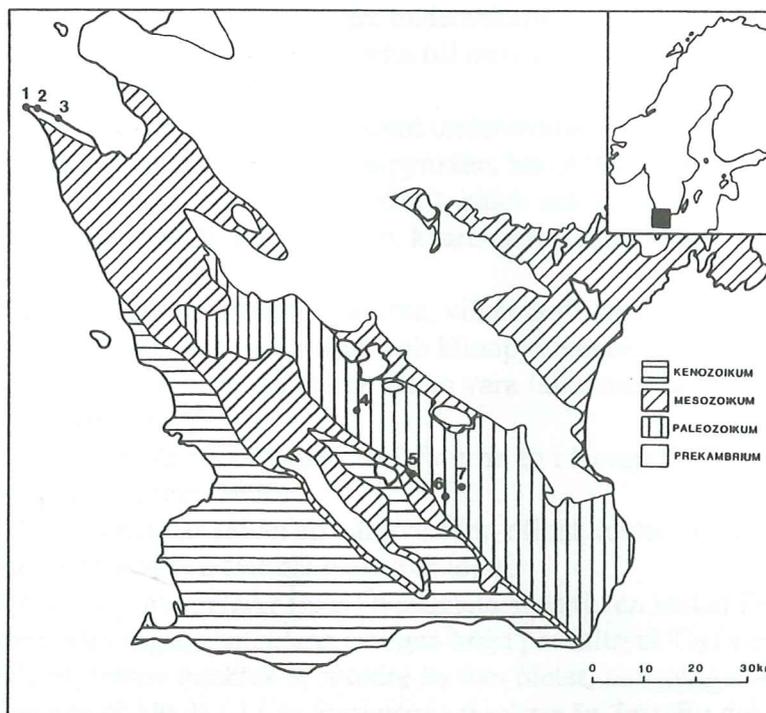
INLEDNING

Den skånska diagonalen dvs det skånska NV-SÖ strykande och ca 70 km breda systemet av horstar har varit tektoniskt aktivt under senpaleozoikum och mesozoikum. Under främst senpaleozoikum åtföljdes förkastningsaktiviteten av omfattande intrusiv och extrusiv bergartsbildning längs denna diagonal (Törnebohm & Hennig, 1904 och Norling & Wikman, 1990) och de huvudsakligen mafiska bergarterna som bildades har allmänt kommit att kallas NV-SÖ diabaser.

De mafiska gångbergarterna uppvisar en stor diversitet i sammansättning och har traditionellt indelats i Kongadiabaser (kvartsdiabaser), melafyrer, kullaiter och övriga bergarter (Norling & Wikman, 1990). De flesta av dessa bergarter är sedan länge beskrivna (Törnebohm & Hennig, 1904 samt Hadding, 1931 och 1939) och har dessutom undersökts paleomagnetiskt (Mulder, 1971 och Bylund, 1973 och 1974).

Avsikten med denna studie har varit att komplettera föregående paleomagnetiska undersökningar med data från tidigare icke undersökta gångar, samt gångar som inte tidigare gett några tolkningsbara resultat. Mätutrustning och mätmetoder använda i dessa tidigare studier är i många avseende förlegade och en uppdatering av äldre information har varit önskvärd. Dessutom har mycket paleomagnetisk data tillkommit för stabila Europa vilka har kunnat jämföras med denna undersökning i avsikt att ge nya perspektiv på den skånska diagonalens gångbergarter.

Vidare har en mineralmagnetisk undersökning gjorts, dels för att utifrån denna kunna bedöma de paleomagnetiska resultaten, dels för att om möjligt kunna belysa de genetiska relationerna bergartstyperna emellan.



Figur 1. Provlokalerens geografiska läge i den skånska regionalgeologin. 1 = bergarterna K1, K2, K3 och K4 (Kullaberg); 2 = K5, K6, K7 och K8 (Kullaberg); 3 = K9 (Arild); 4 = R1 (Rövarekulan); 5 = A1 (Frualid) och T1, T2 och T3 (Torpa Klint); 6 = To1 (Tolånga) samt 7 = N1 (Näsby).

1. BERGARTSBESKRIVNING

1.1. Kongadiabas

Kongadiabaserna, efter typlokalen Konga Klint, vilka är tholeitiska kvartsdiabaser (Bylund *et al*, 1988) består av plagioklas och klinopyroxen samt klorit, kalcit, epidot och apatit. Diabasporfyriter så som den i Arild (K9) är sammansättningsmässigt Kongadiabaser (Norling & Wikman, 1990).

Undersökta diabasernas tjocklek varierar mellan två (K3) och 30 (K9) meter, och intruderar alla prekambrisk gnejs och/eller amfibolit (figur 1). Gångarna stryker NV till VNV och stupar brant åt SV.

Opakmineralogi

Mikroskopering i reflekterat ljus påvisar en rosatonad titanomagnetit som dominerande opak fas med därtill förekommande mindre halter av titanohematit och pyrit. Mineralen har goda primära former och föreligger såsom enskilda oktahedralla korn eller som, för titanomagnetit typiska, "skelettformer". Titanohematiten syns bara som avblandade lister och fläckar i titanomagnetiten och kan i enstaka fall bestämmas som ilmenit.

1.2. Melafyr

Melafyrerna är svarta till grågröna mafiska bergarter vars gröna anstrykning ökar med omvandlingsgraden. I bergarterna förekommer ofta strökorn och inte sällan mandlar. Den minst omvandlade varieteten och alltså den mest ursprunglika har kallats Augitporfyrit av Hjelmqvist (1939) och under senare undersökningar har flera av melafyrerna visat sig vara lamprofyter (Bylund *et al*, 1988). Detta till trots används här beteckningen melafyr då den är regionalgeologiskt etablerad.

Strökornen är klinopyroxen samt underordnat olivin och undantagsvis plagioklas. Grundmassan består av plagioklas, klinopyroxen, hornblände, apatit, opakmineral och devitrifierat glas samt sekundära mineral som klorit, kalcit och epidot. De senare finns också i mandlar tillsammans med zeolit, kalcedon, kvarts och alkalifältspat (Hadding, 1916 och Hjelmqvist, 1939).

I de omvandlade gångbergarterna, vilket är de flesta, är den ursprungliga olivinen ersatt av pseudomorfer utav serpentin, och klinopyroxenen är omvandlad till förmån för klorit, kalcit och titanomagnetit vilket också kan vara fallet med hornbländet. Fläckvis förekommer hematitpigmentering.

Kiselhalten är något lägre i melafyrerna än i Kongadiabaserna (Bylund *et al*, 1988 samt Norling & Wikman, 1990).

Melafyrerna har sällan en välutvecklad ofitisk textur och deras mineralogi kan variera märkbart inom en och samma gång och lokal.

I egenskap av melafyr intar Övedsmelafyren (även kallad Fruallidmelafyr) en särställning pga den ursprungliga smältans troligen höga partialtryck O_2 (Veldi, 1951).

Melafyrernas tjocklek är mindre än fem meter, undantaget A1 och möjligen N1 vilkas tjocklekar inte är kända (A1 är åtminstone tjockare än 7m). En del av melafyrerna intruderar prekambrisk gnejs medan andra intruderar silurisk ljus Colonusskiffer (figur 1). Alla melafyrer utom en (K2, Kullaberg) är provtagna i centralskåne. Flertalet gångar stryker ca NV och stupar brant åt SV. K2 på Kullaberg är en horisontell lagergång och A1:s och N1:s orienteringar är osäkra då deras kontakter med sidoberget inte är blottade.

Opakmineralogi

Liksom hos Kongadiabaserna är här titanomagnetit den rikligast förekommande enskilda opakfasen. Den något rosatonade titanomagnetiten utbildar oktahedrala korn och lister som är rundade och spruckna. Avblandningar kan endast ses i form av små, om än i vissa fall rikligt förekommande, prickar/fläckar i den annars tillsynes homogena titanomagnetiten. Pyrit och titanohematit finns i mindre mängder, i synnerhet den senare.

Titanomagnetit finns också som koronor kring pyroxenpseudomorfer.

Vissa av bergarterna är fläckvis hematitpigmenterad.

Övedsmelafyren (A1) som är kraftigt hematitpigmenterad och dessutom rik på Fe-oxihydroxider, avviker här från övriga melafyrer.

1.3. Kullait

Kullaiterna är grågröna till röda och den röda anstrykningen fås av hematitpigmentering.

Liksom melafyrerna är kullaiterna strökorn- och mandelförande. Strökornen är plagioklaser och grundmassan domineras av; plagioklas, klorit, kalcit, klinopyroxen, epidot, apatit, opakmineral och kvarts (Norling & Wikman, 1990), bland vilka de sekundära mineralen ingalunda är underordnade. Mandlarna består av kalcit och klorit men också av epidot och alkalifältspat. Hematitpigmenteringen är ofta riklig och kullaiten 400 m söder om Kullens fyr (K4) är extremt välpigmenterad. Grundmassan är ofta kraftigt omvandlad och därför svårdefinierad. Kemiska analyser (Norling & Wikman, 1990) visar på en relativt Kongadiabas förhöjd halt av kisel, aluminium och alkali.

Bergarterna har en av omvandlingen maskerad men klar antydning till ofitisk textur.

Kullaiterna vilka alla provtagits på Kullaberg intruderar prekambrisk gnejs och/eller amfibolit och är som tjockast kring tre meter. Gångarna stryker NV-VNV och är vertikala till brant stupande åt SV.

Opakmineralogi

Opakmineralen vilka domineras av järnoxider är till stor del omvandlade. Antydning till oktahedrala korn vilka bestäms som titanomagnetit eller en diffus blandning av titanomagnetit och titanohematit, kan skönjas. Ofta är däremot järnoxider och de få pyriterna omvandlade till Fe-oxihydroxider som goethit och limonit.

1.4. Syenitporfyr

Syenitporfyrgången i Torpa Klint stenbrott är som namnet anger ingalunda en mafisk bergart och dess ursprung är oklart.

Bergarten är rödfärgad till följd av hematitpigmentering och dess mineralogi domineras av tvillingförande alkalifältspat som strökorn och i grundmassan. Också biotit förekommer som strökorn likväl som i grundmassan, vilken i övrigt består av opakmineral, klorit, kalcit och apatit (Hjelmqvist, 1939).

Syenitporfyren intruderar prekambrisk gnejs och har en tjocklek på ca fem meter. Gången stryker ca NV och stupar brant åt SV.

Opakmineralogi

Bergarten innehåller ett fåtal megakrister av titanomagnetit och därtill enskilda mindre, något rundade och spruckna korn av blålilatonad titanomagnetit. Titanomagnetiten innehåller liksom vissa melafyrer prickar/fläckar som kan vara avblandningar. Underordnat förekommande pyrit är euhedral.

Bergarten är på det hela taget fattig på i mikroskop synliga opaker, men kraftigt hematitpigmenterad.

1.5. Grupperingar

Indelningen ovan får anses som väletablerad (Törnebohm & Hennig, 1904; Bylund *et al*, 1988 samt Norling & Wikman, 1990). Den är gjord på grundval av kemisk sammansättning och mineralogi men också på grundval av makroskopiskt utseende, geografisk utbredning och strukturella samband. Mineral- och paleomagnetiska kriterier har däremot inte haft något avgörande inflytande vid denna indelning.

Enligt den traditionella indelningen ovan kan i detta examensarbete undersökta bergarter fördelas som följer:

Kongadiabaser: De tre Kullabergdiabaserna (K1, K3 och K6) och diabasporfyriten i Arild (K9).

Melafyrer: Tolångamelafyrerna och besläktade bergarter (To1, N1 och R1); de mafiska gångarna i Torpa Klint stenbrott och Övedsmelafyren (T2, T3 och A1) samt lagergången på Kullaberg (K2).

Kullaiter: Kullaiterna på Kullaberg (K4, K5, K7 och K8).

Syenitporfyren (T1) slutligen, platsar inte i någon av grupperna med utgångspunkt från ovan angivna kriterier (sammansättning, mineralogi och utbredning).

Tabell 1.1. Kemisk sammansättning i vikt% för några av de paleomagnetiskt och mineralmagnetiskt undersökta gångarna. Komponenter med halter lägre än 0.2 % är exkluderade varefter vikten normerats till 100 %. (Modifierat från Hadding, 1916 (To1 och N1); Hjelmqvist, 1939 (T1); Veldi, 1951 (A1) och Norling & Wikman, 1990 (K3, K2, K8 och K4)).

Komponent	diabas K3	melafyr To1	melafyr K2	melafyr N1	melafyr A1	kullait K8	kullait K4	syenitp T1
SiO ₂	49.39	35.24	39.30	41.34	44.97	53.84	58.05	58.20
TiO ₂	2.90	2.01	3.84	1.90	1.77	1.28	0.37	0.40
Al ₂ O ₃	13.60	18.51	12.33	15.72	17.58	16.91	18.34	19.32
Fe ₂ O ₃	2.70	4.31	5.35	5.25	11.47	1.41	1.81	2.50
FeO	10.90	8.29	8.28	6.97	0.84	7.15	3.93	2.64
MnO	0.23		0.18	0.15	0.12	0.12	0.20	0.10
CaO	9.70	11.33	11.32	11.16	7.54	3.52	2.72	1.95
MgO	5.90	5.85	8.18	5.72	6.98	3.12	0.97	1.22
Na ₂ O	2.20	2.74	2.63	3.53	3.12	5.43	4.94	4.26
K ₂ O	0.70	1.69	1.52	1.77	0.73	3.12	5.74	6.05
P ₂ O ₅	0.29		1.11	2.06	0.12	0.77	0.20	0.64
CO ₂	0.41	4.59	2.83	0.75	0.42	0.70	1.21	0.64
H ₂ O	1.10	5.43	3.13	3.66	4.32	2.62	1.51	2.08
Summa	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabell 1.2. Volymetrisk bestämning av mineralogin för några av de paleomagnetiskt och mineralmagnetiskt undersökta gångarna (Modifierat från Veldi, 1951 (A1) och Norling & Wikman, 1990 (K3, K2, K4, K5, K7 och K8)). Andelar mindre än 0.5 % är exkluderade varefter summan normerats till 100 %.

