

Jämförande geokemisk studie med portabel XRF av obehandlade och sågade ytor, samt pulver av Karlshamnsdiabas

Filippa Karlstedt

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 305
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2012

Jämförande geokemisk studie med portabel XRF av obehandlade och sågade ytor, samt pulver av Karlshamnsdiabas

Kandidatarbete
Filippa Karlstedt

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2012

Innehåll

1	Introduktion	5
2	Lokalbeskrivning	5
2.1	Blekinges äldre berggrund	5
2.2	Diabasgångar	6
3	Metoder.....	6
3.1	Provmaterial	6
3.2	Analys med röntgen (XRF)	6
3.2.1	Pulveranalys	7
3.2.2	Ytanalys	7
3.3	Svepelektronmikroskop	7
4	Resultat	7
4.1	Pulveranalyser	7
4.2	Kornstorlek	7
4.3	Yanalyser	8
4.4	Jämförelse med tidigare geokemidata.	8
5	Tolkning.....	11
5.1	Yanalyser och homogenitet	11
5.2	Variation och zonerings inom gången	11
6	Diskussion	11
6.1	Kornstorlek	11
6.2	Yanalys	12
6.3	Jämförelse av geokemi	12
6.4	Provstorlek	12
7	Slutsatser.....	12
8	Tack.....	13
9	Referenser.....	13
10	Appendix.....	14

Jämförande geokemisk studie med portabel XRF av obehandlade och sågade ytor, samt pulver av Karlshamnsdiabas

Filippa Karlstedt

Karlstedt, F., 2012: Jämförande geokemisk studie med portabel XRF av obehandlade och sågade ytor, samt pulver av Karlshamnsdiabas. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 305, 16 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Utvecklingen av XRF-instrument (röntgenfluorescens) har möjliggjort snabba analyser med enkel preparering av materialet. Det är även tänkt att man ska ta med instrumentet ut i fält och analysera ytor utan någon provpreparering. En ny geokemisk analys av Karlshamnsdiabasen utförd med portabel XRF presenteras i det här arbetet. Prover togs längs en travers med kornstorleksvariation vid kanten. De tolv prov som pulveranalyserades representerar kanten till mitten. Skillnader i geokemi tyder på kontamination av omgivande berg, och zonerings vid kristallisation. Tre av proven, med varierade kornstorlek analyserades på obehandlad och rå yta för att sedan jämföras med pulveranalys. Ytanalysernas avvikelse från pulver har samma avvikelse-trend. Resultatens likheter visar att det är möjligt att kalibrera resultaten så att de blir lika bra som pulveranalys. Tidigare geokemiska undersökningar av Karlshamnsgången gjordes av Solyom et al. (1984) och Kornfält & Bergström (1986). Mer vedertagna metoder har då använts. Vid jämförelse med tidigare analysdata, stämmer halterna ofta överens. Skillnader beror främst på provplats och instrumentosäkerheter.

Nyckelord: Geokemi, XRF, Karlshamn, Blekinge, Diabas.

Handledare: Leif Johansson och Ulf Söderlund

Ämnesinriktning: Berggrundsgeologi

Filippa Karlstedt, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: gna10fka@student.lu.se

Comparing geochemical study with portable XRF of rough and sawed surfaces powder from the Karlshamn dolerite

Filippa Karlstedt

Karlstedt, F., 2012: Comparing geochemical study with portable XRF of rough and sawed surfaces powder from the Karlshamn dolerite. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 305, 16 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: The development of XRF instruments (x-ray fluorescence) has enabled faster analysis with simple preparation of the material. It is also contemplated that one should bring the instrument in field and analyze surfaces without any sample preparation. In this study, a new geochemical analysis of Karlshamn dyke made by portable XRF-analysis is presented. Twelve samples were analyzed of powder, representing the edge to the center. Geochemistry differences indicate contamination of the surrounding hills, and zonation. Three samples with varying particle size was also analyzed at sawn and rough surfaces, and then compared with powder analysis. The surface analysis deviation from the powder has the same deviation trend. Similarity in results shows that it is possible to calibrate the results to make them as good as the powder analysis. Previous geochemical studies of Karlshamn dyke was made by Solyom et al. (1984) and Kornfält & Bergström (1986). The methods used in these reports are more established. The values are often similar when compared to powder analysis Differences are a consequence of sampling place and instrumental faults.

Keywords: Geochemistry, XRF, Karlshamn, Blekinge, Dolerite.

Filippa Karlstedt, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: gna10fka@student.lu.se

1 Introduktion

Den här rapporten behandlar Karlshamnsdiabasen, som ingår i Blekinge-Dalarna doleriterna. Det är en av de större diabasgångarna i Blekinge, och daterats till $954,2 \pm 1.1$ Ma (Söderlund et al., 2004). Arbetet baseras på en geokemisk analys av bergarten med hjälp av portabel XRF (röntgenfluorescens). Syftet med arbetet är:

1. Att jämföra resultat från pulveranalys med ytanalys.
2. Att jämföra råa brottytor med sågade ytor.
3. Ta reda på om resultaten för ytanalys går att justera.
4. Jämföra resultat från pulver med publicerade geokemiska data för Karlshamnsdiabasen.
5. Undersöka kontamination och fraktionering. Inbördes variation från kant till mitt.

2 Lokalbeskrivning

2.1 Blekinges äldre berggrund

Kustgnejsen är den äldsta bergarten i Blekinge (beige på kartan, fig. 1). Gnejsighet och metamorfos är ett bevis på att den utsatts för deformation. Utbredningen

för bergarten är främst i de södra delarna av Blekinge. Det finns stora variationer i geokemin inom bergarten. Fördelning mellan mineralen kvarts, alkalifältspat och plagioklas tyder på främst granitisk/ryolitisk, men även kvartsmonzonit/kvartslatit och granodiorit/dacit (Kornfält & Bergström, 1986). Enligt Johansson et al. (2006) indikerar geokemin subduktionsrelaterade händelser. Bergartens ursprung är svårtolkat på grund av att metamorfosen har varit omfattande. En möjlighet är att det är flera olika ursprungsbergarter.

Både Kustgnejsen och gnejsgraniten (röd utan prickar fig. 1), som tillsammans omfattar större delen av Blekinges berggrund har U–Pb daterats till 1,76 Ga (Johansson et al., 2006). Enligt Johansson et al. (2006) betyder den kalkalkalina geokemin att berggrundens bildning kan kopplas till subduktion. Tiden för bildningen sammanfaller med slutet av den Svekokarelska orogensen. Vid denna orogen bildades stora delar av östra Sveriges berggrund. Ett bevis på att gnejsgraniten är yngre är att den kan förekomma som gångar i kustgnejsen. Bergarten är även något mindre omvandlad, men ändå gnejsig och förskiffrad (Kornfält & Bergström, 1986). Utbredningen av gnejsgraniten är störst i norra delen av Blekinge. Färgen varierar från grå till röd och samtidigt varierar geokemin.