Mineral	diabas K3	melafyr K2	melafyr A1	kullait K4	kullait K5	kullait K7	kullait K8
Plagioklas	49	40	49	77	52	55	69
Kalifältspat	1			2		2	
Biotit	1			2			
Klorit	1	3		11	27	25	15
Epidot					1		
Serpentin			1				
Pyroxen	41	4	11				
Hornblände		20					
Kalcit		5	2	1	2	3	
Apatit	1	3		1	1	5	3
Kalcedon			5				
Opaker	6	5	32	2	15	9	6
Omvandlm				4	2	1	3
Mandlar							4
Obest grundmassa		20					
Summa	100	100	100	100	100	100	100
An halt	45-60			25	30-35	32	

2. MATERIAL OCH METODER

2.1. Provurval och provtagning

Valet av bergarter för analys är gjort för att komplettera tidigare undersökningar av senpaleozoiska gångbergarter i Skåne (Mulder, 1971 och Bylund, 1973 och 1974). En viss överlappning med av G Bylund utförda undersökningar har medvetet gjorts för att kunna se om moderniseringar av mätutrustning och mätteknik har någon märkbar inverkan på mätresultaten. Dessutom har avsikten varit att omfatta de tre olika grupperna (Kongadiabas, melafyr och kullait) av bergarter i undersökningen.

Proverna har tagits i serier vinkelrätt mot den enskilda gångens strykning för att på så sätt i gångmedelvärdet inbegripa variationen i kornstorlek (mindre kornstorlek mot gångens kyllda kontakter). Kornstorleken är avgörande för den remanenta magnetismens stabilitet. Som biefekt fås sammansättningsvariationer till följd av kontaminering, genom assimilering av sidoberg i gångarnas kyllda kontakter, med dess inverkan på bergartens magnetiska egenskaper, som ännu en parameter.

Gångarna har om möjlighet getts, provtagits vid olika lokaler längs dess längdutbredning. Oftast har förstås deras sparsamma blottning begränsat denna möjlighet, och i enstaka fall har bara 1-2 m² av gången (N1) kunnat observeras.

Provtagning av mycket smala gångar, tjocklek < 0.5 m, har undvikits bl a pga kontamineringsrisk enligt ovan.

Orienteringen av proverna i fält har skett med hjälp av solkompass i så stor utsträckning som möjligt för att undvika att bergarternas magnetism skulle störa mätningarna, vilket skulle kunna ha varit fallet med vanlig magnetkompass. I synnerhet på Kullabergs nordsida har det under provtagningsperioden september månad varit svårt att använda solkompassen, liksom i allmänhet vid olämplig väderlek. I dessa fall har vanlig magnetkompass använts och dessa värden har vid behov korrigerats efter enstaka, för bergarten eller svärmen av gångbergarter förekommande, solkompassvärden. Den magnetiska kompassens avvikelser har, om någon sådan alls observerats, varit maximalt 10 grader.

Prover tagna i bergarter vid Torpa Klint, Tolånga och Rövarekulan, är behäftade med en viss osäkerhet i ursprunglig orientering då bergarterna oftast är kraftigt uppspruckna.

2.2. Provberedning

Majoriteten av proverna är i fält tagna som stuffer ur vilka cylinderformade borrhärdar borrar på institutionen. Ett fåtal borrhärdar (flertalet prover tillhörande syenitporfyren i Torpa Klint stenbrott) har däremot borrar med portabel borrhärd i fält (en bensindriven, vattenkyld och diamantborrförsedd borrhärd).

Borrhärdarna har därefter kapats för att ge flera enskilda prover från varje stufv med ungefärlig volym 11.3 cm³ (standardstorlek); dvs en cylinderbasdiameter på 2.5 cm och en cylinderhöjd på 2.3 cm.

Alltså; ur orienterade stuffer borrar borrhärdar vilka kapas upp i enskilda prover som övertar stuffens orientering.

De här genom tillverkade proverna används också, förutom vid paleomagnetiska undersökningar, vid mätning av magnetisk susceptibilitet och den magnetiska susceptibilitetens anisotropi samt vid en av två metoder för mätning av mättnadsmagnetisering (metod 1).

Prover för mätning av mättnadsmagnetisering - metod två och curietemperatur är tagna direkt ur stufferna. Mättnadsmagnetiseringsproverna -metod två utgörs av små bergartsflisor (ca 1-4

mm³) medan curietemperaturproverna är i pulverform (ca 0.5-1 cm³). Malning av bergartsprover för curietemperaturmätning har gjorts i en kulkvarn typ vibro (Retsch).

2.3. Mätmetoder och apparatur

2.3.1. Paleomagnetism

För att erhålla provernas och sålunda bergarternas Naturliga Remanenta Magnetism (NRM) till storlek och riktning, avmagnetiseras proverna etappvis varefter kvarvarande magnetism mäts. Avmagnetisering har skett genom utradning av befintliga magnetiseringar med ett alternerande elektriskt fält (Alternerande Fält demagnetisering eller bara AF-demagnetisering), eller genom uppvärmning (Termisk demagnetisering). Båda dessa metoder är välbeprövade och etablerade sedan länge, men har olika fördelar.

Termisk demagnetisering ger genom magnetiseringarnas deblockeringstemperaturer (T_D) en antydning om materialets Curietemperatur(er) och är därför att föredra. Dessutom eliminerar denna metod effektivast magnetiseringar bevarade av de finkorniga fraktionerna av enkeldomän titanoematitkorn, vilka kan undgå AF-demagnetisering.

Nackdelen med termisk demagnetisering är att uppvärmningen av proverna kan ge mineralogiska förändringar.

AF-demagnetisering är en snabb metod men kan dessvärre som ovan antytts vara blind för vissa storleksfraktioner utav vissa magnetiska mineralslag.

Vilken metod som är att föredra avgörs från bergart till bergart genom att ett pilotprov per metod och gång avmagnetiseras.

AF-demagnetiseringen har gjorts med apparaturuppställningar konstruerade vid Geologiska institutionen i Lund, medan termisk demagnetisering gjorts i en Schoenstedtugn, modell TS1. Efter varje avmagnetiseringstapp har varje prov fått sin kvarvarande NRM uppmätt till storlek och riktning i skydd från yttre magnetfälts inverkan, i ett sk nollfält, mha en JR 5 Spinner Magnetometer (Geofyzika Brno). Data har lagrats och bearbetats i datorprogrammet; JR5 Magnetometerprogram, 1991 (© T H Torsvik).

Analys av avmagnetiseringsförloppen har gjorts i datorprogrammet Interactiv Analysis of Paleomagnetic Data 1.0 (© T H Torsvik).

2.3.2. Mineralmagnetiska egenskaper

För att beskriva bergarternas magnetiska mineralogi har ett flertal kompletterande magnetiska metoder använts i kombination med optisk mikroskopering.

Optisk mikroskopering i reflekterat ljus är informativ men ändå inte den bästa metoden, då den i mikroskop synliga storleksfraktionen av opakmineral har en mindre inverkan på bergartens magnetiska egenskaper. De storleksfraktioner som bär huvuddelen av den naturliga remanenta magnetismen, är oftast små nog för att inte kunna observeras i optiskt mikroskop. Magnetiska metoder som använts i denna undersökning är mätning av:

Magnetisk susceptibilitet (χ): ett materials (eller enskilt minerals) förmåga att magnetiseras genom induktion av ett pålagt magnetfält.

Mättnadsmagnetisering (χ_s): uppmäts vid sk Koercivitetsspektrumanalys och anger ett materials (eller ett enskilt minerals) maximalt uppnådda magnetisering som svar på induktion av ett pålagt magnetfält, samt sättet på vilket mättnad uppnås.

Curietemperatur (T_C): temperaturen över vilken ett material (eller enskilt mineral) inte är susceptibelt för ett inducerande magnetfält, eller kan bevara en NRM, och alltså inte kan vara magnetiskt.

De tre ovanstående materialkonstanterna är alla beroende av den magnetiska mineralogins sammansättning.

Utöver magnetisk susceptibilitet, mättnadsmagnetisering och curietemperatur har också den magnetiska susceptibilitetens anisotropi uppmätts för att ge information om bergarternas magnetiska textur.

Dessa fyra egenskaper bygger alla på mätning av provernas magnetiska susceptibilitet (χ), och så enligt standardiserade metoder. Den magnetiska susceptibiliteten är proportionalitetskonstanten mellan magnetisering (J) och det magnetiserande magnetfältet (H), enligt: $J = \chi H$. För mätning av magnetisk susceptibilitet, curietemperatur och den magnetiska susceptibilitetens anisotropi (hädanefter kallad bara magnetisk anisotropi) har en Kappabridge KLY-2 susceptibilitetsmätare (Geofyzika Brno) använts. I fallet curietemperaturmätning har Kappabridge KLY-2:n kombinerats med en CS-2 Furnace Apparatus (Geofyzika Brno).

Mättnadsmagnetisering har uppmätts med två olika apparatuppställningar:

Med en Spinnermagnetometer (Molspin Ltd), metod 1, efter magnetisering med en Molspin Magnetic Puls Charger (Molspin Ltd) upp till 300 milliTesla (mT) och en Radcliffe 700BSM Pulse Charger Magnetometer vidare upp till 4000 mT; samt med MicroMag model 2900 - Alternating Force Magnetometer (Princeton Measurements Corporation), metod 2. I det senare fallet har lagring och viss bearbetning av data skett i associerat datorprogram; AGFM 2900, 1994 (© Princeton Measurements Corporation). MicroMag model 2900 -Alternating Force Magnetometers höga känslighet, krävde mycket små provmängder och därför har hänsyn måst tas till diamagnetiska störningar från t ex provhållare, vid analys av resultaten.

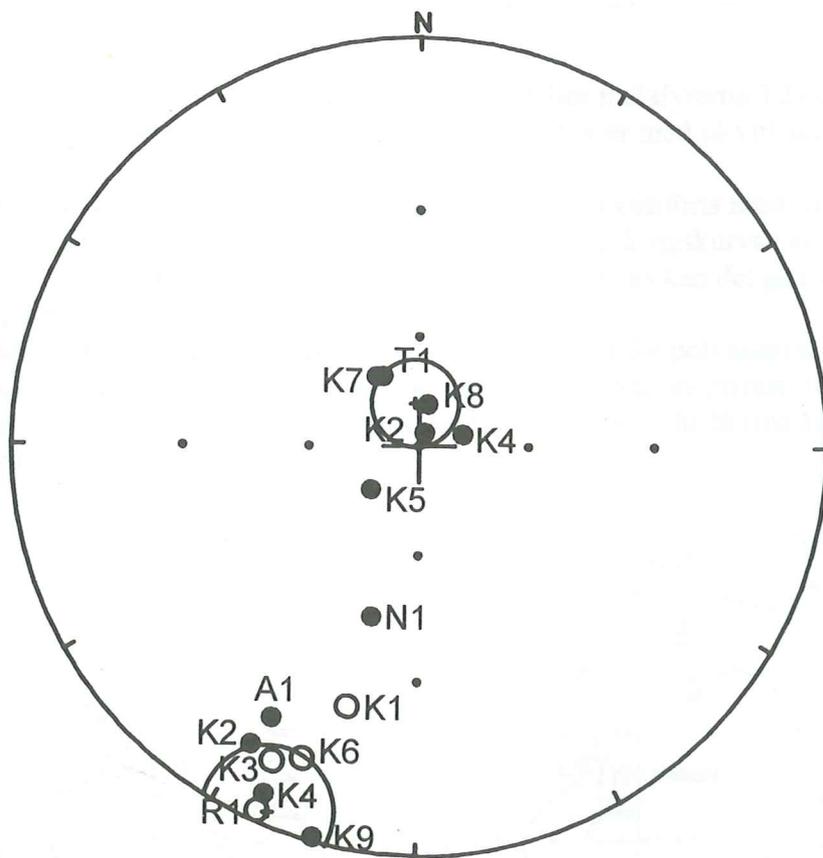
3. RESULTAT

3.1. Paleomagnetism

Avsikten med att isolera en bergarts primära Naturliga Remanenta Magnetism (NRM) är att kunna använda denna för datering av bergartens bildning, och alltså vad gäller gångarna i denna undersökning, tillfället för deras intrusion. Den primära NRM:en, som är den första erhållna magnetiseringen, anger riktningen på det vid bergartsbildningen aktuella geomagnetiska fältet. Magnetiseringens riktningsdata konverteras sedan till lägesdata för motsvarande paleomagnetiska pol, som korreleras med åldersrelaterade polvandringsdata.

Proverna har i allmänhet gett 1 till 3 magnetiseringsvektorer vilka i bästa fall motsvarar lika många generationer av magnetisering. Om flera generationer magnetisering förekommer i ett prov är oftast en av dem betydligt stabilare och starkare än de övriga. Denna dominerande del av provets NRM kallas för Karaktäristisk NRM (hädanefter kallad KarNRM) och kan vara bergartens primära NRM. Det förekommer också att två, ofta till riktning vitt åtskilda, karaktäristiska NRM -riktningar har isolerats från samma gång.

KarNRM har isolerats ur majoriteten av de 190 undersökta, och på 16 gånger fördelade, proverna. Gångmedelvärden har sedan räknats ut på ett urval av provernas KarNRM:er.



Figur 3.1. Erhållna karaktäristiska NRM -riktningar för Kongadiabaser, kullaiter, syenitporfyren i Torpa Klint stenbrott och två melafyrer (13 av 16 undersökta gångar). Ifyllda cirklar innebär positiv inklinering och ofyllda cirklar innebär negativ inklinering, i denna Wulff projektion. Angivna KarNRM:er är gångmedelvärden uträknade från ett urval av de enskilda gångarnas prover. Cirklarna är 95-procentiga konfidensintervall för medelvärden till grupp A (N1 exkluderad) och grupp B (K5 exkluderad).

Tabell 3.1. KarNRM och respektive paleomagnetiska poler för 13 av de 16 gångarna. Stuffer och prover - index M = antalet stuffer och prover som ligger till grund för angivna deklinations- och inklina-tionsvärden och motsvarande poldata. Stuffer och prover - index TOT = totala antalet undersökta stuffer och prover. k = approximerad precisionsparameter; α_{95} = 95-procentigt konfidensintervall; Dp och Dm: halvaxlar till konfidensellips (motsvarande KarNRM:ernas α_{95}) för de paleomagnetiska polerna vilka är virtuella geomagnetiska poler (VGP:er). En VGP anger polpositionen för den geo-centriska dipol som kan stå till svars för en uppmätt NRM (Butler, 1992).

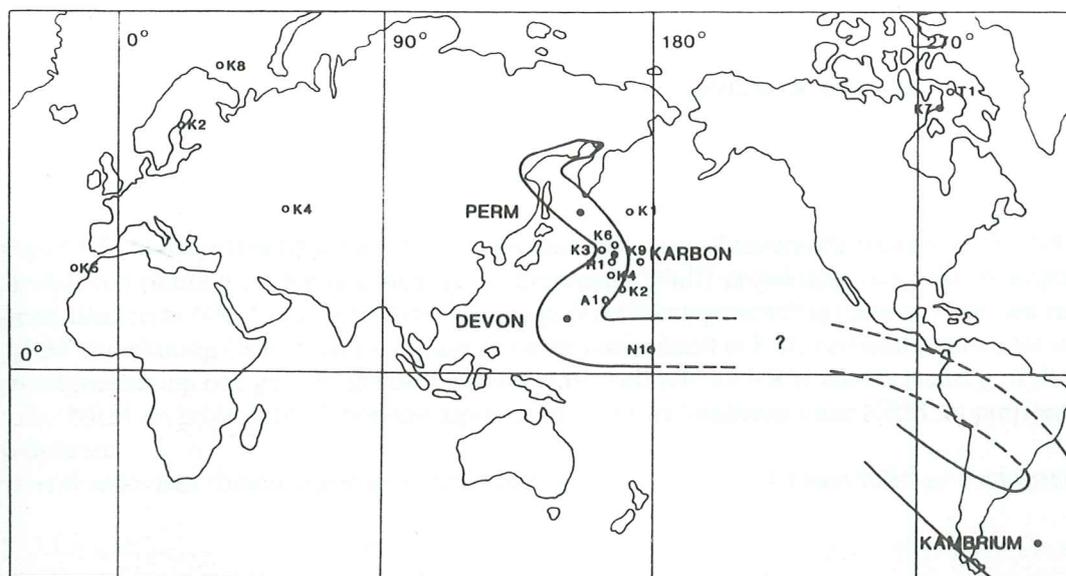
k är dimensionslös medan α_{95} , Dp och Dm är uttryckta i grader.

Gång	Latitud	Longitud	Deklination	Inklination	S_M / P_M	S_{TOT} / P_{TOT}	k	α_{95}	pol lat	pol long	Dp	Dm
A1	55.69	13.67	208.0	16.0	4/5	6/12	11.7	28.1	22.1	163.6	14.8	28.8
K1	56.30	12.45	195.0	-23.2	6/15	6/16	162.5	5.3	44.5	171.2	2.8	5.3
K2	56.30	12.45	208.9	10.4	5/13	7/21	34.1	13.3	24.8	169.0	6.7	13.1
K2	56.30	12.45	23.1	85.9	4/4	7/21	12.6	26.9	64.9	21.1	50.8	51.4
K3	56.30	12.45	204.5	-9.5	2/8	2/8	389.2	12.7	35.1	162.3	6.1	12.1
K4	56.30	12.45	203.5	4.3	4/4	8/13	231.3	6.1	54.8	56.4	31.3	33.5
K4	56.30	12.45	74.8	77.3	8/12	8/13	10.1	18.3	29.0	165.5	3.0	6.0
K5	56.30	12.58	227.6	72.1	6/8	7/10	13.5	18.9	29.2	344.8	28.0	31.7
K6	56.30	12.47	200.0	-11.8	5/8	5/8	17.9	16.3	37.1	166.7	8.2	16.2
K7	56.30	12.47	328.4	67.4	4/5	6/11	30.1	14.2	69.9	277.2	19.2	23.2
K8	56.30	12.49	11.7	78.0	7/8	7/8	16.2	15.5	77.9	32.8	26.6	28.2
K9	56.28	12.56	194.8	0.7	6/8	8/11	22.1	14.6	32.9	175.2	7.0	14.0
N1	55.66	13.84	195.1	43.2	1/6	2/8	54.1	9.2	8.3	179.3	6.9	11.2
R1	55.82	13.51	203.4	-1.6	3/6	3/11	20.7	15.1	31.6	165.7	7.5	15.0
T1	55.68	13.68	332.7	68.3	11/14	14/19	11.4	12.9	73.2	279.2	16.9	20.1
T2	55.68	13.68	-	-	-	6/13	-	-	-	-	-	-
T3	55.68	13.68	-	-	-	6/12	-	-	-	-	-	-
To1	55.63	13.77	-	-	-	5/10	-	-	-	-	-	-

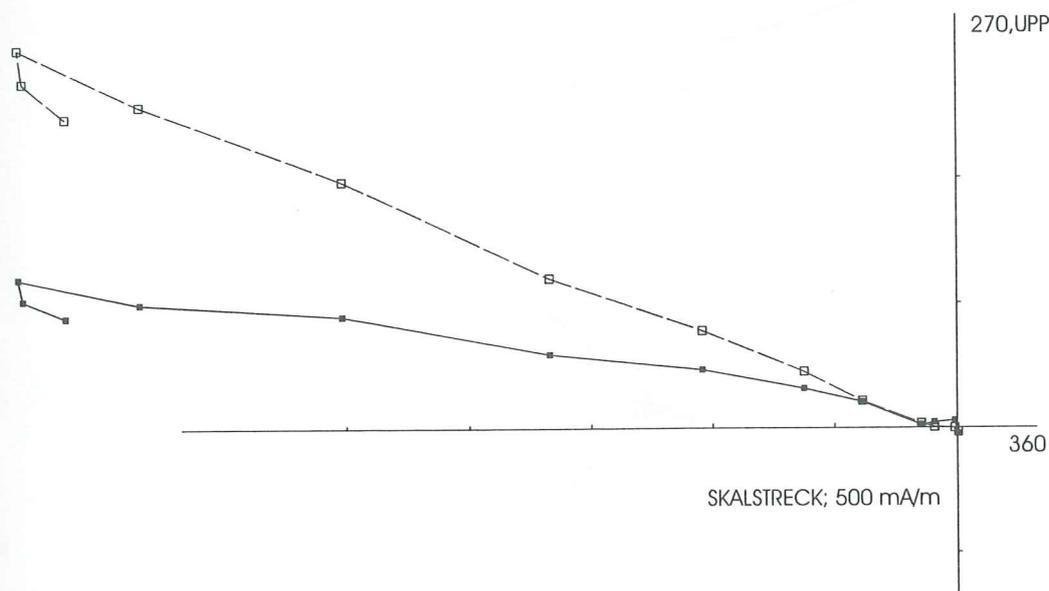
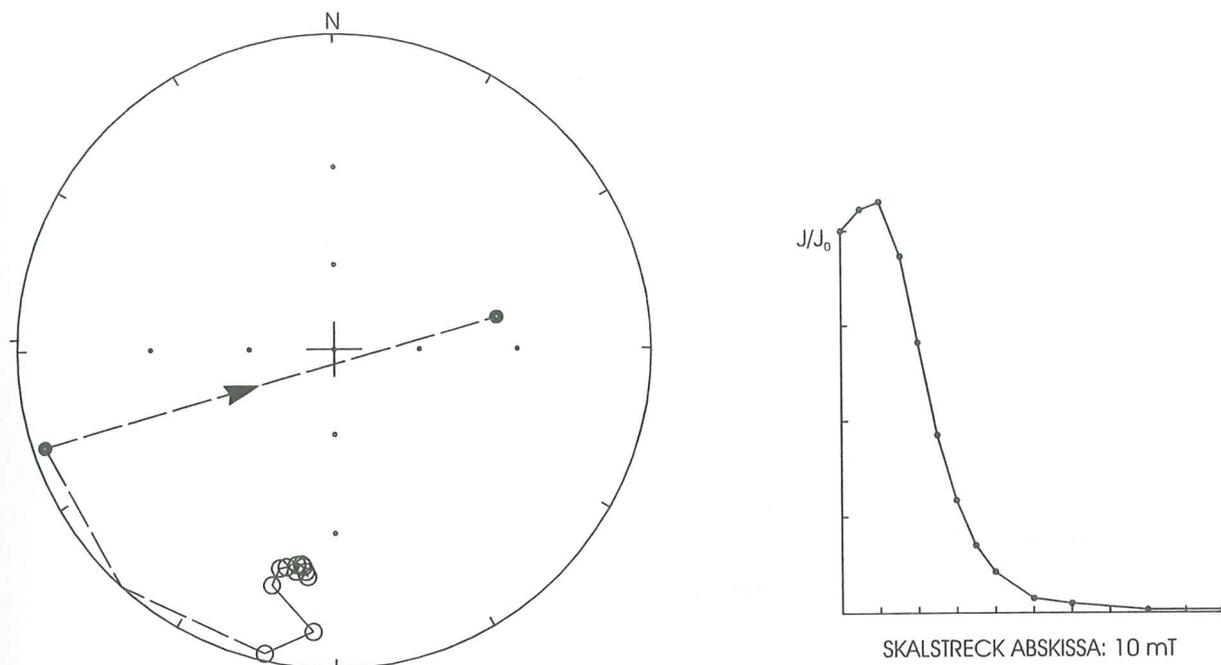
Proverna tillhörande tre melafyrer (Torpa Klint melafyrerna T2 och T3 samt melafyren SV Tolånga kyrka, To1) har gett enskilda KarNRM:er med så vitt skilda riktning att gångmedel-värden är meningslösa.

KarNRM:er vilka är troliga primära NRM:er har jämförts med en polvandringskurva för Bal-tika. Om en gångs primära NRM tangerar polvandringskurvan kan en paleomagnetisk ålder fastställas. Om en primär NRM inte tangerar kurvan kan det ge ny information om det dåtida magnetfältets riktning eller Baltikas läge.

Med tanke på mängden data som ligger till grund för polvandringskurvan bör en KarNRM som grovt avviker från denna ifrågasättas i egenskap av primär NRM. Omvänt kan gångar som är daterade genom fältrelationer eller radiometriskt få sina KarNRM:er testade för att se om de är primära.

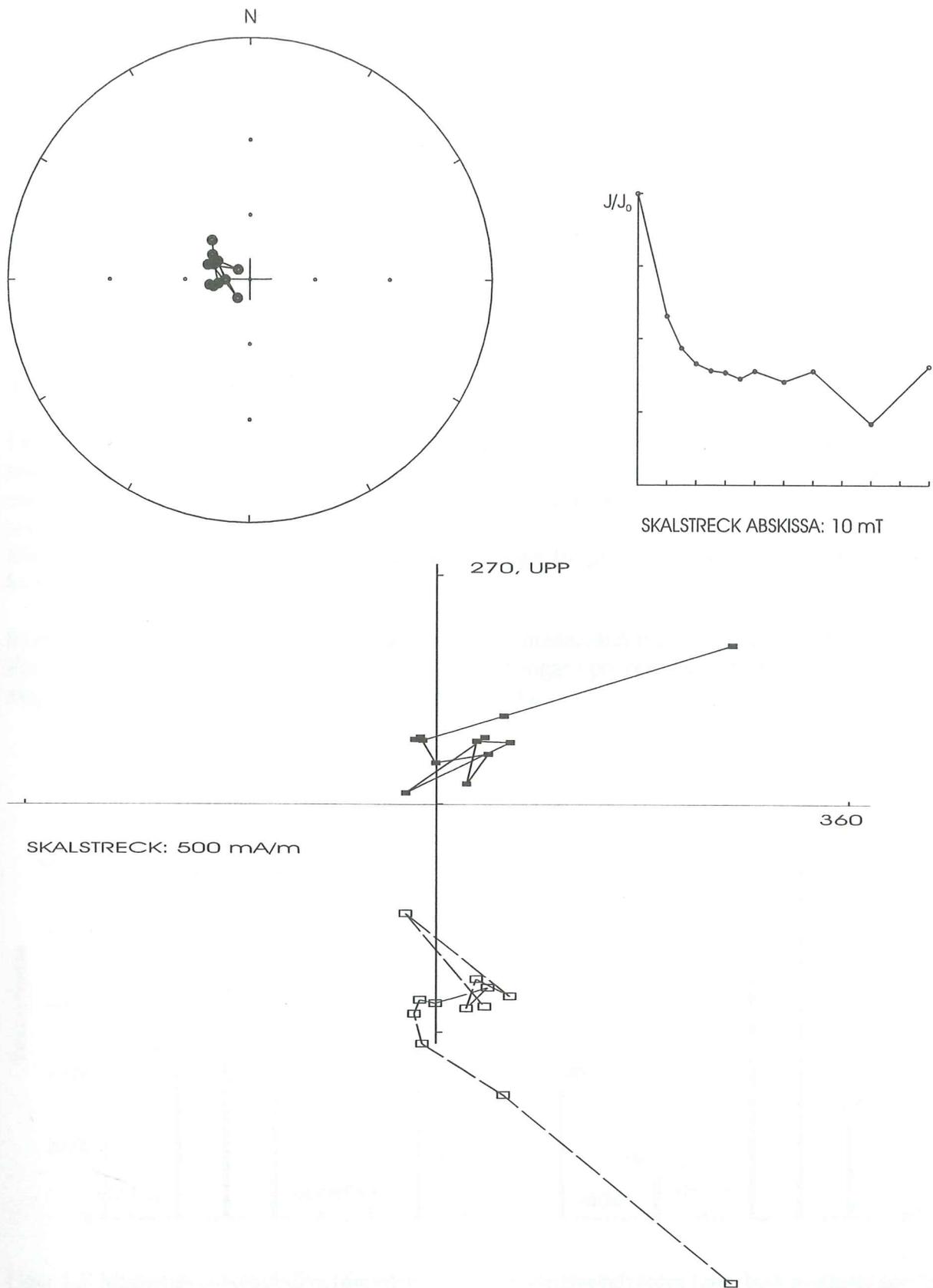


Figur 3.2. (ovan) Paleomagnetiska poler (VGP:er) för 13 av 16 undersökta gånger jämförda med polvandringskurvan för Fanerozoikum (Polvandringskurvan modifierad från Pesonen *et al*, 1989).