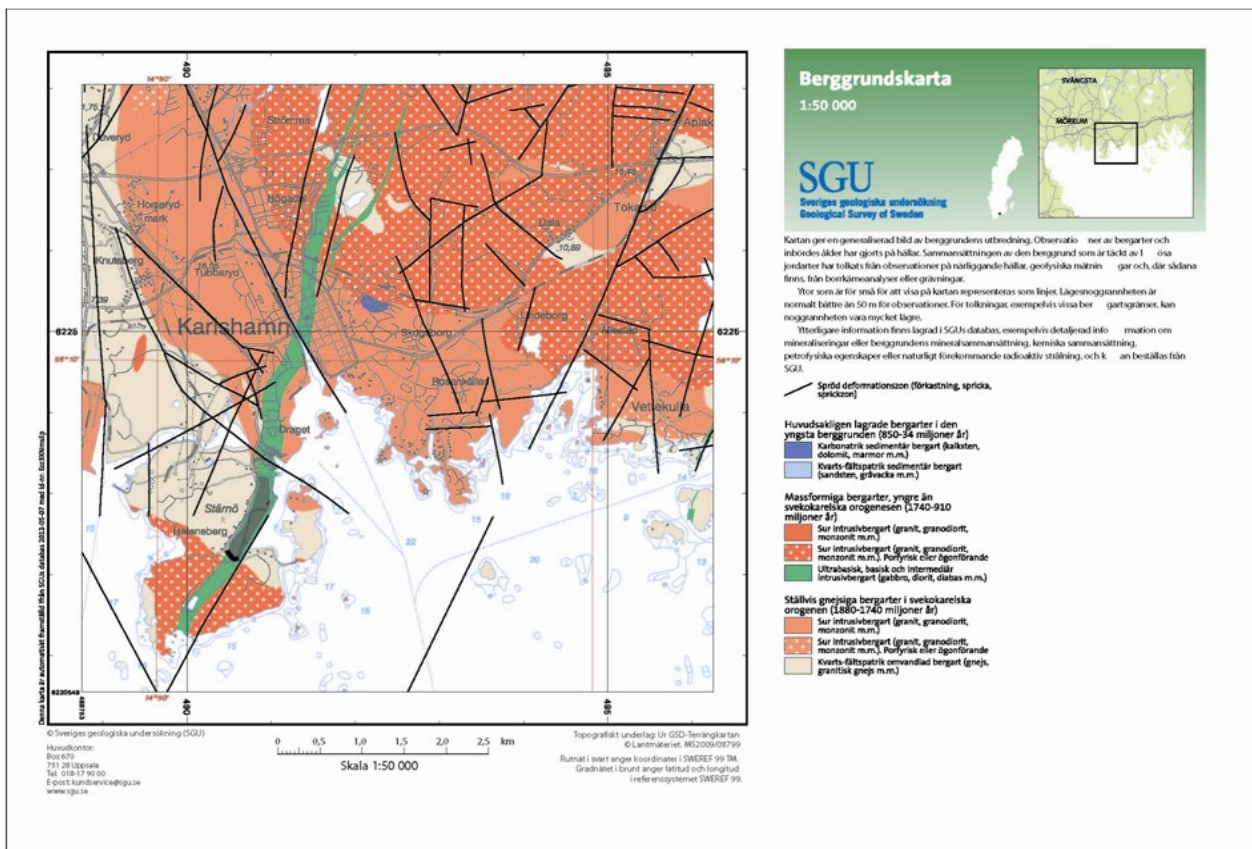


Fig. 1. Modifierad efter berggrundskarta från SGU:s kartdatabas. Karlshamnsdiabasen är grön på bilden, och sträcker sig från udden i NNO riktning genom Karlshamn och flera av blekinges viktiga gnejsjer/graniter. Det beige området är kustgnejs (1,76 Ga och äldst). Det röda utan prickar är gnejs med granitiskt ursprung med samma ålder som kustgnejsen (1,76 Ga). Röda områden med vita prickar är Karlshamnsgranit (1,45 Ga). Det vita området i södra delen av diabasen är ett gammalt diabasbrott. Det grå området ovanför det gamla diabasbrottet är Sternöbrottet. Proverna är tagna i nedre delen av brottet i det svartmarkerade området.

Karlshamnsgniten (röd med vita prickar, fig. 1) är en granitpluton som är en av flera av sitt slag i området. Relaterade plutoniska bergarter är Spinkamåla- och Vånga- granittyper. Kornstorleken är medel till grov med ögon av kalifältspat < 5 cm. Den består främst av kvarts, biotit och plagioklas, färgen är grå med röda ögon. Platser som är svagt gnejsiga förekommer och gränsen till kustgnejsen är gradvis, framförallt i norr, beskrivet av Kornfält & Bergström (1986). Omfattande strukturgeologisk undersökning av Karlshamnsgniten (Cecys & Benn, 2007) visar att intrusionen är syntektonisk. Danopolonisk kollisionen stämmer med U-Pb dateringen 1,46-1,42 Ga och ÖNÖ-VSV kompressions strukturer.

2.2 Diabasgångar

I södra Sverige finns huvudsakligen två grupper av diabasgångar. Gångsvärmen i väster associeras med Protoginzonen (PZ) som sannolikt varit aktiv vid flera olika tillfällen från ca. 1.56 Ga till ca. 0.9 Ga (Söderlund & Ask, 2006). PZ utgör en ungefärlig avgränsning av den 1.1-0.9 Ga Svekonorvegiska kollisionshändelsen i södra delen av landet. Berggrunden väster om fronten bildades under den Svekonorvegiska orogenerna medan den östra berggrunden är äldre. Datering av diabasgångar i Protoginzonen (Johansson & Johansson, 1990) tyder på att det finns två generationer som dateras till 0.95 Ga respektive 1.20 Ga (Söderlund et al., 2005). Utbredningen följer Protoginzonen, och sträcker sig i nord-sydlig riktning från Skåne till Vätterns södra kant i Småland. Hela spektrat från magmatisk struktur och mineralogi till amfibolit förekommer inom området. En karaktär hos PZ-diabas är plagioklasens mörka skuggning av små opakmineral som ger dem en svart färg (Kornfält & Bergström, 1986), (Solyom et al., 1984) och (Johansson & Johansson, 1990). Diabasgångar i Protoginzonen har egenskaper som påminner om kontinental riftsystem (Solyom et al., 1984).

Blekinge-Dalarna diabaserna (BDD) är en mäktig gångsvärm som sträcker sig från Blekinge i söder till Dalarna i norr. Karlshamnsgången i Blekinge är 200 m bred, men smalnar av längre norrut, och kan följas i fält uppskattningsvis 7 km. Den skär genom de bergarter som bygger upp Blekinges berggrund, och under centrala Karlshamn. På grund av sin kvalitet och storlek har diabasen brutits sedan 1800-talet och bryts än idag i Sternöbrottet (svart, figur 1). Stenen används som makadam till asfalt, bastuaggregats sten och isolering (stenull). Enligt observationer av (Kornfält & Bergström, 1986) och (Solyom et al., 1992) är de vanligaste mineralerna i Karlshamnsgången plagioklas, kalifältspat, olivin, pyroxen (bronzit och augit), biotit, serpentin, apatit ilmenit och titanomagnetit. Det förekommer sekundära mineral i form av serpentin, klorit, amfibol, aktinolit, epidot och talk (Johansson & Johansson, 1990). Med hjälp av olika klassificeringsdiagram plottade Solyom et al., 1984 de halter de uppmätt i olika diabasgångar. Övervägande blev resultaten tholeitisk, men ibland kalkalkalina. Subalkalinitet

tyder vanligen på subduktionszoner, låg kaliumhalt är vanligare där den kontinental skorpan är tunn och medel – höga värden tyder på en förtjockad kontinental skorpa (Best & Christiansen, 2001).

Karlshamnsgången är Sm-Nd daterad till 930 Ma (Johansson & Johansson, 1990). Den senaste dateringen (Söderlund et al., 2005) tyder på att BDD-gångarna är 945-978 Ma, något äldre. I Johansson & Johansson 1990 dateras den yngsta gången (Härsjö) till 844 Ma och de äldsta till 935 Ma. De sammanfaller i vilket fall med de yngre diabaserna i protogina zonen. Både åldrarna för PZ- och BD-gångarna sammanfaller med Svekonorvegiska-Grenvillan orogenerna och de måste ha bildats i slutfasen av denna orogen när kompression ersatts av extension. Om diabasgångarna med 930 Ma åldern ska relateras till den senare delen av Svekonorvegiska orogenerna eller ett förstadium till Iapetushavets bildning och den Caledonska orogenerna diskuteras i Solyom et al. 1984 och Solyom et al. 1992. Enligt Hellstrom et al. (2004) har diabasgångarna troligen uppkommit då den svekonorvegiska orogenbildningen kollapsade, som ledde till plötsliga extensionella krafter.

3 Metoder

3.1 Provmaterial

Färiska stuffer insamlades 2011 av Ulf Söderlund och Leif Johansson i Sternöbrottet söder om Karlshamn. Den västra kontakten till kustgnejsen lokaliserades, där provtagningen började för att fortsätta längs en travers över till östra kontakten (fig. 2). En kornstorleksskillnad kan observeras närmst kontakten, varför prover togs varje meter de första sju meterna. Efter det samlades stuffer med fem meters mellanrum längs traversen. I den här studien användes enbart prov från västra kanten till mitten, de är namngivna efter hur långt ifrån kanten de är tagna.

3.2 Analys med röntgen (XRF)

Röntgenfluorescens är en metod som är vanlig för ana-



Fig. 2. Bilden visar den södra delen av Sternöbrottet, där diabas från Karlshamnsgången bryts. Den röda profilen visar var proverna är tagna. Den västra kontakten är lokaliserad och det är därifrån metrarna räknas. Modifierad efter Google 2010.

lys av oorganiska materials kemiska sammansättning. Röntgenstrålar skickas mot preparatet som är vinklat mot röntgenstrålaren. Beroende på våglängden hos strålarna, exciteras elektroner med olika egenskaper från grundämnenas inre skal. En elektron från en högre energinivå kommer ta dess plats och då sänds en sekundär röntgenstråle ut, som registreras av en detektor. Olika grupperingar av sekundära röntgenstrålar tolkas av datorn till olika grundämnen och halten bestäms av intensiteten. XRF-analys av pulver genomfördes på totalt tolv stuffer från kanten till mitten av gången (1-97 m från kanten).

3.2.1 Pulveranalys

Preparering av prov skedde genom krossning för hand till max 1 cm grus och sedan i ett malfat. Efter det hanterades pulvret minimalt i plastburkar. Vid överföring till plastbehållare användes metallspatel; pulver togs från olika delar i burken i syfte att få ett kemiskt representativt prov. Varje prov analyserades tre gånger under 460 sekunder i XRF Niton XL3t GOLDD. Mätområdet är en cirkel med 8 mm diameter. För försäkran om att instrumentfel inte uppstod kontrollerades maskinens mätkvalité. Standard 2709A testades och jämfördes med bestämda värden vid uppstart av instrumentet, och kontinuerligt efter varje omgång med 10-15 prover. Ämnen som alanalyserats men inte gav några resultat är S, Ni, Cu, Zn, Pb, Sb, Sn, Cd, Ag, Ba, Mo, Bi, As, Se, Au, W, Co och Cl. Det gick inte att mäta magnesium-halten eftersom ämnet är för lätt. Övriga ämnens halter är under detektionsgränsen.

3.2.2 Ytanalys

Tre stuffer, 1m, 4m och 32 m, analyserades på rå och sågad yta (innan de maldes) för att utreda om resultaten av ytanalys kan vara signifikanta, dvs. ger samma resultat som pulveranalyser för samma prov. Färska brott, men även något förändrade ytor mättes. Varje prov testades på tio ställen som var skrovliga och tio sågade, två gånger under 460 sek. De förändrade ytorna hade grön eller brun nyansskiftning.

3.3 Svepelektronmikroskop

Inför ytanalys sågades ungefär en kvadratcentimeter ut av vardera prov. Dessa polerades och fick därefter en kolbeläggning innan de undersöktes i mikroskopet. Kolbeläggningen är viktig för att elektronerna ska ledas bort från ytan så att bilden blir tydlig. Även en snabb analys av vilken typ av mineral de olika färgerna representerar utfördes. Bilder togs av proven i syfte att jämföra kornstorlek (fig. 3). Kornstorleken mättes utifrån bilderna (fig. 4) med linjal där enskilda kristaller gick att urskilja. Den längsta synliga axeln mättes.

Tabell 1. Tabellen visar medelvärden för olika grundämnen i tre skilda geokemiska analyser. All data är från Karlshamnsgången. Alla värden i ppm.

	(Solyom et al., 1984)	(Kornfält & Bergström, 1986)	Pulveranalys medelvärde
Si	233910,33	231830,40	241395,94
Ti	21498,48	13186,80	12555,94
Al	67684,24	76219,20	88240,02
Fe	87829,44	88998,30	85082,45
Mn	1226,29	1239,20	1069,18
Ca	49159,45	52173,10	53392,52
K	14748,11	9961,20	11554,36
P	5105,88	2967,52	4111,13
V		150,00	424,22
Cr	38,00	400,00	561,11
Rb	45,17	20,00	25,55
Sr	552,83	460,00	419,84
Zr	265,17	140,00	173,83
Nb	20,17		9,44
Ba	747,00	537,42	533,39

4 Resultat

4.1 Pulveranalyser

Analysdata från pulveranalys presenteras som medelvärden i tabell 1 tillsammans med data från tidigare analyser. Mer utförliga rådata från pulver- och ytanalys finns i appendix.

4.2 Kornstorlek

Kornstorleken för malmineral är ganska konstant. Plagioklas varierar mest På bilderna (fig. 4) ser korn-

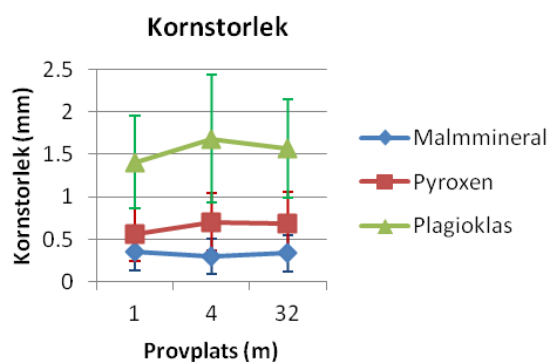


Fig. 3. Diagrammet visar kornstorlekar som är uppmätta utifrån bilder i figur 3. Kornstorleken redovisas i verklig storlek.

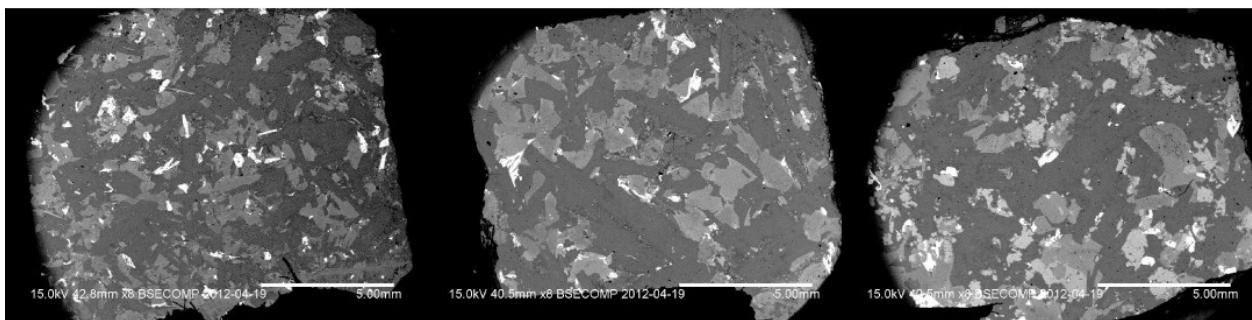


Fig. 4. a) en utsågad bit från provet vid 1 m. b) 4 m och c) från 32 m. De ljusaste kristallerna är oxidmineral, ljusgrå pyroxen och mörkgrå plagioklas. Skalan är samma på de a, b och c, det vita strecket nere till höger i varje bild motsvarar 5 mm i verkligheten..

storleken mindre ut vid en meter. Skillnaden mellan 4 och 32 m är liten.

4.3 Ytanalyser

Resultat för ytanalyser redovisas i fig. 6. Värdena jämförs med (normaliserades mot) det samlade medelvärdet för pulveranalyser av samma stoff (fig. 6a-c), dvs. en kvot på 1 indikerar samma värde för både pulver och yta. Proverna 1m, 4m och 32 m visar samma avvikelse-trend för ytanalyser i förhållande till pulveranalyserna är Si, Al, Rb, Sr och Ba. Ämnen som får lägre värden är Ti, Fe, V, Zr och Nb. Några har en stor standardavvikelse: P, Cr, Rb och Ti.

4.4 Jämförelse med tidigare geokemidata.

Ett medelvärde av alla pulveranalyser jämförs i fig. 5 med analysdata från två tidigare undersökningar. Det framgår inte var det provmaterialet har samlats in. Även ett medelvärde av alla mätningar på standard 2709a jämförs med tabellerade värden från denna. Standardens halter är inte samma som halter i proven. Rådata finns i appendix.

4.5 Inbördes variation

Resultaten av pulveranalyser för de olika proven redovisas i tio diagram (fig. 7) för att visa den inbördes variationen i värden. Rådata för pulveranalyserna finns i appendix.