Figur 3.3. Avmagnetiseringsförlopp (AF-demagnetisering) illustrerande förändringar i NRM:ens storlek och riktning för Kongadiabas (K1). Stereonät (Wulff-projektion) och vektorkomponentdiagram illustrerar NRM:ens förändring i riktning. Vektorkomponentdiagrammet visar den resulterande NRM:ens riktning (och storlek) projicerad på ett horisontellt och ett vertikalt plan under successiv avmagnetisering och ger därigenom en tredimensionell bild av NRM:ens förändring. Ifyllda kvadrater visar NRM:en projicerad på horisontalplanet och ofyllda kvadrater visar NRM:en projicerad på vertikaltplanet.

Därtill redovisas förändringen av den totala NRM:ens storlek (J/J_0) som följd av avmagnetisering.



Figur 3.4. Avmagnetiseringsförlopp (AF-demagnetisering) illustrerande förändringar i NRM:ens storlek och riktning för kullaiten (K8). Stereonät (Wulff-projektion) och vektorkomponentdiagram (se figur 3.3.) illustrerar NRM:ens förändring i riktning. Därtill redovisas förändringen av den totala NRM:ens storlek (J/J_0) som följd av avmagnetisering.

Kongadiabasen K1:s (figur 3.3.) avmagnetiseringsförlopp är typiskt för sin grupp av bergarter och kan därför representera samtliga Kongadiabaser i undersökningen.

Bergarten uppvisar en till två magnetiseringar där den första, dvs den som avmagnetiseras först, är mycket instabil (viskös remanent magnetism, VRM) och den andra är den karaktäristiska NRM:en och tillika troligen primär.

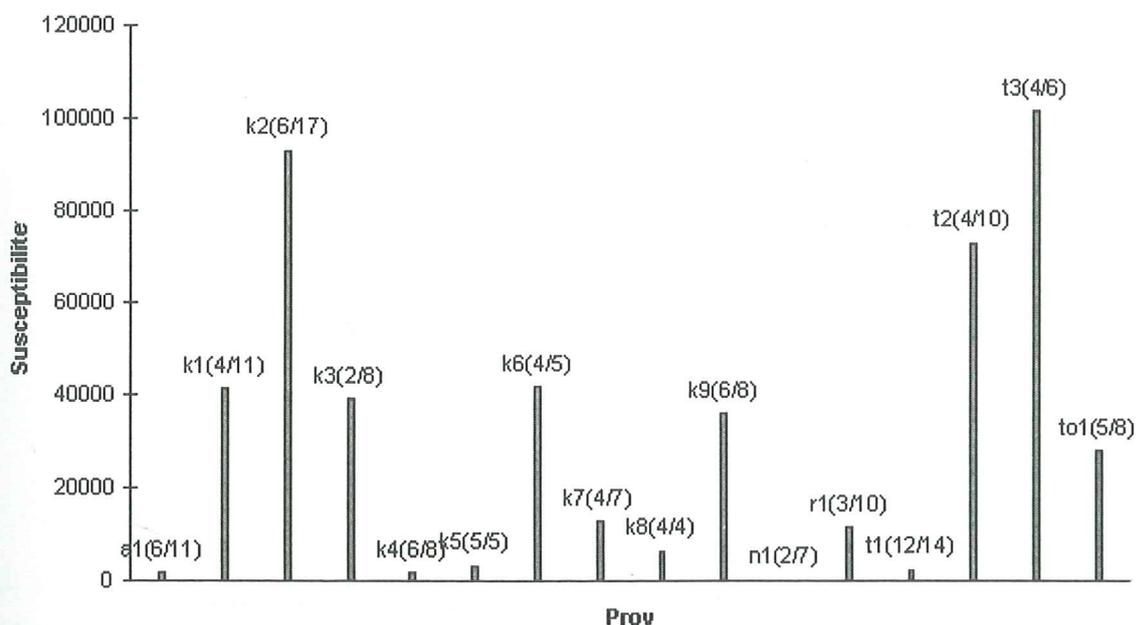
Kullaiten K8 (figur 3.4.) har en bevarad generation av magnetisering som är svag ($J_0 = 11.6$ mA/m jämfört med K1:s $J_0 = 3879.0$ mA/m) men ändå relativt stabil mot avmagnetisering (se variationen i totala NRM:ens styrka). Denna enda magnetisering tjänar då som KarNRM men är tveksam som primär magnetisering. Kullaiten K8 får med sin KarNRM:s riktning representera kullaiterna i helhet och övriga bergarter med sina KarNRM:er centralt samlade i stereonätet, figur 3.1.

3.2. Mineralmagnetiska egenskaper

Den mineralmagnetiska undersökningen har tjänat som stöd vid tolkning av de paleomagnetiska resultaten. Därutöver har undersökningen haft som avsikt att om möjligt klargöra skillnader eller likheter mellan Kongadiabaser, melafyter och kullaiter samt syenitporfyren (T1), som skulle kunna resultera i genetiska tolkningar.

Magnetisk anisotropi intar en särställning då den ligger till grund för bedömning av magnetiska texturer i bergarterna.

Mätning av magnetisk susceptibilitet har resulterat i medelvärden för de olika gångarna. För att undvika inflytandet av mineralogiska förändringar i proverna som följd av termisk demagnetisering, har mätning skett före avmagnetisering.



Figur 3.5. Magnetisk susceptibilitet (dimensionslös) som gångmedelvärden (eng: bulk magnetic susceptibility) för samtliga undersökta gångar. Parentesen i anslutning till bergartskoden anger antalet stuffer respektive totala antalet, från dessa uttagna prover som medelvärdet grundar sig på. Alltså: (stuffer/prover).

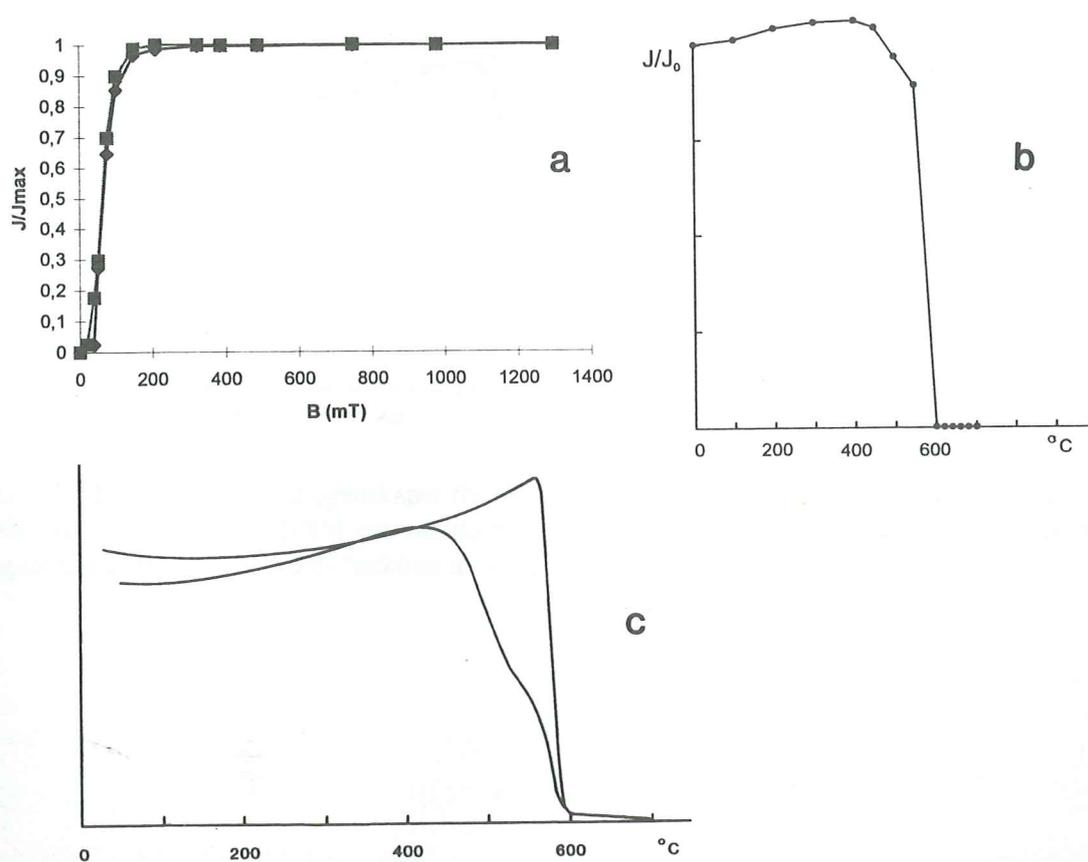
Som kan observeras ovan i figur 3.5. är Kongadiabaserna (K1, K3, K6 och K9) grupperade kring $\chi = 40\ 000$ och kullaiterna har alla låga susceptibilitetsvärden. Melafyterna är mer tve- tydiga; Torpa Klint- och Kullaberg melafyterna har högst susceptibilitetsvärden av de prov- tagna gångarna medan övriga melafyter liksom syenitporfyren i detta avseende liknar kullai- terna.

Kombinationen mättnadsmagnetisering, förändringen av NRM:ens storlek under avmagneti- seringsförloppet och curietemperatur (T_C , i $^{\circ}\text{C}$) ger tillsammans den bästa informationen om den magnetiska mineralogin.

Mättnadsmagnetisering uppnås genom successiv induktion (B , uttryckt i mT) av ett magnetfält i proverna. Induktionsförloppet, dvs magnetiseringen av provet som svar på successiv induk- tion, är avgörande vid bestämning av den magnetiska mineralogin. Magnetiseringens absolutvärde vid mättnad är här av mindre intresse.

Genom att mäta hur ett provs magnetiska susceptibilitet, dvs dess förmåga att magnetiseras genom induktion, varierar med temperaturen kan T_C fastställas. Likaså ger de termiska de- magnetiseringsförloppen antydningar om T_C eftersom denna ligger strax ovanför deblocke- ringstemperaturen (T_B) för mineralfraktionen ifråga (Butler, 1992).

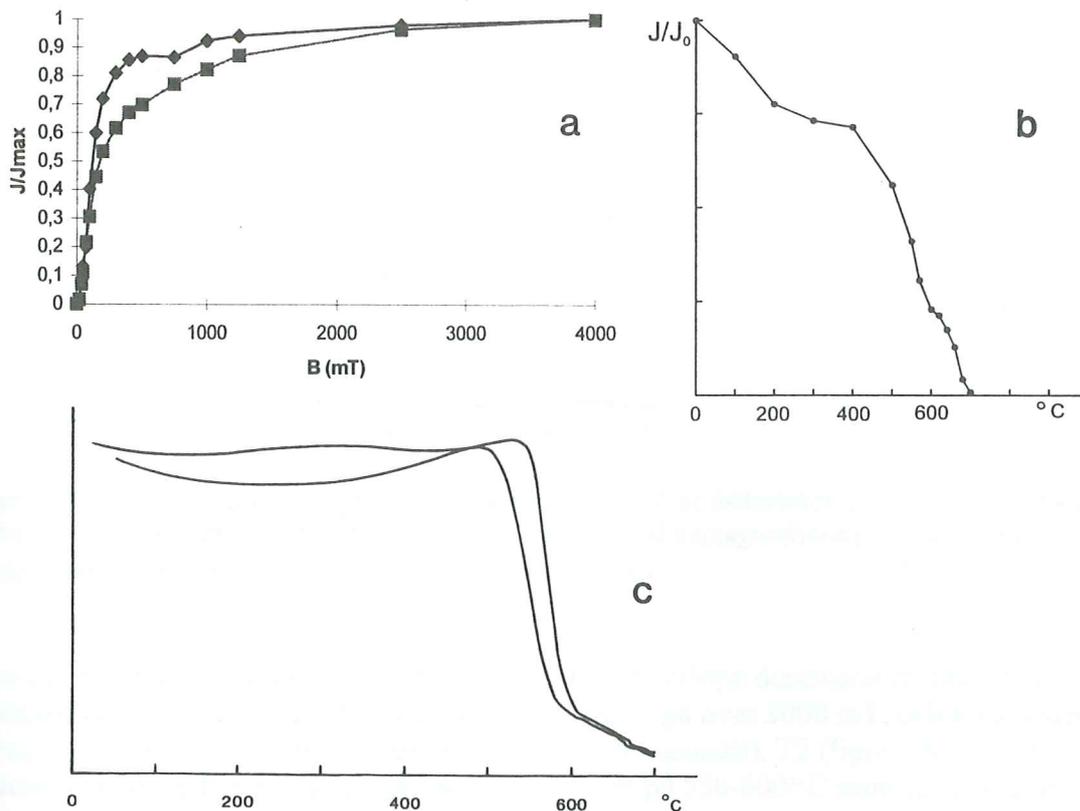
Nedan presenteras typiska resultat från Kongadiabas, melafyr, kullait och syenitporfyr samt en lathund över alla undersökta gångars mineralmagnetiska egenskaper.