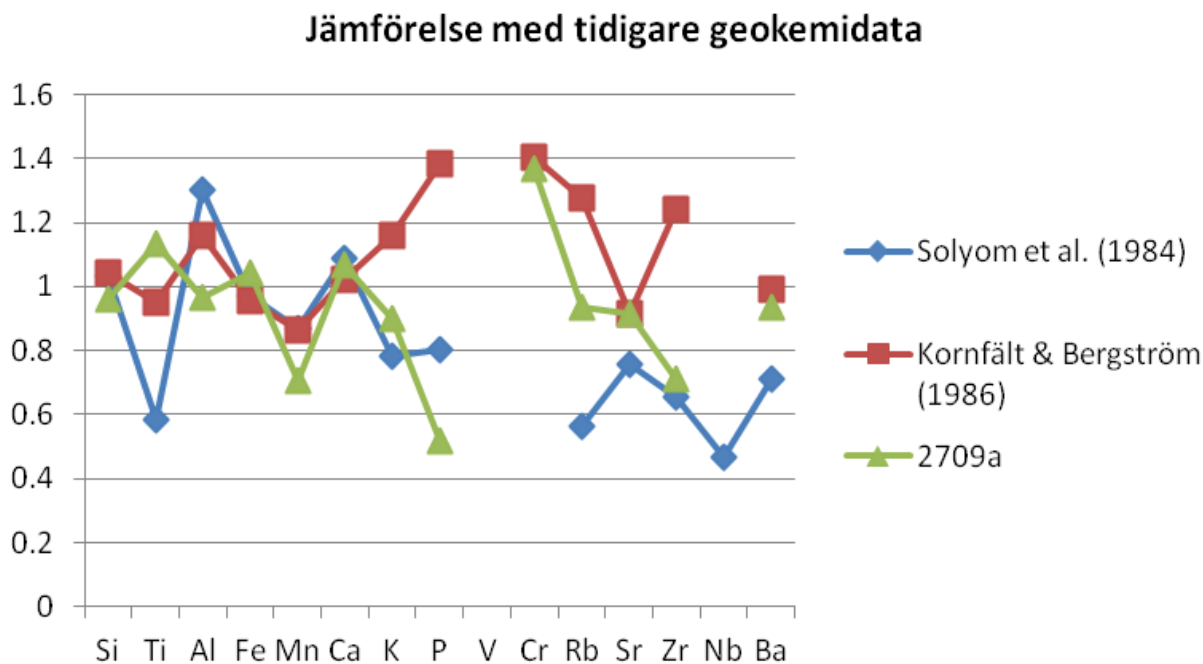
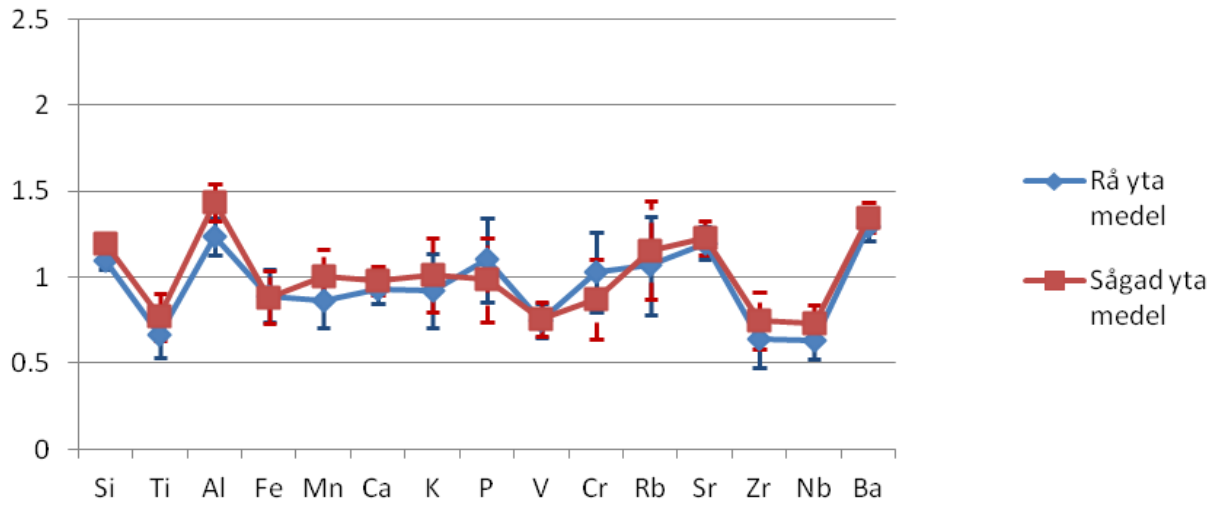
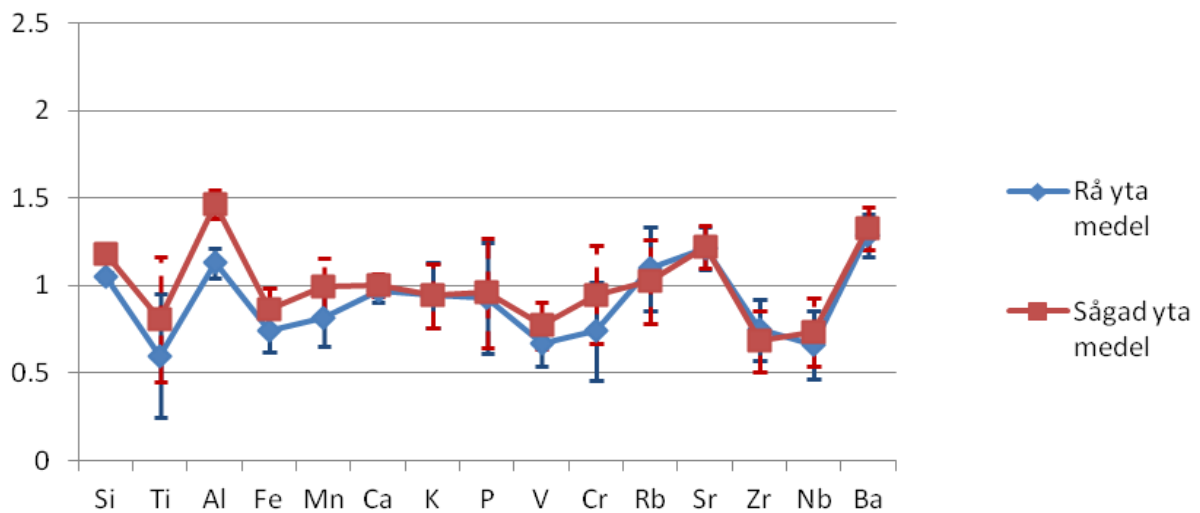


Fig. 5. Blå med rombisk brytpunkt: Totalmedelvärde av pulver normaliserat mot värden från Solyom et al. (1984). Röd med kvadrater: Medelvärde för alla pulver normaliserat mot geokemisk analys från SGU (Kornfält & Bergström, 1986). Data för kurvorna finns i tabell 1. Grön med trianglar: Medelvärdet av alla mätningar av standard 2709A är normaliserat mot de värden som är bestämda för provet. För data från standardanalyser, se appendix.

Ytanalysers avvikelse från pulveranalys vid 1 m



Ytanalysers avvikelse från pulveranalys vid 4 m



Ytanalysers avvikelse från pulveranalys vid 32 m

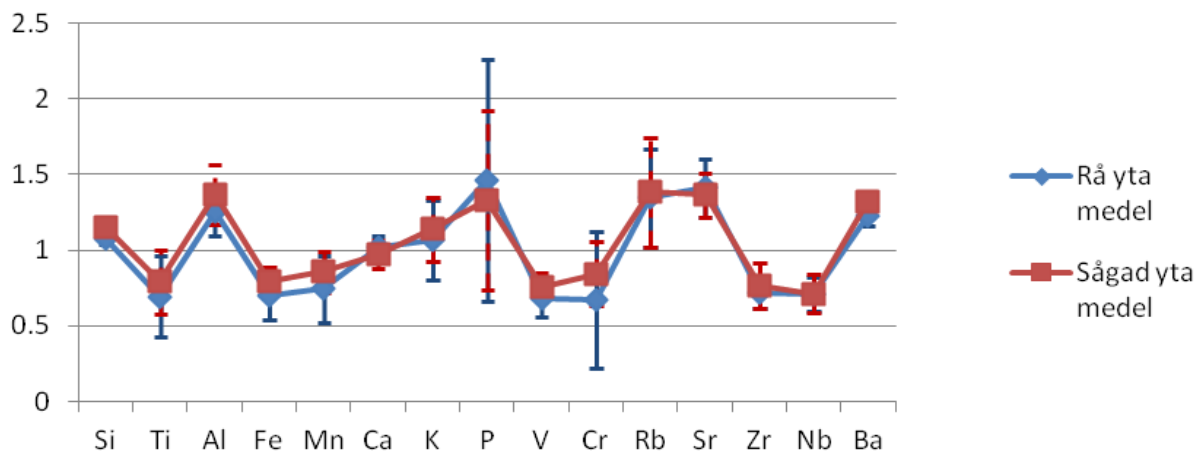
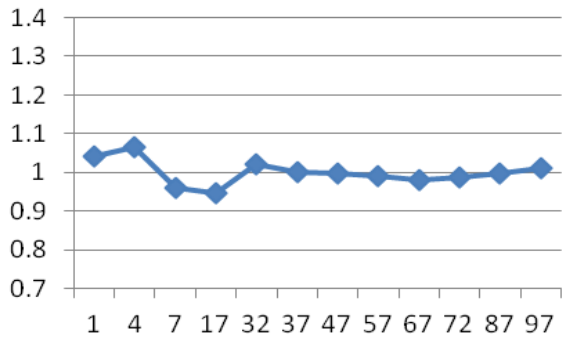
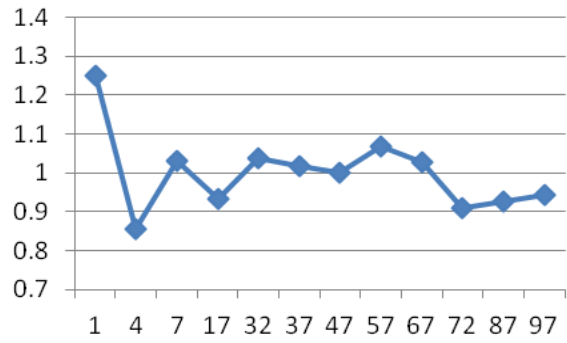


Fig. 6. Diagrammen visar alla analysdata från 1, 4 och 32 m. Medelvärden för olika ämnen från alla råa respektive sågade ytanalyser normaliserade mot medel för pulveranalyser. Pulveranalyshalter motsvarar y-värdet 1.

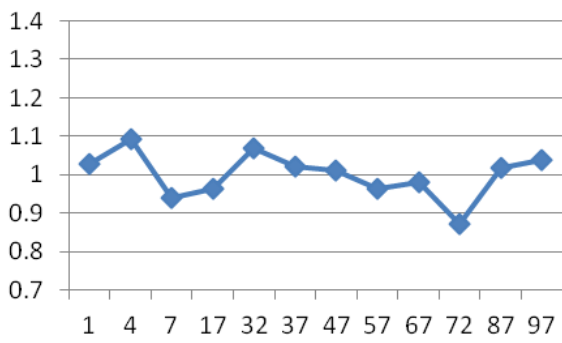
Si



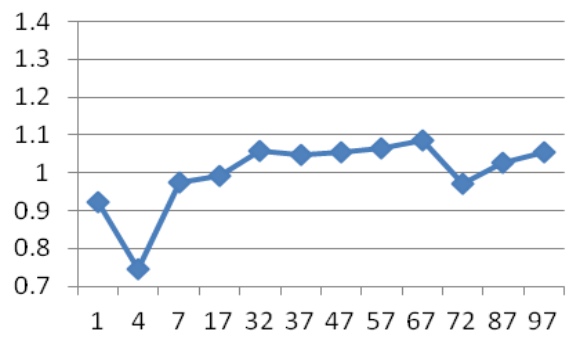
Ti



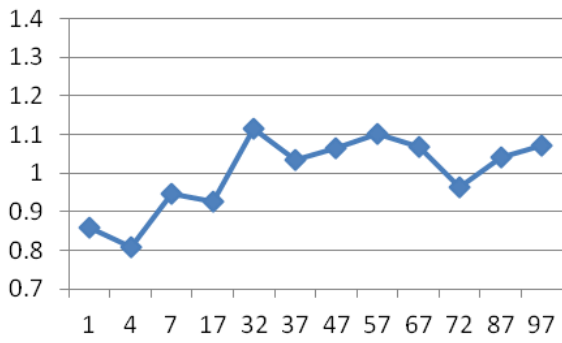
Al



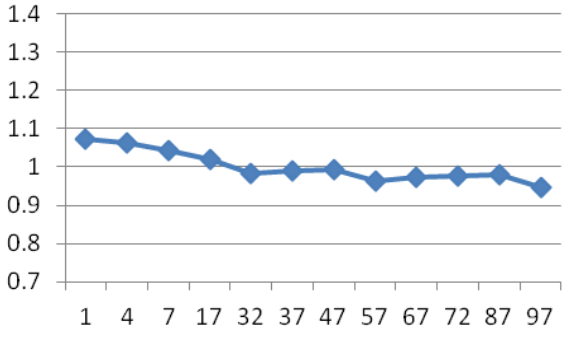
Fe



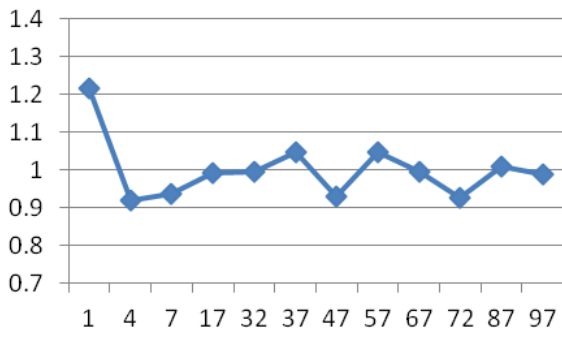
Mn



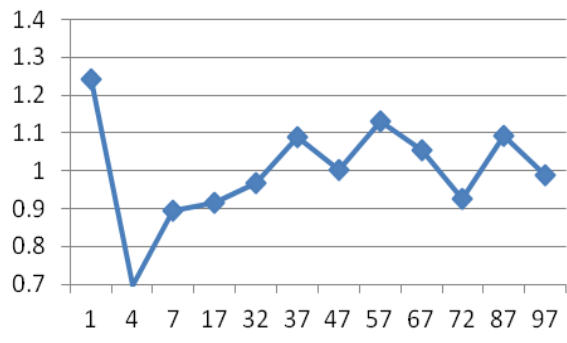
Ca



K



P



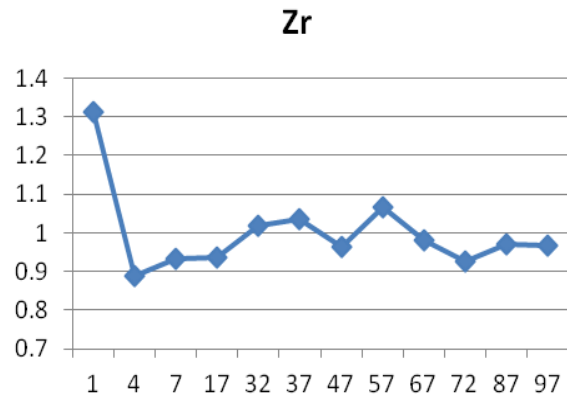
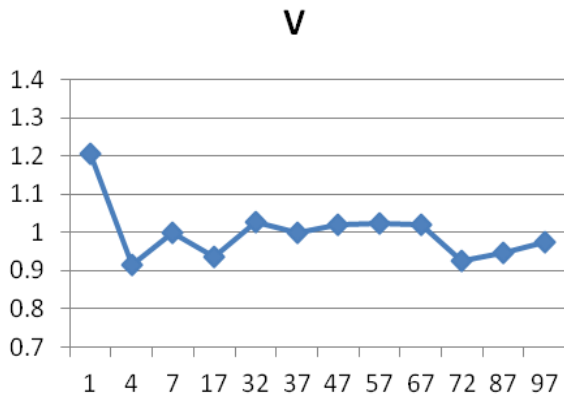


Fig. 7a-j. Variation av olika ämnen från kanten till mitten av gången normaliserat mot medelvärdet av punkterna. Varje punkt motsvarar tre analyser. Värden från pulveranalys har använts (se appendix).

5 Tolkning

5.1 Ytanalyser och homogenitet

Skillnaden mellan diagrammen i fig. 6a-c är framförallt standardavvikelsen. De tre proven visar samma avvikelse-trend från pulveranalysdata, och det mer riktiga värdet. Att precisionen blir lite sämre längre in i gången är en funktion av kornstorleken (fig. 4). Homogeniteten blir sämre när kornstorleken ökar. Eftersom kornstorleken inte skiljer så mycket mellan proven, är det inte så stor skillnad i resultat. Den största anledningen till att resultaten inte blir lika bra vid ytanalyser är homogeniteten. Resultaten för t. ex kisel vid ytanalys är nära pulveranalysens resultat. Standardavvikelsen är också mycket liten. Eftersom kisel finns i de vanligaste mineralen (olivin, pyroxen och plagioklas) är det jämnt fördelat över bergarten.

Titan underskattas av instrumentet vid ytanalyser, men standardavvikelsen är relativt stor. Titan förekommer inte i de vanligaste mineralen, utan i illmenit, titanomagnetit, biotit och delvis i klinopyroxen. Titan är koncentrerat till vissa mineralkorn. Det innebär att det inte förekommer överallt trots att halten är ganska hög. Vanadin kan byta plats med titan på grund av lika egenskaper och ungefär samma storlek, de är bredvid varandra i preiodiska systemet. Titan och vanadin följs åt i fig. 6a-c samt 7b och j. Nb, Zr och Ti hör till ämnen som är diskriminerande de trivs i få mineral. Alla tre har en lägre uppmätt halt på ytanalyser än i pulver. Ett annat exempel är krom, som är kompatibelt i olivin, orto- och klinopyroxen, hornblände och biotit, men allra mest i magnetit. Eftersom järn och krom har ungefär samma jonradie och samma laddning, kan järnet bytas ut mot krom. Magnetit är ett järnrikt mineral, vilket leder till att den högsta halten krom är där. Järn och krom har ungefär lika stort underskott i den här undersökningen, vilket kan bero på magnetiten.