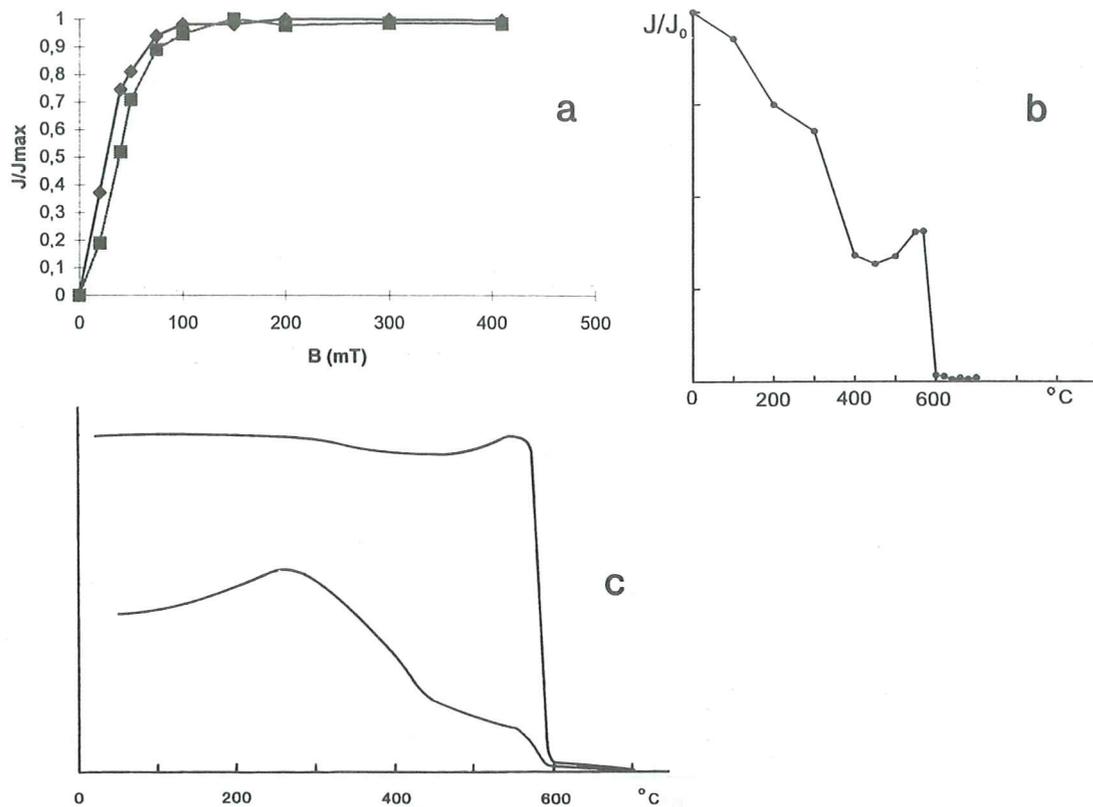
Figur 3.6. Mineralmagnetiska egenskaper för Kongadiabasen K1. a: mättnadsmagnetisering för två prover tillhörande olika stuffer, b: NRM:ens variation i storlek vid avmagnetisering och c: curietemperatur (magnetisk susceptibilitet χ som funktion av temperaturen).

Mättnadsmagnetiseringsförloppet för K1 (figur 3.6.a) påvisar förekomsten av titanomagnetit (alt ferrimagnetisk titanohematit) till följd av den snabba mättnaden. Mättnad nås redan vid ett inducerande magnetfält på ca 300 mT och därefter saknas den, för titanohematit (exkl ferrimagnetisk titanohematit) och goethit så typiska, gradvisa stegringen i magnetisering pga dessa minerals höga koercivitet.

En T_C på ca 580°C och tillika T_B :er på 580°C bör därför antyda förekomsten av titanomagnetit med x_{TI} (molbråk_{TITAN}) < 0.1 (Butler, 1992 modifierat från Nagata, 1961 och Stacey & Banerjee, 1974).



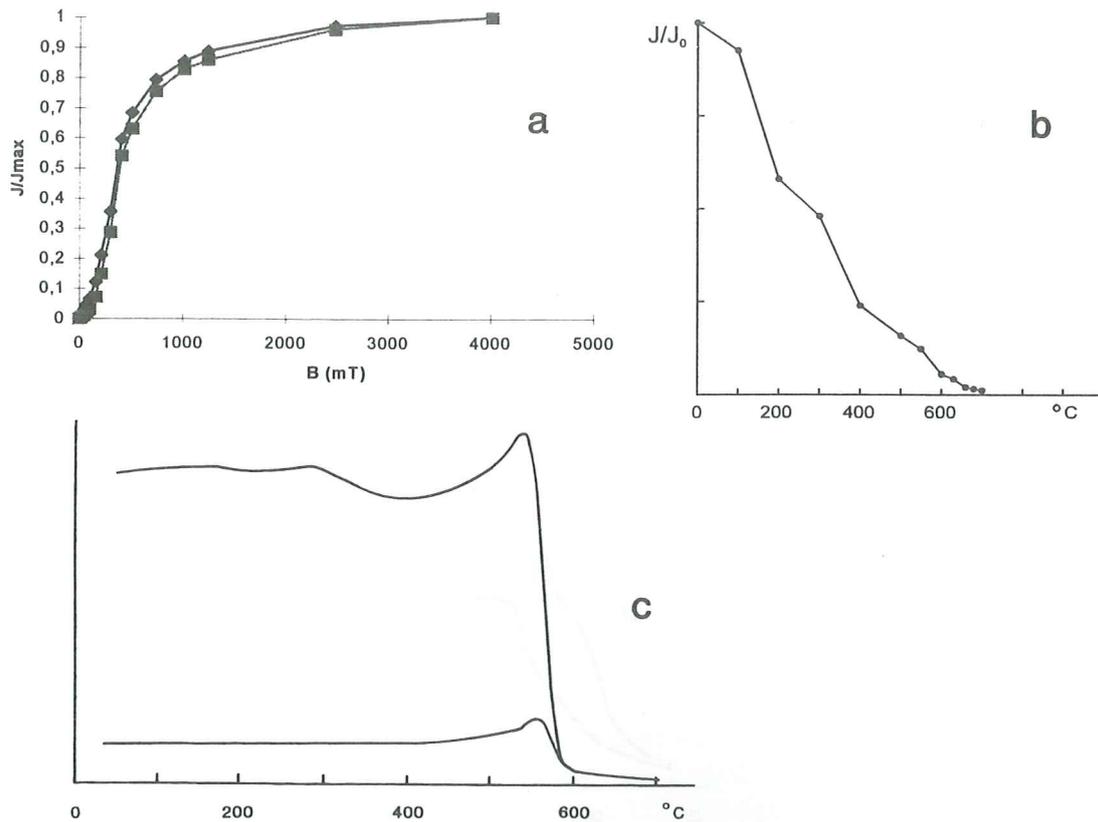
Figur 3.7. Mineralmagnetiska egenskaper för melafyren A1. a: mättnadsmagnetisering för två prover tillhörande olika stuffer, b: NRM:ens variation i storlek vid avmagnetisering och c: curietemperatur (magnetisk susceptibilitet χ som funktion av temperaturen).



Figur 3.8. Mineralmagnetiska egenskaper för melafyren T2. a: mättnadsmagnetisering för två prover tillhörande olika stuffer, b: NRM:ens variation i storlek vid avmagnetisering och c: curietemperatur (magnetisk susceptibilitet χ som funktion av temperaturen).

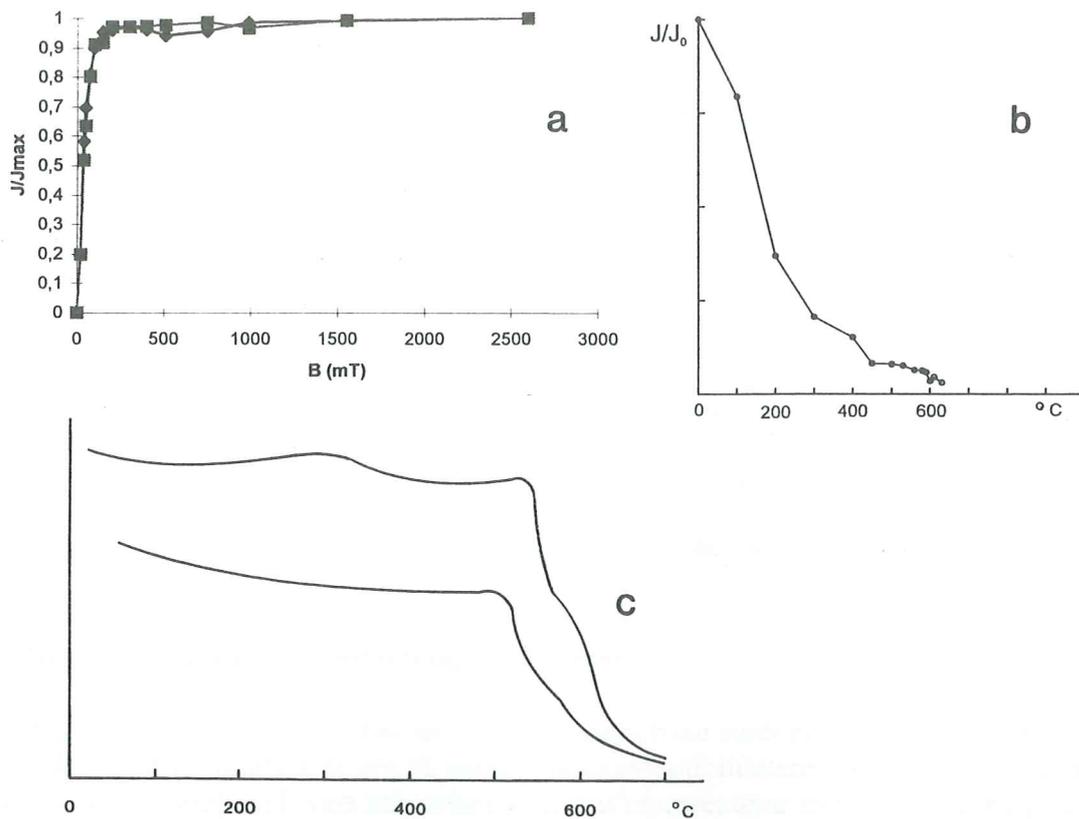
Övedsmelafyren A1 (figur 3.7.) uppvisar ett mättnadsförlopp dominerat av titanohematit, då mättnad inte uppnåtts med ett inducerande magnetfält på över 3000 mT, och med underordnad förekomst av titanomagnetit (alt ferrimagnetisk titanohematit). T2 (figur 3.8.) däremot är mättad vid 300 mT och dess T_C på 580 $^{\circ}C$ och T_B :er på 550-600 $^{\circ}C$ samt undantagsvis 650-700 $^{\circ}C$, antyder därför förekomsten av titanomagnetit med x_{TI} (molbråk_{TITAN}) < 0.1 (i enlighet med K1) och möjligen titanohematit med $x_{TI} < 0.1$ (Butler, 1992 modifierat från Nagata, 1961 och Stacey & Banerjee, 1974).

A1 med en T_C på ca 570 $^{\circ}C$ och T_B :er på i enstaka fall mindre än 200 $^{\circ}C$ samt ofta 550-600 $^{\circ}C$ och 650-700 $^{\circ}C$ är mer komplex. T_B :en på upp till 200 $^{\circ}C$ talar för att bergarten innehåller goethit, medan temperaturer på 650-700 $^{\circ}C$ påvisar förekomst av titanohematit med $x_{TI} < 0.1$. T_C och T_B :er på mellan 550 och 600 $^{\circ}C$ kan i A1:s fall innebära titanomagnetit med $x_{TI} < 0.1$ (i enlighet med K1) eller titanohematit med x_{TI} kring 0.2 (Butler, 1992 modifierat från Nagata, 1961 och Stacey & Banerjee, 1974).



Figur 3.9. Mineralmagnetiska egenskaper för kullaiten K5. a: mättnadsmagnetisering för två prover tillhörande olika stuffer, b: NRM:ens variation i storlek vid avmagnetisering och c: curietemperatur (magnetisk susceptibilitet χ som funktion av temperaturen).

Kullaiten K5 (figur 3.9.) har liksom A1 ovan ett mättnadsförlopp dominerat av titanohematit då mättnad inte är nådd med ett inducerande magnetfält på över 3000 mT, och med underordnad förekomst av titanomagnetit (alt ferrimagnetisk titanohematit). T_B :er på 550-600 $^{\circ}C$ och 650-700 $^{\circ}C$ liksom en T_C på ca 580 $^{\circ}C$ skulle innebära att bergarten innehåller titanomagnetit med $x_{TI} < 0.1$, alternativt titanohematit med x_{TI} kring 0.2, samt titanohematit med $x_{TI} < 0.1$ (Butler, 1992 modifierat från Nagata, 1961 och Stacey & Banerjee, 1974).



Figur 3.10. Mineralmagnetiska egenskaper för syenitporfyren T1. a: mättnadsmagnetisering för två prover tillhörande olika stuffer, b: NRM:ens variation i storlek vid avmagnetisering och c: curietemperatur (magnetisk susceptibilitet χ som funktion av temperaturen).

Mättnadsmagnetiseringens förlopp för syenitporfyren T1 (figur 3.10.a) visar på förekomsten av titanomagnetit (alt ferrimagnetisk titanohematit), vilken mäts av ett inducerande magnetfält på 300 mT, samt titanohematit då vidare successiv ökning av bergartens magnetisering sker åtminstone upp till 2500 mT.

T_C :er fås vid ca 550°C och 610°C, och T_B :erna ligger på strax före 200°C, 550-600°C samt i enstaka fall på 650-700°C. Avblockeringen upp till 200°C tros bero på förekomst av goethit, medan avblockeringar och T_C mellan 550 och 600°C påvisar titanomagnetit med $x_{Ti} < 0.1$ eller titanohematit med x_{Ti} kring 0.2. Curie- och avblockeringstemperatur över 600°C vittnar om titanohematitförekomst med $x_{Ti} < 0.2$ (Butler, 1992 modifierat från Nagata, 1961 och Stacey & Banerjee, 1974).

Tabell 3.1. Lathund över undersökta gångars mineralmagnetiska egenskaper. Mättnadsmagnetisering 1. anger induktionen B i milliTesla (mT) vid vilken mättnad uppnåtts samt motsvarande magnetisk mineralogi. Mättnadsmagnetisering 2. anger karaktäristisk mineralogi. I metod 1. anges dominerande fas först medan metod 2. bara anger förekomst oberoende av fasernas andelar. M = titanomagnetit (inkl ferrimagnetisk titanohematit), H = titanohematit (exkl ferrimagnetisk titanohematit) och/eller goethit. $I_0 > I_{avsväljad}$ anger om begynnelsesusceptibiliteten är större än susceptibiliteten efter avsvälning. T_C = curietemperatur och T_B = avblockeringstemperatur vid termisk demagnetisering, är båda angivna i °C.

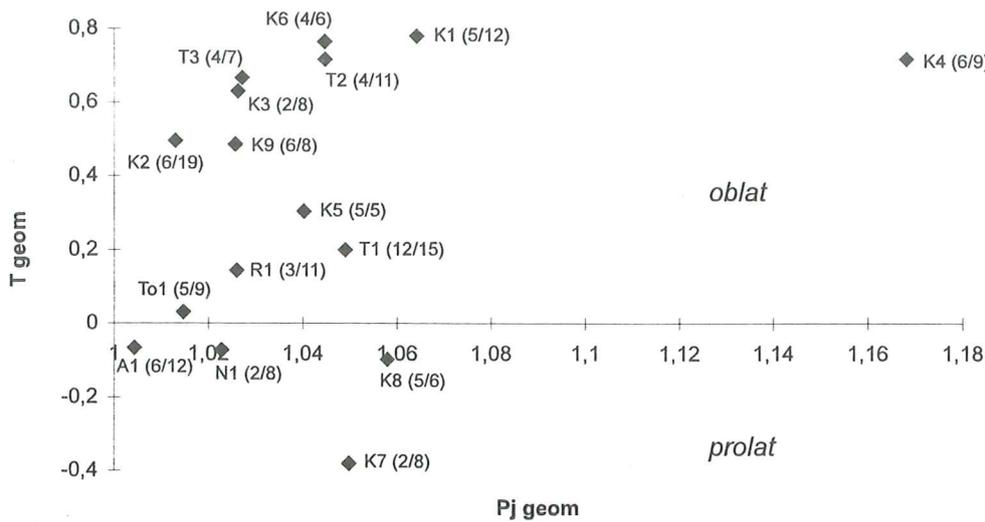
Gång	Mättnag 1		Mättnag 2	T _c uppvärm	T _c avsvain	I ₀ > I _{avsvainad}	T _B
A1	1500+	H och M	M och H	570	550		,-200, 550-600, >600
K1	300	M	M	580	570, 500	ja	550-600
K2	200	M	M	580	570	ja	550-600
K3	200	M	M				550-600
K4	1000+	H och M	M och H	580	570	nej	,-200, 550-600, >600
K5	1500+	H och M	H	580	570	nej	550-600, >600
K6	300	M	M	580	570	ja	550-600
K7	400+	M och H	M och H				550-600
K8	500+	M och H	H				550-600
K9	300	M	M	570	ca 500	lika	550-600
N1	300	M	M	490		ja	550-600
R1	200	M	M och H	550	590, 540	nej	550-600, >600
T1	200+	M och H	M och H	550, 610	520	ja	,-200, 550-600
T2	200	M	M	580	580	ja	550-600, >600
T3	200	M	M				550-600
To1	200	M	M	530, 570	580	nej	550-600

3.3. Den magnetiska susceptibilitetens anisotropi

En bergarts förmåga att magnetiseras dvs dess magnetiska susceptibilitet, kan variera i olika riktningar. Denna variation är den sk magnetiska susceptibilitetens anisotropi och kan åskådliggöras som en ellipsoid, vars halvaxlars storlekar representerar en bergarts förmåga att magnetiseras i just dessa riktningar (jfr kristalloptikens indikatrix). Bergartens totala anisotropi beror av såväl den magnetokristallina anisotropin som formanisotropin. Den senare står i nära förbindelse med strukturella element såsom foliation och lineation då den är en direkt följd av de magnetiska mineralkornens form och orientering.

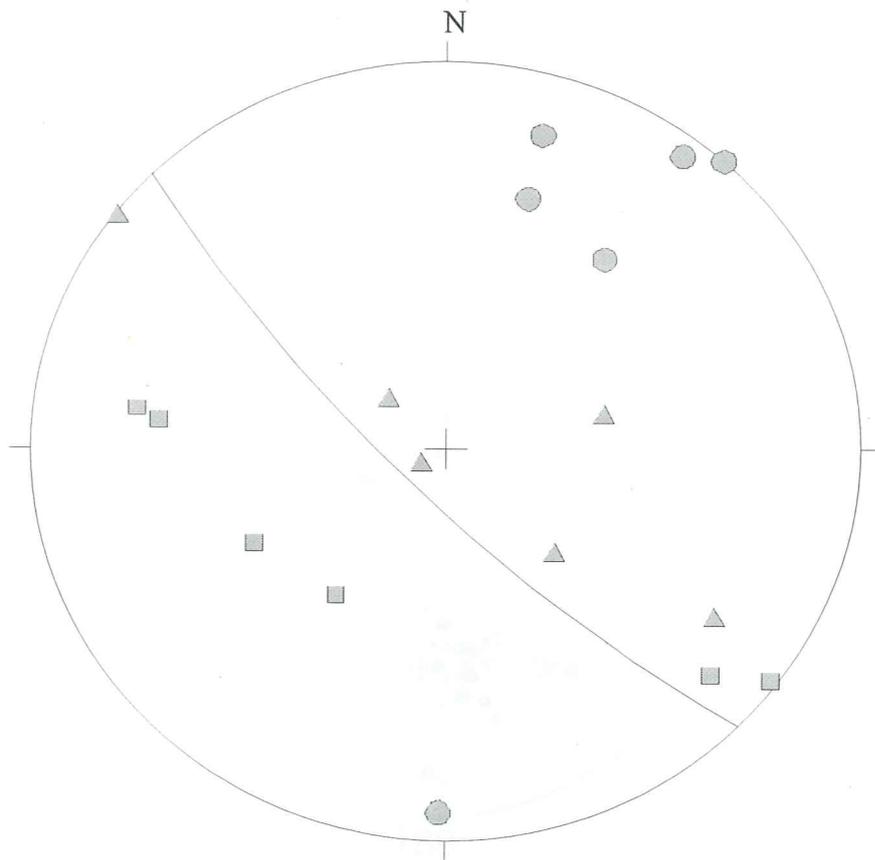
Titanomagnetit som redan vid ringa förekomst kan dominera en bergarts magnetiska egenskaper har ingen magnetokristallin anisotropi eftersom mineralet är kubiskt. Däremot kommer titanomagnetitkornens form och orientering att kunna uppmätas som en magnetisk foliation eller lineation, om bergarten har motsvarande strukturella foliation eller lineation.

Bland ett flertal parametrar som beskriver en bergarts anisotropi är formparametern T (Butler, 1992 refererar till: Jelinek, 1981) och anisotropigraden P_j (Butler, 1992 refererar till: Jelinek, 1981) de mest illustrativa, och bygger på jämförelser av anisotropiaxlarnas storlekar. Formparametern ($T = (2\eta_2 - \eta_1 - \eta_3) / (\eta_1 - \eta_3)$; $\eta_n = \ln K_n$, där K_n är den n:te anisotropiaxelns storlek. $K_1 \geq K_2 \geq K_3$.) beskriver den magnetiska anisotropin i relation till formextremerna oblat och prolat (jfr Flinndiagram inom strukturgeologin). Anisotropigraden (eller som den också kallas, den korrigerade anisotropigraden: $P_j = \exp[2((\eta_1 - \eta_m)^2 + (\eta_2 - \eta_m)^2 + (\eta_3 - \eta_m)^2)]^{1/2}$; $\eta_n = \ln K_n$ och $\eta_m = (\eta_1 * \eta_2 * \eta_3)^{1/3}$, där K_n är den n:te anisotropiaxelns storlek. $K_1 \geq K_2 \geq K_3$) anger anisotropins storlek. Observera att formparametern redovisad här är ett gångmedelvärde som inte tar hänsyn till variationen i de tre anisotropiaxlarnas orientering proverna emellan, utan bara deras inbördes storlek. Detta gör parametern mindre tillförlitlig än stereoprojektionerna omtalade nedan.



Figur 3.11. Formparametern T_{geom} ($geom =$ geometriskt medelvärde för den lognormal fördelade magnetiska susceptibiliteten) i relation till anisotropigraden P_j_{geom} för samtliga av de undersökta gångarna. Båda parametrarna är dimensionslösa. Parentesen i anslutning till bergartskoden anger antalet stuffer respektive totala antalet från dessa uttagna prover, som medelvärdet grundar sig på. Alltså: (stuffer/prover).

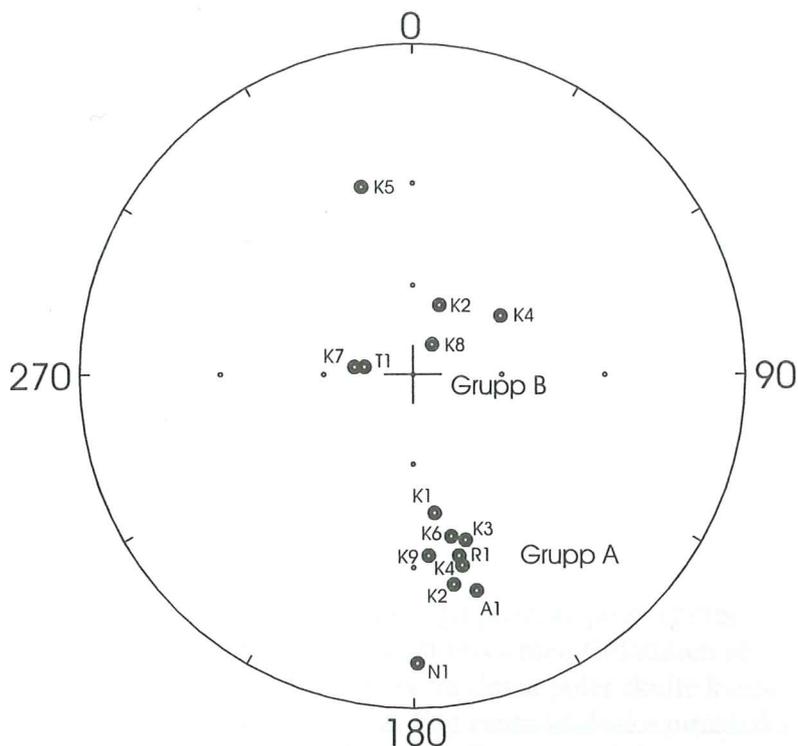
Som kan observeras i figur 3.11. är anisotropin oftast oblat och överstiger sällan fem procent. Viss antydning till grupsammanhållning kan skönjas i formparametern. Kongadiabaser är kraftigt oblata jämfört med kullaiteer och möjligen mera omvandlade melafyrer. De magnetiska anisotropiernas utformning och riktning kan också illustreras i stereonät där de dessutom kan relateras till gångarnas orientering. Med anisotropiavlarna insatta i stereonät är endast fem av de 16 gångarna tolkningsbara: K7 (4/4) = prolat; K5 (5/5), K6 (4/4), K9 (6/6), T1 (12/12) = oblata. De fem överensstämmer alltså med motsvarande uträknade formparametrar i figur 3.11. Oblata bergarter dvs bergarter med en magnetisk foliation, fyra av de fem ovan, har denna magnetiska foliation subparallell med gångens orientering.



Figur 3.12. Kongadiabasen K9 som exempel på en av de fyra gångarna med uttalad magnetisk foliation (oblat) som därtill är ungefärligt parallell med gångens approximerade orientering (storcirkel). Kvadrat = största anisotropi-axeln, triangel = medelstor anisotropi-axeln och cirkel = minsta anisotropi-axeln. Stereoprojektionen är av typ Schmidt.

Att bergarten är märkbart anisotrop och dessutom oblat framgår av de olika halvaxlarnas grupperingar. Då max- och medelaxlarna från de olika proverna är spridda utefter en tänkt storcirkel och inte separat grupperade är de uppenbarligen ungefär lika stora. Minaxlarna är däremot samlade och avskilda från den tänkta storcirkeln till vilken de utgör normaler. Maxaxel = medelaxel > minaxel innebär alltså att anisotropin är en magnetisk foliation (oblat), som dessutom är parallell med gångens orientering.

4. DISKUSSION



Figur 4.1. Paleomagnetiska poler till 13 av de 16 undersökta gångarna uträknade från deras respektive karaktäristiska NRM:ers riktningar. Stereonätet är en Wulff-projektion.

4.1. Paleomagnetism

Som kan ses i figur 4.1. liksom i figur 3.2. finns åtminstone en och möjligen två grupperingar av paleomagnetiska poler (VGP:er). Den mest uppenbara anhopningen av poler ligger vid ungefär lat 30° och long 165° (grupp A) i figur 4.1. ovan, och kring karbon i polvandringskurvan i figur 3.2.

Ovan kan också urskiljas en andra grupp (B) centralt placerad i figuren vilken är något mer svårtolkad.

Det har observerats att sidoberget till en del gångar (prekambrisk gnejs och amfibolit), inom ett avstånd på mindre (beroende av gångens tjocklek) än en meter från den kylda kontakten kan uppvisa samma karaktäristiska NRM -riktning (KarNRM) som själva gången. Detta antyder att sidoberget skulle ha ommagnetiserats vid tillfället för bildandet av gångarnas KarNRM, vilket förefaller rimligt.

Då detta kontaktfenomen ligger utanför ramen för denna undersökning kan ingen information ges rörande fenomenets frekvens och egenskaper.

4.1.1. Grupp A -poler

Vid jämförelser av i denna undersökning framkomna poldata med poldata från ffa stabila Europa (norra och västra Europa) men också med ryska plattformen, förefaller grupp A vara av karbonsk ålder snarare än undre permisk. Spridningen av gångarnas poler inom gruppen är dock stor nog för att i extremfall medge åldrar från devon till undre perm (McElhinny, 1973; Pesonen *et al*, 1991; Rob van der Voo, 1993 och Lock & McElhinny, 1995).

Grupp A -polerna kan alltså åldersmässigt associeras med Västgötadiabasernas poler (Mulder, 1965) och poler till diabaser i Bohuslän (Thorning & Abrahamsen, 1980) förutom de övriga skånska.

Tidigare undersökningar av skånska mafiska NV-SÖ gångbergarter (Mulder, 1971 och Bylund, 1973 och 1974) ger paleomagnetiska poler från övre karbon till undre perm, vilket skulle kunna begränsa grupp A:s ålder till övre karbon då de är av samma bergartstyper. Uppfattningen att melafyrerna beskrivna av Hadding (1916) skulle kunna vara omvandlade kretasseiska basalter (Printzlau & Larsen, 1972) får inget stöd i denna undersökning.

I figur 3.2. förefaller Kongadiabaserna yngre än kullaiter och melafyrer vilket går stick i stäv med ovan nämnda paleomagnetiska undersökningar (Bylund, 1973 och 1974) och med K-Ar dateringar utförda på dessa bergartstyper (Klingspor, 1976). Dessa paleomagnetiska och radiometrisk dateringar hävdar det motsatta. Att kullaiter kan vara yngre än Kongadiabaser har också bekräftats av Hjelmqvist som i ett av Dalbys numera nerlagda stenbrott observerade att en kullait har intruderat en Kongadiabas (Hjelmqvist, 1931 och 1939).

Grupp A -polerna ger en paleolatitud för Baltika på 0.9°S.

4.1.2. Grupp B -poler

Den i figur 4.1. centralt placerade gruppen av poler (grupp B) i vilken inga Kongadiabaser är representerade, är mer vanskelig att tolka men författaren ser två möjligheter.

De KarNRM:er som gett upphov till dessa poler skulle kunna vara erhållna i samband med termisk reaktivering till följd av den centralskånska jurassiska till kretasseiska (Printzlau & Larsen, 1972; Klingspor, 1976 samt Bylund & Halvorsen, 1993) basaltvulkanismen. En paleomagnetisk pol med lat 68 och long 35 (Bylund & Halvorsen, 1993) för den jurassiska basaltvulkanismen ligger geografiskt väl tillhands för att kunna förklara en del av grupp B -polerna i figur 4.1. Två av gångarna i denna grupp (melafyren K2 och kullaiten K4) har dessutom en KarNRM vardera i grupp A, vilka förmodas vara stabila rester av deras primära NRM:er. Att grupp B -polernas gångar skulle vara av jurassisk ålder bör kunna uteslutas för gångarna K2 och K4 pga deras poler i grupp A. För övrigt har de mafiska NV-SÖ gångbergarterna åldersmässigt inskränks till att vara äldre än mesozoikum då inga av dem påträffats i mesozoiska lager (Törnebohm & Hennig, 1904). Att gångbergarterna inte har hittats i mesozoiska lager utesluter dock inte att grupp B -polerna, exklusive K2 och K4, skulle kunna häröra från intrusiva eller extrusiva bergarter av jurassisk ålder, då gångarna förekommer i urbergshorstar som reaktiverats i sen trias och vidare genom jura och krita. (Törnebohm & Hennig, 1904 och Norling & Wikman, 1990). Författaren instämmer däremot i Törnebohms och Hennigs resonemang (1904) och finner därför detta mindre troligt.

Frågan att ställa sig är då varför grupp B -polernas gångar skulle ha erhållit en sekundär NRM till följd av termisk reaktivering medan så inte är fallet för grupp A -polernas gångar. Grupp B gångarnas magnetiska mineralogi domineras av titanohematit samt urlaknings- och vittringsprodukter, och då omfattande pigmentering förekommer i alla gångar utom en (melafyren K2) kan andelen enkeldomän titanohematitkorn (SD_{HEM}) antas vara stor. SD_{HEM} -fraktionen är den stabilaste bevararen av NRM (Butler, 1992) och borde inte lättvindigt låta en primär NRM överpräglas av en sekundär, medan diabaser i närområdet (som i fallet Kullaberg) med flerdomän titanomagnetitkorn (MD_{MAGN}) som dominerande magnetisk mineralogi har förblivit opåverkade. Alternativet är att grupp B -gångarna fått sin nuvarande magnetiska mineralogi i samband med den termiska reaktiveringen, men då kvarstår frågan varför diabaser i närområdet är opåverkade.

Observera att paleomagnetiska mesozoiska data för stabila Europa är sparsamt förekommande och befintliga poldata varierar tillräckligt för att göra dateringar svåra. Likväl ligger de meso-

zoiska polerna oftast väl samlade på höga latituder även om pol-longituderna varierar, vilket är fallet med grupp B- polerna i denna undersökning

Den andra möjligheten är att grupp B -polernas NRM:er domineras av en viskös remanent magnetism (VRM = en sekundär NRM gradvis erhållen allteftersom tidigare generationer av magnetisering destabiliseras) vilken är påverkad av det nuvarande jordmagnetiska fältet. Även i detta fall skulle förstås grupp B -gångarna med sin SD_{HEM} dominans vara minst susceptibla för ommagnetisering pga denna fraktionens höga koercivitet och alltså stora stabilitet, medan MD_{MAGN} rik Kongadiabas lättare skulle ommagnetiseras. Omvänt skulle däremot en etablerad VRM vara stabilast i just grupp B -gångarna och mer instabil i Kongadiabaserna.

Kongadiabaserna har just en mycket instabil sekundär NRM vilken troligen är en VRM.

Gångarna K5 (kullait) och N1 (melafyr) vilka båda avviker från sina respektive grupper, har inte kunnat få dessa märkbara avvikelser förklarade utifrån jämförelser med data ifrån stabila Europa och ryska plattformen. K5 går dock att korrelera med enstaka europeiska och ukrainska devoniska bergarter (Lock & McElhinny, 1995).

Grupp B -polerna ger en paleolatitud för Baltika på 67.7°N.

Tabell 4.1. Paleomagnetiska data för grupp A och grupp B -gångarna (observera att K2 och K4 förekommer i båda grupperna) jämförda med tidigare undersökningar i Skåne och övriga Sverige samt, vad gäller grupp A, med aktuella data från stabila Europa (Skottland).

k = approximerad precisionsparameter; α_{95} = 95 procentigt konfidensintervall; D_p och D_m : halvaxlar till konfidensellips (motsvarande $KarNRM$:ernas α_{95}) för de paleomagnetiska polerna vilka är virtuella geomagnetiska poler (VGP:er). En VGP anger polpositionen för den geocentriska dipol som kan stå till svars för en uppmätt NRM (Butler, 1992).

k är dimensionslös medan α_{95} , D_p och D_m är uttryckta i grader.

Modifierat från Mulder, 1971; Bylund, 1974; Thorning, 1980; Bylund & Halvorsen, 1993 och Thomas *et al*, 1995.

Grupp	Latitud	Longitud	Deklination	Inklination	Gångar/Prover	k	α_{95}	pol lat	pol long	D_p	D_m	Publ år
<i>Senpaleozoikum</i>												
Ö Västgötadiabas	58.5	13.5	197.0	-2.0	5/51	467.0	4.0	31.0	174.0	2.0	4.0	1971
V Västgötadiabas	58.6	12.5	202.0	-17.0	2/33	1596.0	6.3	38.0	166.0	3.4	6.5	1971
Kongadiabas	55.5	13.5	190.0	-11.0	6/43	36.0	11.0	37.0	174.0	5.7	11.2	1974
Kongadiabas	55.5	13.5	199.5	-15.0	13/106	42.0	6.5	38.5	168.5	3.4	6.7	1974
Melafyr	55.5	13.5	193.5	-38.0	8/49	23.0	11.0	54.0	171.5	7.7	13.0	1974
Bohuslångångar	58.6	11.3	199.0	-31.8	8/101	72.0	6.6	46.4	164.5	4.2	7.4	1980
Great Whin Sill			184.0	-4.4	1/	38.4	12.5	-37.1	353.0			1995
Midland Valley Sill			184.3	-9.0	1/	265.7	4.7	-41.1	354.0			1995
Grupp A -gångar	56.3	13.0	202.3	-1.8	8/67	35.1	9.5	31.8	166.5	4.8	9.5	1996
<i>Mesozoikum</i>												
Skånebasalt	56.0	13.5	35.0	58.0	22/	20.0	6.8	69.0	102.0	10.0	11.0	1993
Grupp B -gångar	56.3	13.0	354.9	78.4	6/51	41.6	12.0	78.4	3.4	21.4	22.7	1996

4.2. Mineralmagnetiska egenskaper

Utifrån bergarternas mineral- och allmänmagnetiska egenskaper kan den traditionella gruppindelningen i Kongadiabaser, melafyrer och kullaiter tyckas vara berättigade (se lathund, tabell 3.1.). Kongadiabaserna är alla lika och entydiga och skiljer sig mineralmagnetiskt kraftigt från kullaiter, medan melafyrer intar en mellanställning då de har likheter med både Kongadiabaser och kullaiter. Melafyrerna uppvisar mest variation inom sin grupp och inom de enskilda gångarna. Flertalet av dem är titanomagnetitdominerade med låg koercivitet och enkla avmagnetiseringsförlopp medan andra, om än oftast titanomagnetitdominerade, har mer komplexa avmagnetiseringsförlopp (inklusive T_C -kurvor). Melafyrerna har dessutom också den största variationen i total magnetisk susceptibilitet (se figur 3.5.). Som framgår ur ber-

gartsbeskrivningarna (kapitel 1) har melafyrer många gemensamma drag med kullaiterna även om de sällan är fullt lika omvandlade.

Hjelmqvist (1939) har föreslagit att melafyrer i sin minst omvandlade form, augitporfyrit, via dess omvandlade varieteter och kullaiter till syenitporfyren i Torpa Klint, skulle kunna utgöra en differentieringssekvens. Augitporfyritsmältan skulle enligt denna hypotes genom sidobergssassimilering erhålla kullaiternas höga halter av kisel, aluminium och alkali. Syenitporfyren skulle vara ändledet i denna sekvens eller möjligen en ren sidobergssmäta.

I denna undersökning har inga data framkommit som kan förkasta Hjelmqvists hypotes.

Tvärtom anser författaren själv att melafyrer och kullaiter kan vara besläktade, och möjligen rentav härrörande från samma ursmälta.

4.3. Den magnetiska susceptibilitetens anisotropi

Att den magnetiska anisotropin bara kan fastställas i fem av de 16 gångarna även om den antyds i alla, genom gångarnas respektive anisotropigrader (se figur 3.11. och kommentar till anisotropigraden, Pj geom, kapitel 3.3.), kan bero på att anisotropingraden sällan överstiger fem procent. Detta kan å andra sidan kan anses normalt för mafiska intrusiv- och extrusivbergarter (Girdler, 1961 och Khan, 1962). Bergartssmältans viskositet kan ha haft en avgörande betydelse i utbildandet av fluidstrukturer och härav beroende magnetiska foliationer (Tarling & Hrouda, 1993 refererar till Kolofiková, 1976). Dessutom har de ursprungliga magnetiska foliationerna kunnat komma att störas till följd av omvandlingar av den magnetiska mineralogen, inkluderande nytillväxt av mineral, vilka är uppenbara i flera av de undersökta bergarterna.

Fyra av de fem bergarterna i vilka en magnetisk anisotropi har kunnat fastställas och beskrivas, har visat sig vara oblata (den femte prolat). De magnetiska foliationsplanen har i dessa fall funnits vara brantstående (ungefärligt parallella med gångorienteringen) och bekräftar gångarna som brantstående, till skillnad från lagergångar. Detta var inte uppenbart genom fältrelationer i fall K9. Den femte bergartens (K7) troliga prolata natur skulle kunna bero på variationer i bergartssmältans viskositet och flödes hastighet (Tarling & Hrouda, 1993).

Då tydlig pelarförklyftning inte finns i bergarterna kan influensen från spänningar vid avsvälning på den magnetiska anisotropin rimligen uteslutas (Tarling & Hrouda, 1993).

4.4. Felkällor

Vad gäller de paleomagnetiska resultatens kvalitet bör en viss osäkerhet i stuffernas orientering iaktas pga de provtagna bergarternas uppspruckna och något störda tillstånd. Detta gäller främst bergarterna vid Torpa Klint stenbrott, Tolånga och Rövarekulan. Författarens systematiska mätfel vid orientering av stuffer och från dessa erhållna prover lär i sammanhanget vara underordnade.

Vidare kan apparatur och för denna föreskrivna, välbeprövade och standardiserade mätmetoder antas vara en av de mindre felkällorna vid såväl paleomagnetiska som mineralmagnetiska undersökningar.

Kontamination av provtagna bergarter från deras respektive sidoberg kan ibland förefalla uppenbar, men då mycket smala gångbergarter (<0.5m) har undvikits och då provtagning har skett tvärs över gångbergarternas bredd (gäller inte N1 och A1 då deras utbredningar är okända), kan inflytandet av kontaktfenomen av denna typ minimeras i de mineralmagnetiska resultaten liksom i de paleomagnetiska.

Den största osäkerheten bör ligga i tolkningen av resultaten och den generalisering av data som tolkningen förutsätter. Många bergarters heterogenitet (främst melafyrer) samt i vissa fall

ringa blottning och därför det något begränsade antalet stuffer/prover som resultaten grundar sig på, gör denna tolkning vansklig.

Kvaliteten på resultat från andra publikationer med vilka denna undersökning har jämförts anser författaren vara tillförlitliga nog för att inte rimligen inverka negativt på tolkningen av i denna undersökning presenterade data.

TACK

Till universitetslektor dr Göran Bylund, avdelningen för mineralogi & petrologi, för handledning av detta arbete och för att ha delat med sig av sina erfarenheter, samt till dr Sergei Pisarevsky, VNIGRY, St Petersburg men för närvarande aktiv i Lund, för hans hjälp med hanterandet av laboratorieutrustningen, - tack.

LITTERATURHÄNVISNINGAR

- Butler, R., 1992: Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terrains.
Blackwell Scientific Publications, Boston.
- Bylund, G., 1973: Palaeomagnetic study of scanian dolerites and basalts.
Geol. Inst. Univ. Lund, Sverige
- Bylund, G., 1974: Palaeomagnetism of dykes along the southern margin of the Baltic Shield.
Geol. Fören. Stockh. Förh. 96, 231-235.
- Bylund, G. & Halvorsen, E., 1993: Palaeomagnetic study of Mesozoic basalts from Scania, southernmost Sweden.
Geophys. J. Int. 114, 138-144.
- Bylund, G.; Johansson, L.; Johansson, I.; Solyom, Z.; Nilsson, M.; Rodhe, A. & Gorbatshev, R., 1988: Mafic dyke swarms of southernmost Sweden, excursionguide.
Internat. Symposium on Mafic Dykes and Magmatism in Rifting and Intraplate Environments.
Geol. Inst. Univ. Lund, Sverige.
- Girdler, R., 1961b: Some preliminary measurements of anisotropy of magnetic susceptibility of rocks.
Geophys. J. R. Astr. Soc. 5, 197-206.
- Hadding, A., 1916: Iakttagelser över melafyrrerna i Tolångatrakten.
Lunds. Univ. Årsskr. N. F. 2 13 I.
- Hjelmqvist, S., 1931: Dalby stenbrott. En geologisk detaljstudie inom Skånes horstområde.
Geol. Fören. Stockh. Förh. 53, 251-297.
- Hjelmqvist, S., 1939: Some post-Silurian dykes in Scania and some problems suggested by them.
Sver. Geol. Unders. C 430.
- Khan, M., 1962: The anisotropy of magnetic susceptibility of some igneous and metamorphic rocks.
J. Geophys. Res. 67, 2873-2885.
- Klingspor, I., 1976: Radiometric age-determinations of basalts, dolerites and related syenite in Skåne, southern Sweden.
Geol. Fören. Stockh. Förh. 98, 195-216.
- Lock, J. & McElhinny, M. (redaktörer), 1995: The global paleomagnetic database.
- McElhinny, M., 1973: Palaeomagnetism and plate tectonics.
Cambridge Earth Science Series, Cambridge.
- Mulder, F., 1965: Paleomagnetic investigation in the Vänern district (Sweden).
Geologie en Mijnbouw 44, 307-312.
- Mulder, F., 1971: Paleomagnetic research in some parts of central and southern Sweden.
Sver. Geol. Unders. C 653.
- Nagata, T., 1961: Rock magnetism.
Maruzen Ltd, Tokyo.
- Norling, E. & Wikman, H., 1990: Beskrivning till berggrundskartan Höganäs NO/Helsingborg NV.
Sver. Geol. Unders. serie Af 128.
- Pesonen, L.; Torsvik, T.; Elming, S.-Å. & Bylund, G., 1989: Crustal evolution of Fenoscandia - paleomagnetic constraints.
Tectonophysics. 162, 27-49.
- Printzlau, I. & Larsen, O., 1972: K/Ar age determinations on alkaline olivine basalts from Skåne, southern Sweden.
Geol. Fören. Stockh. Förh. 94 del 2, 1972.
- Stacey, F. & Banerjee, S., 1974: The physical principles of rock magnetism.
Elsevier, Amsterdam.
- Tarling, D. & Hrouda, F., 1993: The magnetic anisotropy of rocks.
Chapman & Hall, London.
- Thomas, D.; Rolph, T. & Shaw, J., 1995: Paleointensity results from the Permo - Carboniferous (Kiaman) reversed superchron: the Great Whin and Midland Valley sills of the northern United Kingdom.
Geophys. J. Int. 123, 798-816.
- Thorning, L. & Abrahamsen, N., 1980: Paleomagnetism of multiple intrusion dykes in Bohuslän, SW Sweden.
Geophys. J. R. Astr. Soc. 60, 163-186.

- Törnebohm, A. & Hennig, A., 1904: Beskrifning till blad 1 & 2 omfattande de topografiska kartbladen Landskrona, Lund, Kristianstad, Malmö, Ystad, Simrishamn.
Sver. Geol. Unders. serie A1, a.
- Van der Voo, R., 1993: Paleomagnetism of the Atlantic, Tethys and Iapetus oceans.
Cambridge University Press, Cambridge.
- Veldi, L., 1951: Några undersökningar över Övedsmelafyren och med den besläktade gångbergarter.
Licentiatavhandling Geol. Inst. Univ. Lund, Sverige.

Tidigare skrifter i serien "Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet":

3. Simeonov, Assen, 1984: En jämförelse mellan Jorandomens tennanomala graniters och revsundsgranitens (Västerbotten) mineralogiska och petrografiska karaktär.
4. Annertz, Kristian, 1984: En petrografisk karaktäristik av en sent postorogen mafisk intrusion i östra Värmland.
5. Sandström, Klas, 1984: Kartläggning av grundvattenförhållandena i ett delområde av provinsen Nord Kordofan, Sudan.
6. Gustafsson, Bengt-Olof & Ralfsson, Staffan, 1985: Undersökning av högsta kustlinjen på Rydsbjär vid Margareteberg i södra Halland.
7. Helldén, Johan & Nilsson, Anna-Greta, 1985: Undersökning av den baltiska moränleran vid Svalöv, NV-Skåne.
8. Persson, Karin, 1985: Kobolt i pyrit från Kiruna Järnmalmgruva. 1985.
9. Ekström, Jonas, 1985: Stratigrafisk och faunistisk undersökning av Vitabäckslernorna i Skåne.
10. Säll, Eva, 1986: *Neobeyrichia* from the Silurian of Bjärsjölagård.
11. Markholm, Carl-Owe, 1986: Svagt naturgrus och bergkrossmaterial till bärlager. En laboratoriestudie.
12. Hellström, Carina, 1986: Klassifikation av leptiter i malmstråket mellan Ö. Silvberg och Vallberget, Dalarna.
13. Öhman, Eva, 1986: En petrografisk och mineralogisk studie av en komplex gång bestående av metadiabas och kvartskeratofyr i Kiiruna-vaaragruvan.
14. Holmberg, Glenn & Johansson, Lena, 1986: Sedimentologisk undersökning av de övre glaciälviala avlagringarna i Vombsänkan, södra Skåne.
15. Thuning, Bengt & Linderson, Hans, 1986: Stratigrafi och överplöjning i Bussjö-området, Ystad.
16. Bergstedt, Erik & Löf, Arne I., 1986: Naturvärme- och teknik och geologi med en översiktlig kartläggning av tillgångarna i Kalmar län och Västerviks kommun.
17. Elg, Anette, 1987: Investigation of a wollastonite occurrence in central Sweden.
18. Andrésdóttir, Audur, 1987: Glacial geomorphology and raised shorelines in the Skardsströnd-Saurbauer Area, west Iceland.
19. Eken, Karin, 1987: Geohydrologisk undersökning vid Filborna avfallsupplag i Helsingborg.
20. Kockum, Kajsa, 1987: Alkalisering vid konstjord infiltration: En vattenkemisk studie i tre vattentäcker i sydöstra Småland.
21. Wedding, Bengt, 1987: Granatförande pegmatiter i SV Värmland. En mineralogisk och kemisk studie.
22. Utgår.
23. Hammarlund, Dan, 1988: Sedimentstratigrafiska och paleohydrologiska undersökningar av Fönesjön och Kalvs Mosse inom Vombslätten, centrala Skåne.
24. Jansson, Caroline, 1988: Basiska bergarter, gångbergarter, sedimentbergarter och breccior i vaggerydssyenit. En undersökning i protoginonen vid Vaggeryd.
25. Jerre, Fredrik, 1988: Silurian conulariids from the Lower Visby Beds on Gotland.
26. Svensson, Erik, 1989: Upper Triassic depositional environments at Lunnom, northwest Scania.
27. Vajda, Vivi, 1988: Biostratigrafisk indelning av den Mesozoiska lagerföljden i Köpingsbergsborrningen 3, Skåne.
28. Persson, Arne, 1988: En biostratigrafisk undersökning av conodontfaunan i Limbata-kalkstenen på lokalen "Stenbrottet" i Västergötland.
29. Regnell, Mats, 1988: Stenåldersmänniskans vegetationspåverkan på Kullaberg, nordvästra Skåne. En paleoekologisk studie.
30. Siverson, Mikael, 1989: Palaeospinacid selachians from the Late Cretaceous of the Kristianstad Basin, Skåne, Sweden.
31. Mathiasson, Lena, 1989: REE i svekofenniska migmatitneosomer och sensvekofenniska graniter från Nyköpingsområdet.
32. Månsson, Agneta, 1990: Kinematic analysis of the basement-cover contact of the western margin of the Grong-Olden Culmination, Central Norwegian Caledonides.
33. Lagerås, Per, 1991: Kontinuitet i utnyttjandet av Baldringes utmarker. En pollenanalytisk studie i Skogshejdan, Skåne.
34. Rundgren, Mats, 1991: Litostratigrafi och paleomiljöutveckling i Langelandselv-området, Jameson Land, östra Grönland.
35. Björkman, Leif, 1991: Vegetationshistorisk undersökning av en för-historisk jordmånsprofil begravd under en stensträng i Rösered, Västergötland.
36. Holmström, Patrich, Möller, Per, & Svensson, Mats, 1991: Water supply study at Manama, southern Zimbabwe.
37. Barnekow, Lena, 1991: Jämförelse mellan hydrometer-, pipett- och sedigrafmetoderna för kornstorleksanalyser.
38. Ask, Rikard, 1992: Rocks of the anorthosite-mangerite-charnockite-granite suite along the Protogine Zone, southern Sweden.
39. Leander, Per & Persson, Charlotte, 1992: En geologisk och geohydrologisk undersökning av Siesjöområdet norr om Sölvesborg.
40. Mannerstrand, Maria, 1992: Röntgenkaraktärisering och optisk undersökning av kalifältspater från Varbergscharnockiten och Hinnerydsgraniten, sydvästra Sverige.

41. Johansson, Per, 1992: Moränstratigrafisk undersökning i kustkrintar, NV Polen.
42. Hagin, Lena, 1992: Övergången mellan koronadiabas och eklogit i Seveskollan på Grapesvare, Norrbotten, svenska Kaledoniderna.
43. Nilsson, Patrik, 1992: Caledonian Geology of the Laddjuvaggi Valley, Kebnekaise-area, northern Swedish Caledonides.
44. Nilsson, Pia, 1992: Lateritisering - en process som kan ha orsakat kontinental Fe-anrikning i Skåne under rät-lias.
45. Jacobsson, Mikael, 1993: Depositional and petrographic response of climatic changes in the Triassic of Höllviken-II, southern Sweden.
46. Christodoulou, Gina, 1993: Agglutinated foraminifera from the Campanian of the Kristianstad basin, southern Sweden.
47. Söderlund, Ulf, 1993: Structural and U-Pb isotopic age constraints on the tectonothermal evolution at Glassvik, Halland.
48. Remelin, Mika, 1993: En revision av Hedströms *Phragmoceras*-arter från Gotlands Silur.
49. Gedda, Björn, 1993: Trace fossils and Palaeoenvironments in the Middle Cambrian at Äleklinta, Öland, Sweden.
50. Månsson, Kristina, 1993: Trilobites and stratigraphy of the Middle Ordovician Killeröd Formation, Scania.
51. Carlsson, Patric, 1993: A Petrographic and Geochemical Study of the Early Proterozoic, Bangenhuk Granitoid Rocks of Ny Friesland, Svalbard.
52. Holmqvist, Björn.H., 1993: Stratigrafiska undersökningar i sjön Vuolep Njakajaure, Abisko.
53. Zander, Mia, 1993: Sedimentologisk undersökning av en kvartär deltaavlagring vid övre Jyllandselv, Jameson Land, Östgrönland.
54. Albrecht, Joachim, 1993: Sedimentological and lithostratigraphical investigations in the gravel pit "Hinterste Mühle" at Neubrandenburg, northeastern Germany.
55. Magnusson, Martin, 1994: Sedimentologisk och morfologisk undersökning av Gyllebo-Baskemöllafältet, östra Skåne.
56. Holmqvist, Johan, 1994: Vittring i en moränjord vid Farabol, NV Blekinge.
57. Andersson, Torbjörn, 1994: A sedimentological study of glacial deposits in the upper Själandselv area, Jameson Land, East Greenland.
58. Hellman, Fredrik, 1994: Basement - cover relationships in the Harkerbreen Group of the northern Ny Friesland Caledonides, Svalbard.
59. Friberg, Magnus, 1994: Structures and PT determination of the Caledonian metamorphism of the lower part of the Planetfjella Group in the area around Mosseldalen, northern Ny Friesland, Svalbard.
60. Remelin, Mika, 1994: Palaeogeographic and sedimentation models for the Whitehill-Irati sea during the Permian of South America and southern Africa.
61. Hagman, Mats, 1994: Bevattning med avloppsvatten - en hydrogeologisk studie.
62. Sandström, Olof, 1994: Petrology and depositional history of the Campanian strata at Maltesholm, Scania, southern Sweden.
63. Pålsson, Christian, 1995: Middle-Upper Ordovician trilobites and stratigraphy along the Kyrkbäcken rivulet in the Röstånga area, southern Sweden.
64. Gustafson, Lars, 1995: Senkvartär stratigrafi och utveckling i Örseryd, mellersta Blekinge.
65. Gichina, Boniface M., 1995: Early Holocene water level changes as recorded on the island of Senoren, eastern Blekinge, southeastern Sweden.
66. Nilson, Tomas, 1996: Process- och miljötolkning av sedimentationen i en subglacial läsideskavitet, Järnavik, S. Blekinge.
67. Andersson, Jenny, 1996: Sveconorwegian influence on the ca. 1.36 Ga old Tjärnesjö granite, and associated pyroxene bearing quartz-monzonites in southwestern Sweden.
68. Olsson, Ingela, 1996: Sedimentology of the Bajocian Fuglunda Member at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
69. Calner, Hanna, 1996: Trace fossils from the Paleocene-Middle Eocene Monte Sporno flysch complex, Northern Apennines, Italy.
70. Calner, Mikael, 1996: Sedimentary structures and facies of fine grained deep-water carbonate turbidites in a Paleocene-Middle Eocene flysch complex, Monte Sporno, Northern Apennines, Italy.
71. Hesbøl, Ros-Mari, 1996: Retrograded eclogites of the Richarddalen Complex, NW Svalbard - Petrology and P/T-conditions.
72. Eriksson, Mats, 1996: Lower Silurian polychaetaspid and ramphoprioid polychaetes from Gotland: aspects on taxonomy and palaeoecology.
73. Larsson, Daniel, 1996: Proterozoic hydrothermal alteration and mineralization along the Protogine Zone in southern Sweden.
74. Rees, Jan, 1996: A new hybodont shark fauna from the Upper Jurassic Vitabäck Clays at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
75. Bengtsson, Fredrik, 1996: Paleomagnetisk undersökning av senpaleozoiska gångbergarter i Skåne; Kongadiabas, melafyr och kullait.