Rb, Ba och Sr hör ihop eftersom de är nära varandra i periodiska systemet. De kan ersätta kalium i mineral.

Om de passar ungefär lika bra på samma platser, barium är kompatibelt i biotit och kalifältspat, rubidium är kompatibelt i biotit och strontium är kompatibelt i plagioklas och kalifältspat (Best & Christiansen, 2001). Dessa mineral uppvisar samma avvikelse.

5.2 Variation och zonerings inom gången

När halter av de olika ämnena normaliseras mot medelvärdet (fig. 7a - j) ges olika avvikelser från medelvärdet beroende på provet. Högre än medel är värden över ett, och lägre än medel under ett. Vid 1 m har både titan, kalium, vanadin, fosfor och zirkon höga värden och låga vid 4 m. Resultaten tyder på en kontamination. Samma ämnen förutom vanadin har en dipp vid 47 m. Värden från 1-17 m varierar mer för alla ämnen än vad proven i mitten gör, men inte på samma sätt och inte lika mycket. Eftersom alla ämnen inte visar samma trender, är det antagligen inte mätfel, utan faktisk variation i halt. Vid 72 m är en låg halt uppmätt av alla ämnen, förutom kisel och kalcium som är stabila hela vägen. Resultaten är en effekt av fraktionering längre in i gången.

6 Diskussion

6.1 Kornstorlek

De uppmätta kornstorlekarna utifrån bilderna (fig. 3 och 4) är mindre vid 1 än 4 och 32 m, men skillnaden är ganska liten. Det kan vara svårt att urskilja korn som har likadan färg och är intill varandra. Därför är inte alla korn mätta. Bergarten är isotrop, vilket innebär att kornen är orienterade åt olika håll. Ibland mäts den längsta axeln, ibland den kortaste. Det är troligen för få kristaller på bilderna för att resultaten ska bli bra. Utifrån bilderna ser det ut som att de vita mineralen är fler vid 1 m. De vita mineralen är opakmineral som järn- och titanoxider. Om det stämmer att de är vanligare vid en meter, kan det vara en del av förklaringen till att vissa mineral har högre uppmätt halt i den stoffen. Till exempel titan som nästan bara finns i dessa

mineral. Eftersom fosfor finns huvudsakligen i apatit. Kanske apatit är vanligare i kanten.

6.2 Ytanalyser

I ytanalysdiagrammen (fig. 6a-c) är eventuella metodrelaterade systematiska fel inte synliga, eftersom samma metod användes för alla data. Ytanalysen normaliseras mot pulveranalys från samma stuff. Någon rå yta var grönaktig och någon brunaktig. Det mättes även på dessa ytor, men inte mer än två gånger av tio per analys. Resultaten för analyser av dessa ytor är inte extrema. Avvikelse bör endast bero på skillnaden som uppkommer mellan ytanalys och pulveranalys. Således är homogeniteten den största felkällan och skillnaden. Eftersom analysytan per gång bara är 8 mm i diameter, gjordes fler analyser av yta än pulver. Ändå blev resultaten olika. Det är möjligt att den avvikelsen inte går att komma ifrån vid ytanalys. Avvikelsen skulle kunna användas som ett underlag till korrigering för att få fram ett bättre resultat (som liknar pulveranalys) när en snabb bedömning ska göras i fält. Eftersom den sågade ytan inte ger så mycket bättre resultat är den råa, är det inte nödvändigt att säga materialet före analys. Formler för att korrigera resultatet skulle behövas, men krävs fler studier av liknande bergarter krävs. En viktig anledning till hur avvikelsen blir är mineralsammansättningen. För en annan bergart skulle avvikelserna bli helt andra för samma ämnen eftersom mineralsammansättningen är en annan, men en annan diabas eller basaltisk bergart skulle förmodligen ge liknande resultat.

6.3 Jämförelse av geokemi

En tidigare geokemisk analys som har gjorts av Karlshamnsdiabasen presenteras i (Solyom et al., 1984) Metoder som användes var:

AAA, syraupplösning, och sedan atomabsorptionspektroskopi för MnO och K₂O.

ADC, syraupplösning och colorimetri för P₂O₅.

APT, syraupplösning och potentiometer analys för FeO.

BFX, bor-fusion och röntgen fluorescens analys av glasskiva för SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, CaO, K₂O och Fe₂O₃.

BXR, brikettering av bergartspulver och röntgen fluorescens analys för Ba, Nb, Rb, Sr och Zr.

INAA, instrumentell neutron aktiverings analys för Cr och Fe₂O₃.

Även andra ämnen analyserades men de redovisas inte här rapporten på grund av för låga halter och osäkra resultat. De metoder som användes i den geokemiska analysen i (Solyom et al., 1984) är mer avancerade än den XRF-analys som genomförts med det portabla XRF-instrumentet. De använde sig dessutom av större mängd provmaterial. Resultaten bör därför vara närmre verkligheten. På samma sätt har standard 2709a:s värden bestämts med mer säkra metoder på flera laboratorier och bör vara bättre än instrumentets mätvärden av standarden. Om instrumentet har ett in-

byggt mätfel, bör samma mätfel synas i alla tre kurvor i fig. 5. För ämnena Ti, Al, Cr, Ba, Sr och K skiljer resultaten från tidigare undersökningar mer från nya mätdata än samma maskins mätfel av standard 2709a. Det kan bero på fel i tidigare undersökningar, men en faktor kan vara att det är svårare att få bra resultat om halten ligger närmre detektionsgränsen. Det gäller främst spårämnen, men en viss skillnad i halter finns mellan standardprovet och diabasen. Vilka metoder som använts vid geokemisk analys från Kornfält & Bergström (1986) redovisas ej. Vid jämförelse mellan kurvor i fig. 7, är den nya datan mer lika Kornfält & Bergström (1986) än Solyom et al. (1984), förutom för fosfor, vanadin och krom. Krom är det ämne som varierar mest mellan undersökningarna. Enligt Solyom et al. (1984) är värdet 38 ppm, enligt Kornfält & Bergström (1986) är värdet snarare 400 ppm och enligt ny data ligger medelvärdet på 561 ppm. Kromvärdet för standarden är runt 130 ppm och överskattas av XRF till 178 ppm. Det tyder på att värdet troligen ligger närmre 400 ppm än 561 ppm, men inte mycket lägre.

6.4 Provstorlek

Provstorleken varierar från 64,5 till 167 g. Ett medelvärde där större prov får en större inverkan på medelvärdet har räknats ut (se appendix). Syftet är att få ett mer representativt värde för hela gången. Man utgår då ifrån att stora prov är mer representativa. Detta förutsätter att det inte finns en riktig variation inom gången. Provens vikter varierar inte så mycket att det har någon inverkan på resultaten i det här fallet. Även de mindre är troligen representativa för platsen. Två av de tyngsta proven är 1 och 4 m. Deras värden avviker ofta, vilket tolkas som en kontamination. Det är inte en effekt av storleken eftersom det största provet (32 m) inte har avvikande värden. Med tanke på att det finns många variabler som spelar in, går det inte att säga vilken inverkan provstorleken har. Troligen har den ingen inverkan i den här studien.

7 Slutsatser

Målet är att förbättra förståelsen för denna typ av enkel XRF-analys. Resultat för yt- och pulveranalyser från samma material skiljer sig från varandra. Samman avvikelse observeras för tre prov trots varierande kornstorlek och delvis sammansättning. Om fler studier skulle visa samma avvikelser vid ytanalyser av andra diabaser, skulle en korrigering kunna införas och ge en bättre indikation av den riktiga sammansättningen i fält. Ämnen som är koncentrerade i ovanliga mineral får en större spridning i resultat eftersom de är ohomogent fördelade. Dessa ämnen behöver fler analyspunkter än vanligare grundämnen. För att en korrigering ska kunna införas, måste analys av flera diabaser utföras. Resultat varierar främst med kornstorlek och mineralsammansättning för ohomogeniserade prov (ytor). Förhöjda halter vid 1 m och en variation vid kanten

av gången har uppmätts. Det tyder på kontamination från sidoberget. En zonerings syns också längs traversen. Pulveranalyser jämförs med tidigare analyser. Hur resultaten står mot dessa analyser är varierande. Vissa värden i Solyom et al. (1984) avviker från Kornfält & Bergström (1986) och resultaten i denna undersökning. Oftast uppskattas att utvalda ämnens värden är rimliga och lika varandra eftersom provplatsen kan skilja sig och en zonerings har identifierats. Med hänsyn till felmätning av standardpulver, är resultaten mer lika. En kalibrering av instrumentet är möjlig.

8 Tack

Tack till Ulf Söderlund för hjälp med malning av stuffer. Leif Johansson för hjälp med XRF-analyser, sågning av stuffer och användning av svepelektronmikroskop. Insamling av stuffer och handledning, Leif Johansson och Ulf Söderlund. Jag vill också tacka anställda på geologiska institutionen i Lund för instruktioner, föreläsning i forskningsetik och uppmuntran Svante Björck, Mats Eriksson, Johan Lindgren, Anders Lindskog, Raimund Muscheler och Anders Scherstén. Bibliotekarie Britta Smångs introduktion av EndNote referenshanteringsprogram har varit till stor nytta.

9 Referenser

- Best, M. G. & Christiansen, E. H. 2001. *Igneous petrology*. Malden, Blackwell Science.
- Cecys, A. & Benn, K. 2007: Emplacement and deformation of the ca. 1.45 Ga Karlshamn granitoid pluton, southeastern Sweden, during ENE-WSW Danopolonian shortening. *Geologische Rundschau = International Journal of Earth Sciences (1999)*, 96, 397–414.
- Hellstrom, F. A., Johansson, A. & Larson, S. A. 2004: Age and emplacement of late Sveconorwegian monzogabbroic dykes, SW Sweden. *Precambrian Research*, 128, 39–55.
- Johansson, A., Bogdanova, S. & Cecys, A. 2006: A revised geochronology for the Blekinge Province, southern Sweden. *GFF*, 128, 287–302.
- Johansson, L. & Johansson, A. 1990: Isotope geochemistry and age relationships of mafic intrusions along the Protogine Zone, southern Sweden. *Precambrian Research*, 48, 395–414.
- Kornfält, K.-A. & Bergström, J. 1986. *Beskrivning till berggrundskartan Karlshamn NO*.
- Solyom, Z., Andréasson, P.-G., Johansson, I. & Hedvall, R. 1984. *Petrochemistry of late Proterozoic rift volcanism in Scandinavia; I, The Blekinge-Dalarna Dolerites (BDD); volcanism in a failed arm of Iapetus?*, University of Lund, Department of Geology, Lund, Sweden.
- Solyom, Z., Lindqvist, J. E. & Johansson, I. 1992: The geochemistry, genesis, and geotectonic setting of Proterozoic mafic dyke swarms in southern and central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 114, 47–65.
- Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2012: Karta: Sveriges geologiska undersökning, berggrundskarta 1:50000. www.sgu.se (2012-05-07) http://maps2.sgu.se/kageFilemover/data/rock_local_Ecc3XNmsEp.pdf
- Söderlund, U. & Ask, R. 2006: Mesoproterozoic bimodal magmatism along the Protogine Zone, S Sweden: Three magmatic pulses at 1.56, 1.22 and 1.205 Ga, and regional implications. *GFF*, 128, 303–310.
- Söderlund, U., Isachsen, C. E., Bylund, G., Heaman, L. M., Patchett, P. J., Vervoort, J. D. & Anderson, U. B. 2005: U/Pb baddeleyite ages and Hf, Nd isotope chemistry constraining repeated mafic magmatism in the Fennoscandian Shield from 1.6 to 0.9 Ga. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 174–194.
- Söderlund, U., Patchett, P. J., Vervoort, J. D. & Isachsen, C. E. 2004: The (super 176) Lu decay constant determined by Lu-Hf and U-Pb isotope systematics of Precambrian mafic intrusions. *Earth and Planetary Science Letters*, 219, 311–324.

10 Appendix

Tabell 1. Provnamnngivna efter plats med vikter och pulveranalysresultat. För att få viktat medelvärde multipliceras halter för de olika proven först med vikten. Dessa summeras sedan och divideras med totalvikten av alla prov. $\pm\sigma$ är standardavvikelsen och RSD är den relativa standardavvikelsen, standardavvikelsen dividerat med medel.

Provplats (m)	Vikt (g)	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Ca	K	P
1	153.5	251306	15693	90760	78544	920	57226	14049	5108
4	163.5	257236	10753	96492	63464	864	56782	10639	2864
7	68	232135	12929	82920	82921	1011	55737	10813	3683
17	66.5	228319	11712	85030	84498	990	54453	11452	3762
32	167	246855	13012	94359	89979	1191	52436	11491	3978
37	64.5	241361	12795	90068	89198	1107	52765	12113	4475
47	87	240458	12572	89252	89688	1138	52952	10721	4119
57	96.5	239005	13415	85087	90704	1178	51362	12094	4643
67	122	236700	12900	86564	92285	1143	52028	11489	4339
72	130	238046	11418	76997	82574	1029	52080	10719	3802
87	79.5	241096	11645	89804	87371	1115	52403	11667	4493
97	87.5	244233	11827	91549	89764	1144	50486	11405	4068
Medel	107	241396	12556	88240	85082	1069	53393	11554	4111
$\pm\sigma$		3303	1269	5286	7944	105	2163	937	571
RSD		1%	10%	6%	9%	10%	4%	8%	14%
Viktat medel		243282	12626	88887	83874	1060	53601	11601	4083

Provplats (m)	Vikt (g)	V	Cr	Rb	Sr	Zr	Nb	Ba
1	153.5	512	394	33	418	228	12.22	742
4	163.5	389	582	25	451	154	7.60	561
7	68	425	477	22	415	162	9.24	528
17	66.5	397	492	24	448	163	8.97	515
32	167	435	592	24	412	177	10.04	596
37	64.5	424	587	26	412	180	9.86	525
47	87	433	625	23	415	168	8.93	503
57	96.5	434	580	26	401	185	9.94	419
67	122	433	599	24	411	171	9.84	533
72	130	393	612	31	427	161	8.65	488
87	79.5	402	577	25	417	169	9.30	516
97	87.5	413	616	24	411	168	8.74	474
Medel	107	424	561	26	420	174	9.44	533
$\pm\sigma$		33	70	3	15	19	1	79
RSD		8%	12%	13%	4%	11%	12%	15%
Viktat medel		427	560	26	421	175	9.51	548

Tabell 2. Analyser av standard 2709a.

Standard	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Ca	K	P
2709a	278152	3805	63641	34841	333	20427	18823	0
2709a	285622	3829	67228	35321	407	20545	18900	367
2709a	295219	3761	73942	35309	423	20232	18959	573
2709a	290898	3794	70377	35157	365	20396	18818	399
2709a	294498	3771	74843	34969	436	20187	18744	638
2709a	296766	3838	73583	35087	354	20433	18979	439
2709a	300032	3858	75049	35200	393	20459	19104	330
2709a	300347	3784	76720	35139	394	20188	18753	526
2709a	284137	3842	66717	34984	330	20636	19374	0
2709a	286984	3783	68554	34925	303	20427	18955	290
2709a	288313	3830	68961	35084	335	20517	19184	261
2709a	290486	3794	69975	34966	335	20396	19112	317
2709a	301624	3835	76940	35191	464	20216	18933	486
Medel	291775	3810	71272	35090	375	20389	18972	356
Referensvärden	303000	3360	73700	33600	529	19100	21100	688

Standard	V	Cr	Rb	Sr	Zr	Nb	Ba
2709a	398	173	91	217	141	8.15	954
2709a	399	191	93	221	157	8.26	906
2709a	384	174	92	221	141	7.69	928
2709a	402	172	94	221	137	8.07	934
2709a	377	182	92	218	139	7.61	889
2709a	389	172	93	219	140	8.31	940
2709a	397	180	93	219	138	8.25	933
2709a	387	175	94	222	136	8.87	904
2709a	387	182	91	216	129	8.36	890
2709a	393	180	92	217	130	7.74	875
2709a	395	190	92	218	130	8.90	902
2709a	394	180	91	221	129	7.64	921
2709a	389	165	93	221	162	7.89	920
Medel	392	178	92	219	139	8.13	915
Referensvärden	110	130	99	239	195		979

Tabell 3. Ytanalyser för tre prover på rå och sågad yta. Varje rad är medelvärden av analyser på tio ställen var.

	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Ca	K	P
1 m Rå	275333	10499	112415	70117	797	53294	12912	5631
1 m Sågad	300435	12074	130433	69415	924	56218	14206	5033
4 m Rå	270136	6449	108979	47156	704	55152	10050	2662
4 m Sågad	303671	8677	141451	54711	861	56776	10031	2744
32 m Rå	266604	9039	118758	62947	888	53655	12225	5813
32 m Sågad	285064	10308	128805	71019	1020	50958	13071	5294

	V	Cr	Rb	Sr	Zr	Nb	Ba
1 m Rå	384	404	35	501	147	7.72	963
1 m Sågad	388	343	38	514	170	8.93	1000
4 m Rå	262	432	27	547	116	5.04	721
4 m Sågad	301	553	26	552	106	5.57	744
32 m Rå	297	396	33	581	127	7.12	730
32 m Sågad	329	499	34	562	135	7.14	786

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

256. Arvidsson, Kristina, 2010: Geophysical and hydrogeological survey in a part of the Nhandugue River valley, Gorongosa National Park, Mozambique. (45 hskp)
257. Gren, Johan, 2010: Osteo-histology of Mesozoic marine tetrapods – implications for longevity, growth strategies and growth rates. (15 hskp)
258. Syversen, Fredrikke, 2010: Late Jurassic deposits in the Troll field. (15 hskp)
259. Andersson, Pontus, 2010: Hydrogeological investigation for the PEGASUS project, southern Skåne, Sweden. (30 hskp)
260. Noor, Amir, 2010: Upper Ordovician through lowermost Silurian stratigraphy and facies of the Borenhult-1 core, Östergötland, Sweden. (45 hskp)
261. Lewerentz, Alexander, 2010: On the occurrence of baddeleyite in zircon in silica-saturated rocks. (15 hskp)
262. Eriksson, Magnus, 2010: The Ordovician Orthoceratite Limestone and the Blommiga Bladet hardground complex at Horns Udde, Öland. (15 hskp)
263. Lindskog, Anders, 2010: From red to grey and back again: A detailed study of the lower Kundan (Middle Ordovician) ‘Täljsten’ interval and its enclosing strata in Västergötland, Sweden. (15 hskp)
264. Rääf, Rebecka, 2010: Changes in beyrichiid ostracode faunas during the Late Silurian Lau Event on Gotland, Sweden. (30 hskp)
265. Petersson, Andreas, 2010: Zircon U-Pb, Hf and O isotope constraints on the growth versus recycling of continental crust in the Grenville orogen, Ohio, USA. (45 hskp)
266. Stenberg, Li, 2010: Geophysical and hydrogeological survey in a part of the Nhandugue River valley, Gorongosa National Park, Mozambique – Area 1 and 2. (45 hskp)
267. Andersen, Christine, 2010: Controls of seafloor depth on hydrothermal vent temperatures - prediction, observation & 2D finite element modeling. (45 hskp)
268. März, Nadine, 2010: When did the Kalahari craton form? Constraints from baddeleyite U-Pb geochronology and geo-chemistry of mafic intrusions in the Kaapvaal and Zimbabwe cratons. (45 hp)
269. Dyck, Brendan, 2010: Metamorphic rocks in a section across a Sveconorwegian eclogite-bearing deformation zone in Halland: characteristics and regional context. (15 hp)
270. McGimpsey, Ian, 2010: Petrology and lithochemistry of the host rocks to the Nautanen Cu-Au deposit, Gällivare area, northern Sweden. (45 hp)
271. Ulmius, Jan, 2010: Microspherules from the lowermost Ordovician in Scania, Sweden – affinity and taphonomy. (15 hp)
272. Andersson, Josefin, Hybertsen, Frida, 2010: Geologi i Helsingborgs kommun – en geoturistkarta med beskrivning. (15 hp)
273. Barth, Kilian, 2011: Late Weichselian glacial and geomorphological reconstruction of South-Western Scania, Sweden. (45 hp)
274. Mashramah, Yaser, 2011: Maturity of kerogen, petroleum generation and the application of fossils and organic matter for paleotemperature measurements. (45 hp)
275. Vang, Ina, 2011: Amphibolites, structures and metamorphism on Flekkerøy, south Norway. (45 hp)
276. Lindvall, Hanna, 2011: A multi-proxy study of a peat sequence on Nightingale Island, South Atlantic. (45 hp)
277. Bjerg, Benjamin, 2011: Metodik för att förhindra metanemissioner från avfallsdeponier, tillämpad vid Albäcksdeponin, Trelleborg. (30 hp)
278. Pettersson, Hanna, 2011: El Hicha – en studie av saltstäppsediment. (15 hskp)
279. Dyck, Brendan, 2011: A key fold structure within a Sveconorwegian eclogite-bearing deformation zone in Halland, southwestern Sweden: geometry and tectonic implications. (45 hp)
280. Hansson, Anton, 2011: Torvstratigrafisk studie av en trädstamshorisont i Viss mosse, centrala Skåne kring 4 000 - 3 000 cal BP med avseende på klimat- och vattenståndsförändringar. (15 hp)
281. Åkesson, Christine, 2011: Vegetationsutvecklingen i nordvästra Europa under Eem och Weichsel, samt en fallstudie av en submorän, organisk avlagring i Bellinga stenbrott, Skåne. (15 hp)
282. Silveira, Eduardo M., 2011: First precise U-Pb ages of mafic dykes from the São

- Francisco Craton. (45 hp)
283. Holm, Johanna, 2011: Geofysisk utvärdering av grundvattenskydd mellan väg 11 och Vombs vattenverk. (15 hp)
284. Löfgren, Anneli, 2011: Undersökning av geofysiska metoders användbarhet vid kontroll av den omättade zonen i en infiltrationsdamm vid Vombverket. (15 hp)
285. Grenholm, Mikael, 2011: Petrology of Birimian granitoids in southern Ghana - petrography and petrogenesis. (15 hp)
286. Thorbergsson, Gunnlaugur, 2011: A sedimentological study on the formation of a hummocky moraine at Törnåkra in Småland, southern Sweden. (45 hp)
287. Lindskog, Anders, 2011: A Russian record of a Middle Ordovician meteorite shower: Extraterrestrial chromite in Volkhovian-Kundun (lower Darriwilian) strata at Lynna River, St. Petersburg region. (45 hp)
288. Gren, Johan, 2011: Dental histology of Cretaceous mosasaurs (Reptilia, Squamata): incremental growth lines in dentine and implications for tooth replacement. (45 hp)
289. Cederberg, Julia, 2011: U-Pb baddelyit dateringar av basiska gångar längs Romeleåsen i Skåne och deras påverkan av plastisk deformation i Protoginzonen (15 hp)
290. Ning, Wenxing, 2011: Testing the hypothesis of a link between Earth's magnetic field and climate change: a case study from southern Sweden focusing on the 1st millennium BC. (45 hp)
291. Holm Östergaard, Sören, 2011: Hydrogeology and groundwater regime of the Stanford Aquifer, South Africa. (45 hp)
292. Tebi, Magnus Asiboh, 2011: Metamorphosed and partially molten hydrothermal alteration zones of the Akulleq glacier area, Paamiut gold province, South-West Greenland. (45 hp)
293. Lewerentz, Alexander, 2011: Experimental zircon alteration and baddeleyite formation in silica saturated systems: implications for dating hydrothermal events. (45 hp)
294. Flodhammar, Ingrid, 2011: Lövestads åsar: En isälvsavlagring bildad vid inlandsisens kant i Weichsels slutskede. (15 hp)
295. Liu, Tianzhuo, 2012: Exploring long-term trends in hypoxia (oxygen depletion) in Western Gotland Basin, the Baltic Sea. (45 hp)
296. Samer, Bou Daher, 2012: Lithofacies analysis and heterogeneity study of the subsurface Rhaetian–Pliensbachian sequence in SW Skåne and Denmark. (45 hp)
297. Riebe, My, 2012: Cosmic ray tracks in chondritic material with focus on silicate mineral inclusions in chromite. (45 hp)
298. Hjulström, Joakim, 2012: Återfyllning av borrhål i geoenergisystem: konventioner, metod och material. (15 hp)
299. Letellier, Mattias, 2012: A practical assessment of frequency electromagnetic inversion in a near surface geological environment. (15 hp)
300. Lindenbaum, Johan, 2012: Identification of sources of ammonium in groundwater using stable nitrogen and boron isotopes in Nam Du, Hanoi. (45 hp)
301. Andersson, Josefin, 2012: Karaktärisering av arsenikförorening i matjordsprofiler kring Klippans Läderfabrik. (45 hp)
302. Lumetzberger, Mikael, 2012: Hydrogeologisk kartläggning av infiltrationsvattentransport genom resistivitetsmätningar. (15 hp)
303. Martin, Ellinor, 2012: Fossil pigments and pigment organelles – colouration in deep time. (15 hp)
304. Rådman, Johan, 2012: Sällsynta jordartsmetaller i tungsand vid Haväng på Österlen. (15 hp)
305. Karlstedt, Filippa, 2012: Jämförande geokemisk studie med portabel XRF av obehandlade och sågade ytor, samt pulver av Karlshamnsdiabas. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund