

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING  
BERGGRUNDSGEOLOGISKA OCH GEOFYSISKA KARTBLAD

SKALA 1:50 000

Serie Af · Nr 136

LENNART SAMUELSSON

BESKRIVNING TILL  
BERGGRUNDSKARTAN

GÖTEBORG NO

DESCRIPTION TO THE MAP OF SOLID ROCKS  
GÖTEBORG NO

MED ETT AVSNITT OM GEOFYSIK AV VERNER SØNDERGAARD  
WITH A SECTION ON GEOPHYSICAL ASPECTS BY VERNER SØNDERGAARD



UPPSALA 1985

För information om jordarter och grundvatten hänvisas till jordartskartor (SGU serie Ae) samt hydrogeologiska kartor (SGU serierna Ag och Ah).

Närmare upplysningar erhålls genom

**SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING**

Box 670

751 28 UPPSALA

Telefon 018-179000

eller

Kungsgatan 4

411 19 GÖTEBORG

Telefon 031-176880

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

---

BERGGRUNDSGEOLOGISKA OCH GEOFYSISKA KARTBLAD

SKALA 1:50 000

Serie Af · Nr 136

LENNART SAMUELSSON

**BESKRIVNING TILL BERGGRUNDSKARTAN  
GÖTEBORG NO**

DESCRIPTION TO THE MAP OF SOLID ROCKS

GÖTEBORG NO

MED ETT AVSNITT OM GEOFYSIK AV VERNER SØNDERGAARD

WITH A SECTION ON GEOPHYSICAL ASPECTS BY VERNER SØNDERGAARD

UPPSALA 1985

ISBN 91-7158-345-9  
ISSN 0586-1543

Textkartorna är ur sekretessynpunkt godkända för spridning.  
Lantmäteriverket 1985-11-11.

## INNEHÅLL

Förord .....	4
<b>METODIK OCH BERGARTSINDELNING.</b> Av Anders Wikström .....	5
Inledning .....	5
Metodik .....	5
Lägesbestämningar .....	6
Generaliseringar .....	6
Bergarternas indelning .....	7
Indelning efter ursprung och bildningsmiljö .....	7
Djupbergarter .....	7
Gångbergarter .....	7
Ytbergarter .....	9
Vulkaniter .....	9
Mekaniskt avsatta (epiklastiska) sediment .....	10
Icke-klastiska sediment .....	12
Indelning efter omvandlingsgrad och sammansättning .....	12
Indelning efter ålder .....	15
Övriga termer .....	15
Strukturgeologiska kartan .....	18
Södra Sveriges regionala bergsgeologi .....	19
Litteratur .....	21
<b>BERGGRUNDEN I SYDVÄSTRA SVERIGE.</b> Av Lennart Samuelsson .....	22
Berggrundsenheter .....	22
Den geologiska utvecklingen i området väster om Mylonitzonen .....	25
Litteratur .....	32
<b>BESKRIVNING TILL BERGGRUNDSKARTAN.</b> Av Lennart Samuelsson .....	33
Översikt av kartbladets berggrund .....	33
Bergartsbeskrivning .....	35
Fin- till medelkornig, bandad gnejs .....	35
Äldre plutoniter av tonalitisk till granitisk sammansättning .....	38
Ögongnejs med bandformigt uppträdande .....	43
Yngre tonalit, granodiorit och granit .....	44
Fint medelkornig granit, oftast muskovitförande .....	49
Kalifältspatrika, gnejsiga graniter .....	52
Röd till rödgrå, gnejsig granit med deformerade kalifältspatögon (RA-granit 1) .....	53
Röd till rödgrå, kalifältspatrik och gnejsig granit (RA-granit 2) .....	56
Ögonförande, gråröd granit (Askimgranit) .....	59
Basiska bergarter .....	64
Amfibolit, ultrabasit och metagabbro .....	65
Metabasit i linser, gångar och skivor .....	70
Relationerna mellan kalifältspatrika graniter (RA-granit och Askimgranit) och metabasiter .....	73
Veckteknik och metamorfos .....	75
Sandstensgångar .....	79
Strukturgeologiska kartan .....	80
Göta älvs dalgång .....	82
Nyttosten .....	87
<b>GEOFYSIK.</b> Av Verner Söndergaard .....	90
Bergarternas fysikaliska egenskaper (petrofysik) .....	90
Densitet .....	91
Magnetiska egenskaper .....	91
Tolkning av den flygmagnetiska kartan .....	93
Regionala tyngdkraftsmätningar .....	96
Summary .....	98
Litteratur .....	100

## Förord

Föreliggande beskrivning består av tre delar. Det första avsnittet "Metodik och bergartsindelning" har sammanställts av Anders Wikström vid Sveriges geologiska undersökning, Uppsala. Det innehåller en redogörelse för använda metoder samt en ordlista över geologiska termer. Ordlistan är utarbetad för att täcka de väsentliga behoven för hela södra och mellersta Sverige och innehåller följaktligen en del termer, som ej kommit till användning i denna beskrivning. Det andra avsnittet består av en översiktlig beskrivning av berggrunden i sydvästra Sverige medan den tredje och större delen utgör en beskrivning av berggrunden inom kartbladet Göteborg NO. I respektive bergartsbeskrivning finns ett finstilt parti med redogörelser för mikroskopstudier av bergartens mineral. I ett särskilt avsnitt redogör Verner Søndergaard för de geofysiska förhållandena på kartbladet.

Kartläggningen ägde rum under tiden 1974–1980 under ledning av L. Samuelsson. En väsentlig del av fältarbetet inom kartbladets västra delar har utförts av Inger Lundqvist & Jan Brouzell. I de östra och nordöstra delarna har rekognoceringen utförts av Johan Löfgren. I övriga områden har fältarbeten utförts av Birger Fogdestam, Sven Åke Larson och Ulla Segerstedt. I. Lundqvist har utfört större delen av de mikroskopiska undersökningarna av bergarternas mineralinnehåll. Geofysiska fältarbeten har utförts av Verner Søndergaard.

De flygburna geofysiska undersökningarna har utförts av SGU:s geofysiska avdelning. De kemiska analyserna har gjorts vid SGU:s laboratorier. Renritning av textfigurerna och renskrivning av manuskript har utförts vid SGU:s Göteborgsfilial. Karttekniska arbeten samt redigering har utförts vid SGU:s redaktion i Uppsala.

*Lennart Samuelsson*

# METODIK OCH BERGARTSINDELNING

AV

ANDERS WIKSTRÖM

## Inledning

Af-seriens berggrundskartor i skala 1: 50 000 visar de olika bergarternas utbredning både i håll (berg i dagen) och under lösa jordlager. Kartan framställs med tanke på att ge en allmängeologisk bild av berggrunden. Kartbilden utgör därigenom grundvalen för fortsatta, mer målinriktade arbeten.

## Metodik

De vid karteringen observerade berggrundstyporna kan redovisas på två olika sätt i kartbilden, dels som "häll", dels som "observerad yta av blottat berg". Det första fallet tillämpas, då en jordartskarta i Ae-serien med de "verkliga" hällkonturerna finns tillgänglig. (De på Ae-kartorna redovisade hällytorna kan dock även till en del täckas av ett tunnare jordlager.) I dessa fall överensstämmer alltså hällkonturerna på Af- och Ae-kartorna. När ingen jordartskarta finns tillgänglig, redovisas endast den yta som den karterande berggrundsgeologen undersökt.

Iakttagelser i fält nedtecknas på rekognosceringskartor och i dagböcker. I samband med fältarbetet sker också provtagning av olika bergarter och mineral. Av en del bergartsprover framställs s. k. tunnslip, vilka studeras i mikroskop för närmare bestämning av mineralinnehåll och texturer. Sammansättningen beräknas medelst punkträkning, som innebär att man bestämmer och räknar bergartens mineral i ett visst bestämt rutnät. Kemiska analyser av vissa bergarts- och mineralprover görs även. För att underlätta behandlingen av bergartsanalyserna räknar man ibland om dessa till vissa standardiserade mineral, s. k. normberäkning. Detta kan ske på olika sätt, t. ex. enligt ekvivalentnorm (E)- eller CIPW-norm-modellerna. Bergarternas sammansättning varierar i skiftande grad, varför redovisade analyser kan vara mer eller mindre representativa. Vid sammanställningen av observationerna till en heltäckande karta bidrar resultaten från skilda arbetsmoment till den slutgiltiga bilden. Iakttagelser av strukturer och ytformer i håll och på flygbilder kan nämnas som exempel på några viktiga led i detta arbete. Även resultaten av olika geofysiska undersökningar är av stor betydelse. Detta gäller framför allt i större jordtäckta områden, där meningsfull information

endast kan erhållas med sådana metoder. Genom geofysiska mätningar har man också ibland möjligheter att få ett bättre begrepp om berggrundens tredimensionella uppbyggnad.

För SGU:s kartor i serie Af utförs numera rutinmässigt flygmagnetiska mätningar, vilka redovisas på en särskild karta över den magnetiska totalintensiteten. Andra geofysiska metoder, som gravimetri och seismik, används vanligtvis för speciella problem. I vissa fall bidrar uppgifter från borrhningar till den slutliga kartbilden. Detta gäller framför allt i områden med yngre, fossilförande berggrund. Berggrundskartan är därför en av geologen utförd sammanställning av observationer och tolkningar, baserad på de ovan nämnda metoderna.

Då arbetet med ett kartblad avslutats, arkiveras på SGU primärmaterialet i form av kartor, dagböcker, analysprotokoll, bergartsprov, slipprov m. m.

### Lägesbestämningar

I beskrivningen till kartan brukar varje lägesbestämning åtföljas av en beteckning (siffra plus bokstav), vilken åsyftar den delruta (det ekonomiska kartblad enligt beteckningarna i marginalen på kartan) där lokalen är belägen. För analyserade prover ges även koordinaterna i rikets nät, varvid nord-sydkoordinaten anges först.

### Generaliseringar

Kartan visar en förenklad bild av verkligheten. Detta har bl. a. tekniska orsaker, eftersom bergartskroppar med en yta mindre än  $50 \times 50$  m ( $1 \times 1$  mm i skala 1: 50 000) inte kan redovisas med konturläggning. Dessutom kommer självfallet berggrundskartan att visa en starkt förenklad bild i områden med dåligt blottad berggrund. Generaliseringarna är särskilt påtagliga i de delar av vårt land, där berggrunden är komplext uppbyggd. Det är här inte ovanligt att man kan finna ett flertal olika bergarter på en liten hållyta. För att i någon mån åskådliggöra denna typ av geologi använder man en serie symboler som överbeteckningar på en grundfärg för den dominerande bergarten. Hit hör exempelvis de tecken, som anger förekomsten av granit- och pegmatitgångar, migmatit-omvandling och brottstycken av äldre berggrund i intrusivbergarter (se

s. 18). Symbolerna visar att företeelsen ifråga är representerad i området. De enskilda tecknens betydelse är alltså inte enbart begränsad till den yta de täcker. Ett undantag från denna regel utgör symbolerna för geologiskt betydelsefulla företeelser i mindre dimensioner, t. ex. tunna konglomerathorisonter, tunna diabasgångar och kalkstensskikt liksom ibland tecknen för gruvor och stenbrott. Dessa har vanligen överdrivna dimensioner, men deras läge och orientering avspeglar i möjligaste mån de verkliga förhållandena. Tekniken med överbeteckningar kan dock endast antyda den variation som finns i verkligheten.

### **Bergarternas indelning**

Ursprung, ålder, sammansättning och eventuell grad av omvandling inverkar på bergarternas utseende och egenskaper. För SGU:s berggrundskartor i södra och mellersta Sverige gäller att ursprunget och åldern vanligen ger grundfärgen på kartan. Variationer i omvandlingsgrad och sammansättning inom de olika bergartsgrupperna redovisas med överbeteckningar.

#### **Indelning efter ursprung och bildningsmiljö**

##### **Djupbergarter (bildade på ett visst djup i jordskorpan)**

Djupbergarterna utgör den i Sverige kvantitativt mest betydelsefulla gruppen bland de s. k. eruptiva (magmatiska) bergarterna. Indelningen följer huvudsakligen IUGS:s schema från 1973 (se litteraturförteckningen). Schemat förutsätter att bergartens mineralsammansättning är känd. För de sura och intermediära bergarterna (mer eller mindre rika på kiselsyra) avgörs benämningen av förhållandena mellan kvarts, plagioklas och alkalifältspat enligt fig. 1, vilken är en del av IUGS:s schema. De mörka mineralen, som i de flesta fall är underordnade, beaktas sålunda inte vid denna klassificering. Som framgår av teckenförklaringen till kartorna tas dock ibland hänsyn till halten av mörka mineral vid grupperingen av de olika kartenheterna. Det är nämligen i fält ofta svårt att avgöra förhållandet mellan fältspatkomponenterna.

##### **Gångbergarter**

Många olika typer av bergarter kan uppträda gångformigt utan att namnet härigenom förändras. Man kan t. ex. tala om "granitgångar", "am-

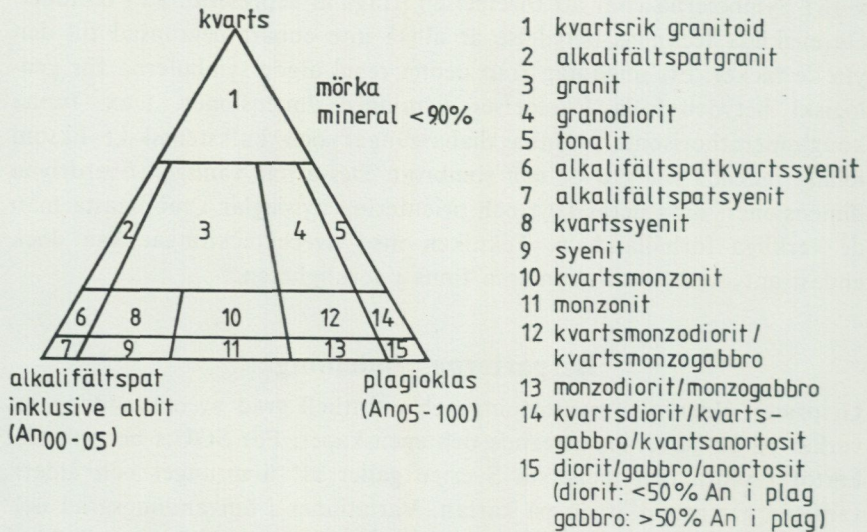


Fig. 1. Indelning av några djupbergarter enligt IUGS 1973.  
*Classification of some plutonic rocks, according to IUGS 1973.*

fibolitgångar” etc. De egentliga gångbergarterna utgör en ganska heterogen grupp med den gemensamma egenskapen att texturen (se s. 17) beror på den för gruppen specifika, relativt ytnära kristallisationsmiljön. Ett gångformigt uppträdande är däremot inte alltid en nödvändig förutsättning.

Några ofta förekommande bergartsnamn i denna grupp är:

- |             |  |
|-------------|--|
| Aplit       | Fin- och jämnkornig (sockerkornig) bergart med granitisk sammansättning och obetydlig halt av mörka mineral.   |
| Aplitgranit | En grövre (medelkornig) variant av aplit associerad med vanlig aplit och pegmatit.   |
| Diabas      | Gångbergart med huvudmineralen plagioklas och pyroxen, vanligen sammanväxta till en s. k. ofitisk textur (se s. 17). Vissa diabaser för även olivin. |
| Gångporfyr  | Samlingsnamn för kiselsyrarika gångbergarter med en porfyrisk textur (se s. 17), där strökornen omges av en tät till finkornig mellanmassa.          |

**Hyperit,** Används för svarta, prekambriiska diabaser (se ovan) i syd-  
hyperitdiabas västra och södra Sverige. Färgen betingas av en ymnig  
pigmentering med mycket små malmkorn.

**Pegmatit** Grovkornig bergart med en speciell textur och med de  
enskilda kornen vanligen större än 1 cm i diameter. När  
namnet används ospecificerat brukar en granitisk samman-  
sättning underförstås. Bergarten är i vissa fall anrikad på  
sällsynta jordartsmetaller, litium, bor, fluor etc.

### Ytbergarter (bildade på jordens yta)

#### Vulkaniter

De vulkaniska bergarterna (vulkaniterna) tillhör gruppen eruptivberg-  
arter (magmatiska bergarter). Klassificeringen bjuder på många svårig-  
heter. Där bergarterna kan studeras i oomvandlat skick (mestadels i  
yngre vulkanområden), är de ofta finkorniga eller glasiga och mineral-  
proportionerna är därför svåra att beräkna. Detta gör att sådana fakto-  
rer som typ av strökorn och färgindex (=halt av mörka mineral) kan  
påverka namngivningen. När mineralfördelningen är känd, följs dock  
IUGS:s indelning från 1980. Detta schema är i princip uppbyggt på  
samma sätt som för djupbergarterna (IUGS 1973). Ett urval av några  
allmänt förekommande vulkaniter och deras sammansättningar ges i

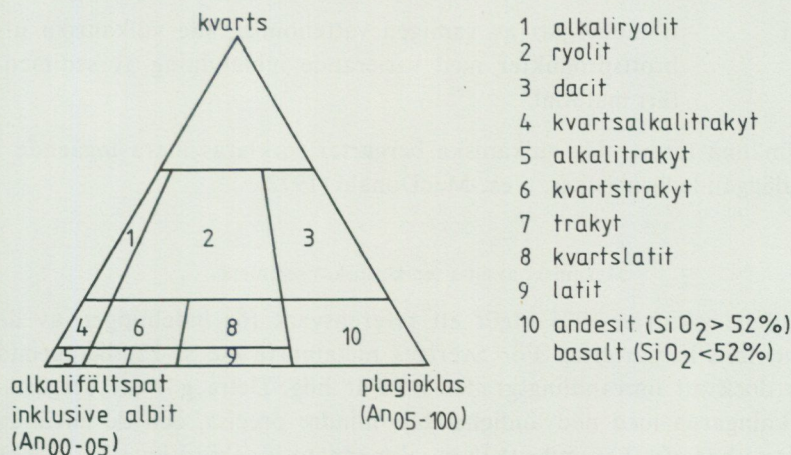


Fig. 2. Indelning av några vulkaniter enligt IUGS 1980.  
*Classification of some volcanic rocks, according to IUGS 1980.*

fig. 2. För en mer detaljerad diskussion om hithörande frågor hänvisas till ovannämnda IUGS-arbeten.

Några vanliga namn med anknytning till vulkaniska processer är:

Agglomerat	Bergart bildad genom konsolidering av bl. a. vulkaniska bomber (explosivt utslungade större lavaklumpar), ofta inbäddade i finkornigt material.
Ignimbrit	Bergart bildad vid en speciell typ av vulkanutbrott (askflöden eller "ash flows"). Den vulkaniska askan har avsatts vid så hög temperatur att den ofta helt eller delvis sammansvetsats till en fast bergart.
Lava	Den smälta som strömmar ut ur vulkaner. Termen används även för den stelnade bergarten.
Porfyr	Allmän term för kiselsyrorika (sura) vulkaniska bergarter med porfyrisk textur (se s. 17). Kan vara lava, tuff eller ignimbrit.
Porfyrit	Som porfyr, men kiselsyrahalten är här lägre. Bergarten är intermediär eller basisk.
Tuff	Bergart bildad genom konsolidering av explosivt utslungad aska.
Tuffit	Blandbergart av vanligen vattenomlagrade vulkaniska utbrottsprodukter med varierande inblandning av sedimentärt material.

Allmänna termer för vulkaniska bergarter förklaras mera ingående i grundläggande läroböcker, t. ex. MacDonald (1972).

#### Mekaniskt avsatta (epiklastiska) sediment

Pettijohns bok från 1975 utgör ett referensverk för indelningen av de sedimentära bergarterna. För Sveriges metamorfa (se s. 12) berggrund gäller dock att omvandlingsgraden ofta är hög. Detta gör att bergartsbeteckningarna med nödvändighet blir mindre precisa, och de använda termerna har ofta kommit att få en allmännare innebörd än i Pettijohns indelning. Följande namn förekommer allmänt:

Arenit	Samlingsnamn för sandstenar och siltstenar (se nedan).
Argillit	Samlingsnamn för bergarter med lerigt ursprung. <i>Pelit</i> används ibland i samma betydelse.
Arkos	Sandsten med ungefär lika proportioner av fältspat och kvarts. Dominerande fältspat är oftast mikroklin.
Fyllit	Metamorf bergart med lerigt ursprung. Glimmermineralen syns vanligen inte för blotta ögat, och skiffrighetsytorna glänser ofta som silke.
Glimmerskiffer	Metamorf bergart med lerigt ursprung, något grövre än fyllit. Glimmermineralen är synliga för blotta ögat och klyvytorna något mer oregelbundna. Termen används även i mera begränsad omfattning för glimmerrika bergarter bildade genom tektonisk nermalning.
Gråvacka	Grå bergart med övervägande sandigt ursprung, en viss lerinblandning och, ibland, bergartsfragment. I omvandlat tillstånd utgörs gråvackan vanligen av en bergart, som domineras av plagioklas, kvarts och biotit.
Konglomerat	Grovkornig bergart bestående av rundade fragment (bollar) (större än 2 mm i diameter) i en finkornigare mellanmassa.
Kvartsit	Metamorf bergart med sandigt ursprung och med mer än 80 vol.-% kvarts. Termen <i>fältspatkvartsit</i> används för bergarter med en kvartshalt mellan 50 och 80 vol.-% och med ringa glimmerhalt. Termen kvartsit (malmkvartsit) har även tillämpats på metasomatiska (se s. 18) produkter förknippade med malmbildning.
Lerskiffer	Lerbergart med mer än 75 vol.-% lerigt material och en karakteristisk klyvbarhet parallellt med lagringen.
Sandsten	Bergart där kornen vid avsättningen huvudsakligen haft sand- eller grovmstorlek (0.2—2.0 resp. 0.06—0.2 mm).
Siltsten	Bergart där kornen vid avsättningen dominerats av kornstorlekar i intervallet grovmjåla — finmo (0.006—0.06 mm).

- Skiffer** Allmänt samlingsnamn för bergarter med perfekt klyvbarhet (skiffrihet). I urberget används termen dock huvudsakligen för bergarter bildade av ett ursprungligen lerigt sediment med låg omvandlingsgrad. När det gäller fjällbergarter har namnet en vidare, huvudsakligen strukturell betydelse.
- Svartskiffer** Kolhaltig skiffer. Kolet utgörs i urberget vanligen av **grafit**.

#### Icke-klastiska sediment

- Kalksten** Sedimentbergart bildad på organisk eller kemisk väg (gäller väsentligen de prekambrika förekomsterna) och huvudsakligen bestående av mineralet kalcit,  $\text{CaCO}_3$ .
- Dolomit** Bergart bildad på samma sätt som kalksten men med huvudmineralet dolomit,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

### Indelning efter omvandlingsgrad och sammansättning

För en stor del av vårt land gäller att både äldre djupbergarter och ytbergarter har omvandlats mer eller mindre intensivt. När omvandlingen gått långt kan bergartens ursprung ibland vara svårt eller omöjligt att fastställa.

Kartan anger i princip ursprungsbergartens namn. Detta är av vikt, eftersom bl. a. de stratigrafisk-tektoniska sambanden mellan lågmetamorfa och högmetamorfa berggrundsavsnitt på så sätt kan åskådliggöras i kartbilden. Prefixet "meta" används när man vill markera att det rör sig om en metamorf (omvandlad) bergart, i de fall detta inte framgår på annat sätt. Att helt frångå de mindre specificerade omvandlingsnamnen har dock visat sig ogörligt. Då namnen använts med något olika betydelse av skilda författare kan det här vara på sin plats att man till viss del klargör deras innebörd i kartbladsbeskrivningarna. Det måste dock poängteras att problemställningarna är av sådan art att en viss individuell variation är ofrånkomlig.

Följande omvandlingsbergarter är vanliga:

- Amfibolit** Regionalmetamorf (se s. 18) bergart med hornblände och plagioklas som dominerande mineral

- Breccia** Bergart med kantiga fragment omgivna av finkornigare material. Breccior kan bildas genom en mängd olika processer, t. ex. sedimentära, vulkaniska eller tektoniska. Dessa namn används som adjektiv när processen är känd.
- Gnejs** Samlingsnamn för omvandlade och deformerade, ofta fältspatrika bergarter. Till skillnad från t. ex. glimmerskiffer spaltar gnejsen upp något grövre, mer oregelbundet.
- Grönsten** Termen har använts i två något skilda betydelser, dels som ett tämligen ospecificerat samlingsnamn för omvandlade basiska bergarter, dels mer specifikt för bergarter med mineral sådana som albit, klorit, aktinolit och epidot. Sistnämnda innebörd tillämpas dock huvudsakligen på förekomster inom fjällkedjan.
- Hornfels** En finkornig bergart bildad genom s. k. kontaktmetamorfos (se metamorfos, s. 18).
- Hälleflinta** Mycket finkornig, kompakt bergart bildad genom omvandling av sura lavar eller askor och med kornstorlek under 0.03—0.05 mm (jfr leptit). Under denna gräns ser bergarten "tät" ut.
- Leptit** Finkornig ytbergart av sur till intermediär vulkanisk sammansättning och med kornstorlek med en undre gräns 0.03—0.05 mm och en övre 0.5—1 mm. Denna definition tillämpas av de flesta geologer i Sverige. Olika restriktioner för namnet har dock införts. Några har ansett att det endast bör beteckna bergarter på en viss stratigrafisk nivå: "leptitfomationen" inom Bergslagen. Även när det gäller betoningen av det eventuella vulkaniska ursprunget har meningarna varit delade. För SGU:s Af-kartor kan rent allmänt sägas att termen leptit i Bergslagen och angränsande områden används för bergarter som har en sammansättning och kornstorlek enligt ovan och dessutom på mer eller mindre starka grunder kan förmodas ha ett vulkaniskt ursprung. Beteckningen leptit omfattar därigenom även bergarter med något oklar genetisk ställning. Att termen lever vidare har delvis historiska orsaker men

beror också på det faktum att några tillfredsställande alternativ inte finns. Bergarterna ifråga är för finkorniga för att kunna kallas gnejser och vanligen för lite skiffriga för att utan vidare kunna benämnas skiffrar. En tendens mot en ökad användning av vulkanitnomenklatur i leptit-områden kan dock spåras.

- Leptitgnejs avser en förgrovad leptit, i vilken den undre gränsen brukar dras vid kornstorlekar 0.5—1 mm. Ursprunget av leptitgnejserna är vanligen ännu mer osäkert än i fråga om de finkornigare leptiterna. Både till utseende och sammansättning kan dessa bergarter ibland likna förgnejsade granitiska djupbergarter. När förgrovningen gått så långt, markeras detta vanligen i kartbilden genom röda likhets-tecken för "granitgnejsomvandling" (kan förekomma också på andra bergartsbeteckningar).
- Metabasit Ospecificerad, omvandlad basisk bergart.
- Migmatit Samlingsnamn för blandbergarter som kan indelas i två huvudbeståndsdelar. Den ena utgörs av gnejser av mer eller mindre blandad karaktär, medan den andra (mobilisatet) kan bestå av granit, pegmatit eller granodiorit. Mobilisatet har oftast uppstått genom partiell uppsmältning av moderbergarten (gnejsen) eller också genom tillskott av material från andra källor. Begreppet används i regional-metamorf miljö. Intrusivbreccior räknas sålunda inte hit.
- Mobilisat Se "migmatit".
- Mylonit En bergart bildad i rörelsezoner genom kraftig nermalning av berggrunden. Mylonit är för det mesta hopläkt och flintliknande.
- Skarn Gammal bergsmansterm för anhopningar av olika silikat-mineral i och kring malmer, ofta i kalkstensmiljö. Vanliga skarnmineral är amfibol, pyroxen och granat.
- Ultrabasit Samlingsnamn för kiselsyrafattiga silikatbergarter, där ofta endast ett mineral dominerar, t. ex. hornblände, olivin eller serpentin.

- Urkalksten Gemensam beteckning för de omvandlade (kristallina) karbonatstenarna inom den svekokarelska (s. 19) bergskedjezonen. Begreppet *marmor* används vanligen synonymt. Detta ges sålunda i många fall inte någon speciell teknisk innebörd.
- Ådergnejs En vanlig form av migmatitstruktur, där det mobiliserade materialet likt blodådror i en kropp genomflätar moderbergarten mer eller mindre parallellt med skiffriheten i denna.

### Indelning efter ålder

Observationer av relativa åldersförhållanden mellan olika bergarter ingår som ett led i fältarbetet. Sådana förhållanden kan markeras av brottstycken av äldre berggrund i intrusivbergarter, av överskärande, intrusiva gångar av en bergart i en annan, av åldersförhållanden i en sedimentär lagerföljd, eller av pålagringskontakter etc. Genom sådana observationer och med hjälp av olika radiometriska åldersbestämningmetoder har man kunnat rekonstruera ett händelseförlopp i berggrundens utveckling, som i vårt land kan följas mer än 2 000 miljoner år bakåt i tiden. Djupbergarternas relativa ålder brukar anges på grundval av deras relationer till bergskedjebildande (orogena) processer. Med denna utgångspunkt får de samlingsnamn som prim- ("tidigt"), syn- ("samtidigt med"), ser- ("sent"), post- ("efter") och an- ("icke") orogena bildningar. Beteckningarna prim- och synorogena har dock, när det gäller den svekokarelska (se s. 19) orogenesen, kommit att användas för en och samma bergartsgrupp. Detta beror på olika geologers något varierande tolkningar av utvecklingen. Även namn som urgranitsviten och gnejsgranitsviten förekommer som samlingsbeteckningar för de äldsta djupbergarterna inom denna orogenes. De bör dock undvikas, eftersom de är oegentliga.

### Övriga termer

Som komplement till den mineralogiska och genetiska klassificeringen förekommer ett antal beskrivande termer, där de viktigaste utgörs av begreppen struktur, textur, kornstorlek och färg. Dessutom förekommer en del namn med mer allmän innebörd, vilka kan behöva en förklaring.

*Strukturtermer* beskriver både primära och sekundära företeelser i berggrunden, vilka huvudsakligen kan studeras i hällskala eller över större ytor. Gränsdragningen mot mer småskaliga företeelser hemmahörande under texturbegreppet är dock något flytande.

Några vanliga termer är:

- |             |   |
|-------------|---|
| Antiform    | Veckad struktur som är konvex uppåt (ryggformad). Kan vara symmetrisk eller asymmetrisk (överstjälp).   |
| Antiklinal  | Samma struktur som antiform, men här har åldersrelationerna i lagerföljden kunnat bestämmas. De yngsta lagren ligger ytterst.   |
| Bandning    | Används ibland för skiktade bergarter utan särskild genetisk betydelse (jfr lagring).   |
| Lagring     | Planstruktur betingad av primära sedimentationsprocesser. Härvid har skikt av olika sammansättning och/eller struktur avsatts på varandra. En del då bildade småstrukturer kan användas vid bestämning av åldersrelationerna i lagerföljden (s. k. lagerföljdsbestämning eller upp- och nedbestämning). |
| Lineament   | En linje i terrängen orsakad av geologiska strukturer och synlig på flyg- och satellitbilder.   |
| Skiffrighet | Planstruktur bildad genom riktat tryck. Betingas vanligen av att skivformade mineralkorn (mest glimmer) ligger parallellorienterade i ett plan.   |
| Synform     | Veckad struktur som är konkav uppåt (trågformad). Kan vara symmetrisk eller asymmetrisk.  |
| Synklinal   | Samma struktur som synform, men här har åldersrelationerna i lagerföljden kunnat bestämmas. De yngsta lagren ligger innerst.  |
| Stänglighet | Allmän linjär struktur. Kallas även lineation. Den vanligaste formen av stänglighet är att långsmala mineralkorn eller mineralaggregat är parallellorienterade i en viss riktning (= stänglighetens riktning).  |

**Veckaxel** En tänkt linje kring vilken en planstruktur (lagring eller skiffrihet) har veckats.

*Texturtermer* anger de enskilda mineralkornens förhållanden till varandra. Följande termer är vanliga:

**Ofitisk** Textur karakteriserad av listformade plagioklaskorn inneslutna i större pyroxenkristaller. Texturen förekommer oftast i diabaser.

**Porfyrisk** Denna textur innebär att större mineralkorn är omgivna av finkornig eller tät mellanmassa. Termen används i samband med såväl vulkaniter som djup- och gångbergarter.

**Porfyroblastisk** Termen används för en omvandlad bergart, där något eller några mineral (t. ex. mikroklin, granat eller andalusit) har växt till större kornstorlek än mellanmassan.

**Poikilitisk** Termen betyder att ett mineral har talrika inneslutningar av något eller några främmande mineral. Har det omslutande mineralet bildats sekundärt, talar man om poikiloblastisk textur.

**Ögonförande** Populärbeteckningen för granitiska bergarter med större strökorn, vanligen av kalifältspat. Något avseende brukar dock inte fästas vid formen, trots att termen ursprungligen har använts för deformerade (pressade), lins- eller ögonformade kristallaggregat.

*Kornstorlek.* Följande klassindelning tillämpas:

< 0.05 mm	tät
0.05—0.5 mm	mycket finkornig
0.5—1 mm	finkornig
1—3 mm	medelkornig
3—5 mm	grovt medelkornig
> 5 mm	grovkornig

*Färg.* Någon standardisering när det gäller färgbenämningar av bergarter är svår att genomföra. Dels är färgbegreppet som sådant subjektivt, dels kan en bergart vara uppbyggd av flera olika färgade mineral. Principen i uppbyggnaden av blandfärgsbenämningar ges av exemplet röd—gråröd—rödgrå—grå.

*Diverse allmänna termer*

Basisk	Anger att en eruptivbergart har mellan 45 och 52 % SiO <sub>2</sub> .
Intermediär	Anger att en eruptivbergart innehåller mellan 52 och 66 % SiO <sub>2</sub> .
Intrusion	Sker när en magma tränger in i äldre berggrund (adj. intrusiv).
Metamorfos	Den mineralogiska och strukturella omvandling som fasta bergarter kan genomgå efter sin bildning (innehåller inte vittringsprocesser). <i>Regionalmetamorfos</i> innebär omvandling över ett större område. <i>Kontaktmetamorfos</i> kan ske genom lokal upphettning av berggrunden i gränzonen till en magmaintrusion.
Metasomatos	Termen anger att kemiskt aktiva lösningar eller gaser har passerat genom ett berggrundsavsnitt, som därigenom fått sin sammansättning förändrad.
Sur	Anger att en eruptivbergart innehåller mer än 66 % SiO <sub>2</sub> .
Ultrabasisk	Anger att en eruptivbergart innehåller mindre än 45 % SiO <sub>2</sub> .

**Strukturgeologiska kartan**

På den strukturgeologiska kartan redovisas sprick- och förkastningsmönster, skiffrighets- och stänglighetsmätningar, gångar av diabas och ibland även andra bergarter. Vidare anges eventuella stortektoniska strukturer som syn- och antiformer etc. Sprickorna och förkastningarna har huvudsakligen iakttagits som s. k. lineament (morfologiska linjer) på flygfotografier, men även resultat av fältobservationer brukar ingå i det redovisade materialet. Linjerna har bl. a. dragits där det förekommer raka dalgångar eller raka myrstråk, sjökonturer och "trappsteg" i terrängen.

På grund av jordtäckning kan berggrunden oftast inte observeras under de morfologiska linjerna. Erfarenheter från t. ex. tunnelarbeten tyder dock på att berget under sådana linjer kan vara krossat och sprickigt. Krossning i mer oregelbundna zoner framträder dock inte så väl på flyg-

fotografier. Sådana zoner har dock vanligen en mera begränsad utsträckning.

Förkastningsbeteckning används endast där man kunnat konstatera en förskjutning i höjd- och/eller sidled (morfologiskt eller geologiskt).

### Södra Sveriges regionala berggrundsgeologi

Fig. 3 visar den del av jordens utveckling då några olika berggrunds-enheter i Sverige bildades.

I mycket grova drag framgår huvudenheter i de södra delarna av vårt lands berggrund ur fig. 4. (Svekokarelium är namnet på den bergskedjebildande process eller orogenes, vilken gett upphov till merparten av bergarterna i det avgränsande området på bilden.)

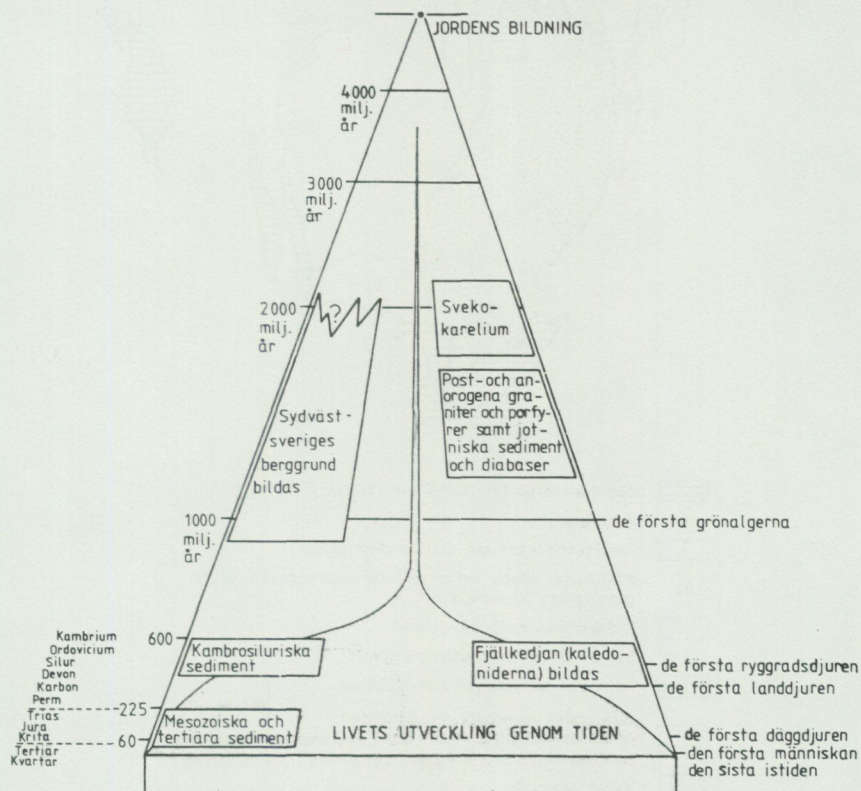


Fig. 3. Några enheter av södra Sveriges berggrund i förhållande till jordens utveckling.  
Some bedrock units of southern Sweden.

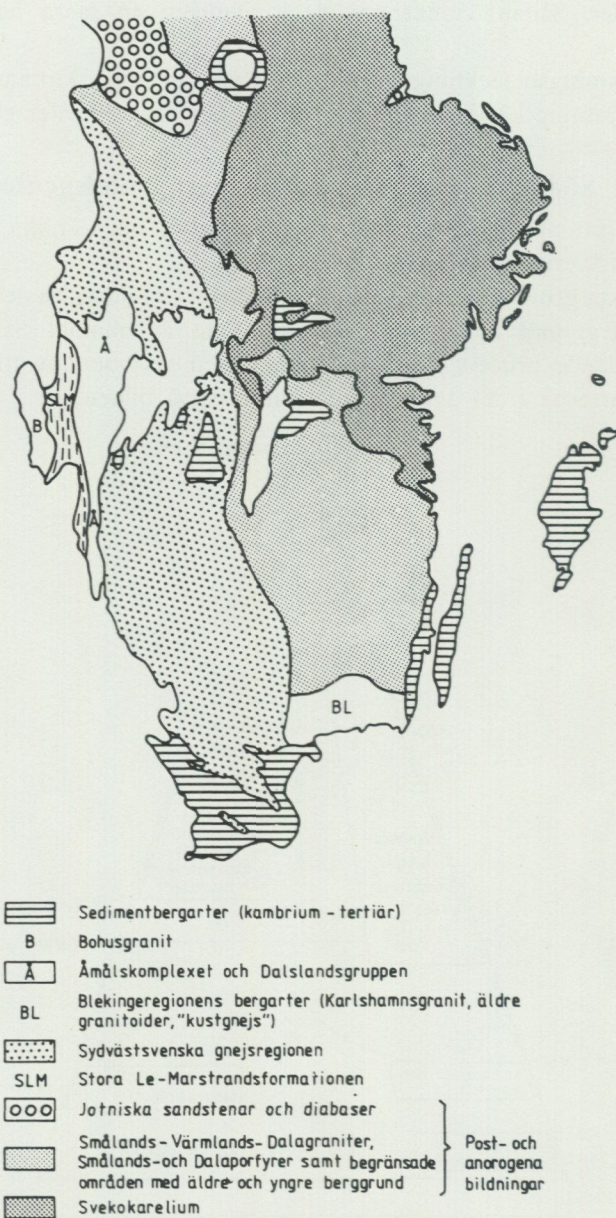


Fig. 4. Indelning i stora drag av södra Sveriges berggrund.  
 Outline of the bedrock of southern Sweden.

## LITTERATUR

SGU=Sveriges geologiska undersökning.

IUGS SUBCOMMISSION ON THE SYSTEMATICS OF IGNEOUS ROCKS. 1973: Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. Recommendations. — N. Jb. Miner. Mh. 1973, H4, 149—164.

— 1980: Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites and Melilitic Rocks. — Geologische Rundschau 69, 194—207.

LOBERG, B., 1980: Geologi. Material, processer och Sveriges berggrund. Andra uppl. — Norstedts.

LUNDEGÅRDH, P. H., 1980: Stenar i färg. Sjunde uppl. AWE/Gebers.

— LUNDQVIST, J., och LINDSTRÖM, M., 1978: Berg och Jord i Sverige. Femte uppl. — Almqvist och Wiksell läromedel.

LUNDQVIST, Th., 1979: The Precambrian of Sweden. — SGU C 768.

MACDONALD, G., 1972: Volcanoes. — Prentice-Hall, New Jersey.

PETTIJOHN, F. J., 1975: Sedimentary rocks. Tredje uppl. — Harper.

RITTMANN, A., 1952: Nomenclature of volcanic rocks. — Bulletin Volcanologique H 12, 75—102.

# BERGGRUNDEN I SYDVÄSTRA SVERIGE

Av

LENNART SAMUELSSON

Den sydvästsvenska berggrunden bildades under en geologiskt sett mycket lång tid. Områdets geografiska begränsning utgörs åt öster och nordöst av gränslinjen mot ett sammanhängande bälte av graniter, de så kallade Småland-Värmlandsgraniterna (fig. 5). I gränzonen blev berggrunden deformerad under återkommande perioder av rörelser mellan de båda områdena. Detta gör att de ursprungliga kontaktförhållandena mellan det östra blocket innehållande Småland-Värmlandsgraniterna samt ett mindre parti svekokarelska bergarter vid Töreboda, och det västra blocket med den sydvästsvenska berggrunden är svåra att säkert fastlägga. Den starkt tektoniserade gränzonen fortsätter åt söder in i Skåne där den kan spåras som ett övertvårande mönster i de skånska horstarna. I detta sydliga område skiljer förskiffringszonen (= protoginzonen) den sydvästsvenska berggrunden från den speciella berggrundsprovins som finns i Blekinge.

Åt söder och sydväst begränsas regionen av förkastningarna med nordväst-sydvästlig sträckning genom Skåne.

Åt norr och väster fortsätter det sydvästsvenska bergartsmönstret in i Norge tills det avbryts av fjällkedjans betydligt yngre bergarter. Den permiska gravsänkan i Osloområdet utgör ett avbrott i urbergets kontinuitet mot väster. Södra Norges växlingsrika berggrund synes dock i huvudsak vara bildad under samma period som berggrunden i sydvästra Sverige.

## Berggrundsenheter

Inom den i det föregående skisserade geografiska enheten kan de bergbildande processerna förmodas ha inletts för ca 2 000 miljoner år sedan och avslutats i och med Bohusgranitens kristallisation för 900 miljoner år sedan. Eftersom hela området under åtminstone större delen av denna period utgjort en enhet, kan man alltså vänta sig att finna bergarter bildade vid olika tider inom nämnda intervall spridda över hela området.

Nuvarande, ofullständiga, kännedom om regionens berggrund ger anledning till uppdelning i nord-sydligt utsträcka enheter. Inom varje del

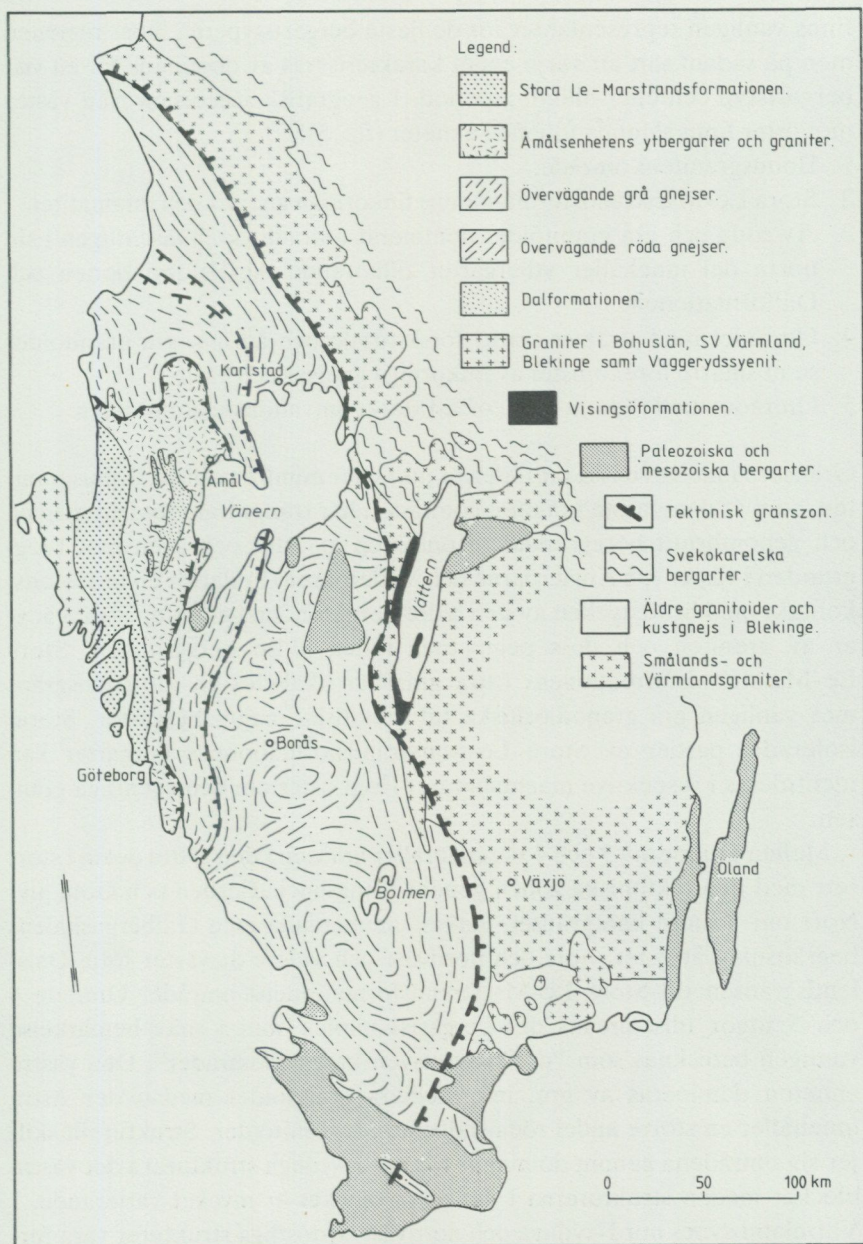


Fig. 5. Karta över berggrunden i sydvästra Sverige. Efter Magnusson m.fl., 1960.  
 Map of the Pre-Quaternary rocks of south-western Sweden. From Magnusson et al. 1960.

finns vanligen representanter för de flesta bergartstyperna inom regionen men på sådant sätt att varje enhet karakteriseras av dominans för en viss bergartstyp och/eller bildningsperiod. I geografisk succession från väster mot öster finns sålunda följande enheter (fig. 5):

1. Bohusgranitens område.
2. Stora Le–Marstrandsformationens finkorniga gnejser och migmatiter.
3. Av röda och grå granitoider dominerat område, som väsentligen i sin norra del innehåller ytbergarter tillhörande Åmålsformationen och Dalformationen.
4. Området med stråkvis starkt förskiffrade och ådriga, grå granitoider samt smärre förekomster av finkorniga gnejser och basiter.
5. Området med röda och grå, oftast starkt omvandlade granitoider.

Gränserna mellan dessa områden är mer eller mindre tydliga. Bohusgraniten, som är den yngsta graniten i området, har trängt fram som en magma och genombrutit berggrunden. Kontakten åt öster och även mot berggrunden i väster (på Kosteröarna och Väderöarna) är därför en intrusionskontakt med brottstycken av den äldre berggrunden i graniten samt gångar av graniten och dess pegmatiter i den äldre berggrunden. Stora Le–Marstrandsformationens östra gräns är likaledes en intrusionsgräns mot vanligen grå granodioritiska till granitiska magmabergarter. Stora, isolerade, partier av Stora Le–Marstrandsformationens bergarter kan identifieras i respektive magmabergart långt öster om den egentliga gränsen.

Mellan grupperna 3 och 4 sammanfaller gränsen i den södra delen i stort sett med den tektoniska zonen genom Kungsbackafjorden och Göta älv. Norr om Vänern kan gränsen tänkas sammanfalla med Gillbergaskålens begränsning åt öster, norr och nordväst och vidare åt väster följa Dalslandsgränsen till Stora Le–Marstrandsformationens område. Område 4 och 5 utgör tillsammans det bergartskomplex som i snäv bemärkelse vanligen betecknas som ”det sydvästsvenska gnejsområdet”. Den västra enheten domineras av grå, intermediära granitoider medan den östra innehåller en större andel röda, fältspatrika granitoider. Strukturellt skiljer sig områdena genom dominans för nord–sydliga strukturer i det västra blocket medan strukturerna i det östra blocket är mycket varierande. I Värmland synes nord–sydliga och nordväst–sydöstliga strukturer vara förhärskande medan Västergötland, Småland och Halland domineras av öst–

västliga strukturriktningar. Gränsen mellan de båda områdena utgörs av en starkt deformerad (förskiffrad och mylonitiserad) zon (Mylonitzonen). Denna kan följas från sjön Mjösa i Norge till Hallandskusten några mil norr om Varberg (fig. 5).

Blekinge med angränsande del av nordöstra Skåne bildar en speciell berggrundsenshet öster om den stora nord-sydliga förskiffringszonen som skiljer Småland-Värmlandsgraniterna från sydvästra Sveriges berggrund.

### **Den geologiska utvecklingen i området väster om Mylonitzonen**

Pågående kartläggning av berggrunden i de välexponerade kustområdena i södra och mellersta Bohuslän i kombination med radiometriska dateringar har möjliggjort en schematisk uppställning i tabell 1 av det geologiska händelseförloppet i Bohusläns berggrund. Vägledande för schemats uppställning har varit identifikationen av fyra grupper av volymmässigt betydelsefulla intrusioner (A-D, fig. 6). Dessa grupper är skilda från varandra av regionalt verkande metamorfoser och deformationer (= veckningar).

Den äldsta delen av berggrunden består av relativt finkorniga gnejser med ofta tydlig lagerformad växling mellan ljusa och mörka led. Lagerupbyggnaden och kornstorleken anger att dessa bergarter bildats vid jordytan och benämns ytbergarter. Sammansättningen i de olika lagren omtalar att huvuddelen utgjorts av sediment avsatta i havet. Dessutom ingår basiska vulkaniska bergarter som bildats på eller nära sedimentationsytan. De bergskedjebildande processer, som följde, åstadkom veckningar och omvandlingar (metamorfos) av de tidigare horisontellt lagrade ytbergarterna.

Större delen av dessa, de äldsta ytbergarterna, finns nu inom Stora Le-Marstrandsformationens område. Ytbergarter, som likaledes utgör det äldsta inslaget i berggrunden, finns dessutom i de andra enheterna men där som arealmässigt underordnade komponenter.

Av de hittills identifierade magmatiska djupbergarterna är en differentierad svit av gabbro, ultrabasit och anortosit äldst. Sådana bergarter har påträffats i samtliga geologiska enheter utom i Bohusgranitens område. Det är dock ej säkert att dessa bergarter representerar samma bildningsperiod.

En kristallisation av stora volymer intermediära till sura magmor mar-

TABELL 1. Den geologiska utvecklingen i Bohuslän, sydvästra Sverige.  
*Sequence of events in Bohuslän, south-western Sweden.*

	Bergart/Metamorfos	Ålder, milj. år	Deformation	
Intrusiv- grupp A	Stora Le-Marstrandforma- tionen; gråvackor + basisk (- sur) vulkanism Gabbro och basiska gångar Tonalit - granit	1700??		
	1:a åderbildning amfibolitfacies	Mig 1	D 1	Regional veckning; F 1 penetra- tiv förskifring
B	Tonalit - granit (Rönnäng) Gabbro; diorit-ultramafit Äldre ögongranit (RA-granit) Trondhjemit	1650		
	2:a åderbildning amfibolitfacies	Mig 2	D 2	Regional veckning; F 2 Svag förskifring; S 2
M	Gångar; basiska - interm. - sura			
	Migmatitbildning, neosomgranit, omkristallisation	Mig 2+		Rörelser parallellt S 2 ger diktyonitisk struktur i migma- titen
C	Gångar; granodiorit - peg- matit Gabbro → diabas - yngre ögongranit (Askimgranit) Diabas	1400		
	Gångar; granit - pegmatit (Ursand- och Håstefjords- granit Kosterdiabas	1220)		
	(Svekonorvegium) amfibolitfacies, ådring (svag), omkristallisation	Mig 3	1090	D 3 F 4/F 5 F 6 Förskifring; S 3 Stråkvis omfattande chevron- veckning med 2 set "crenulation- cleavage". Lokala kink-veck och smärre förkastningar
D	Bohusgranit + pegmatit Norit + anortosit, diabas	890		

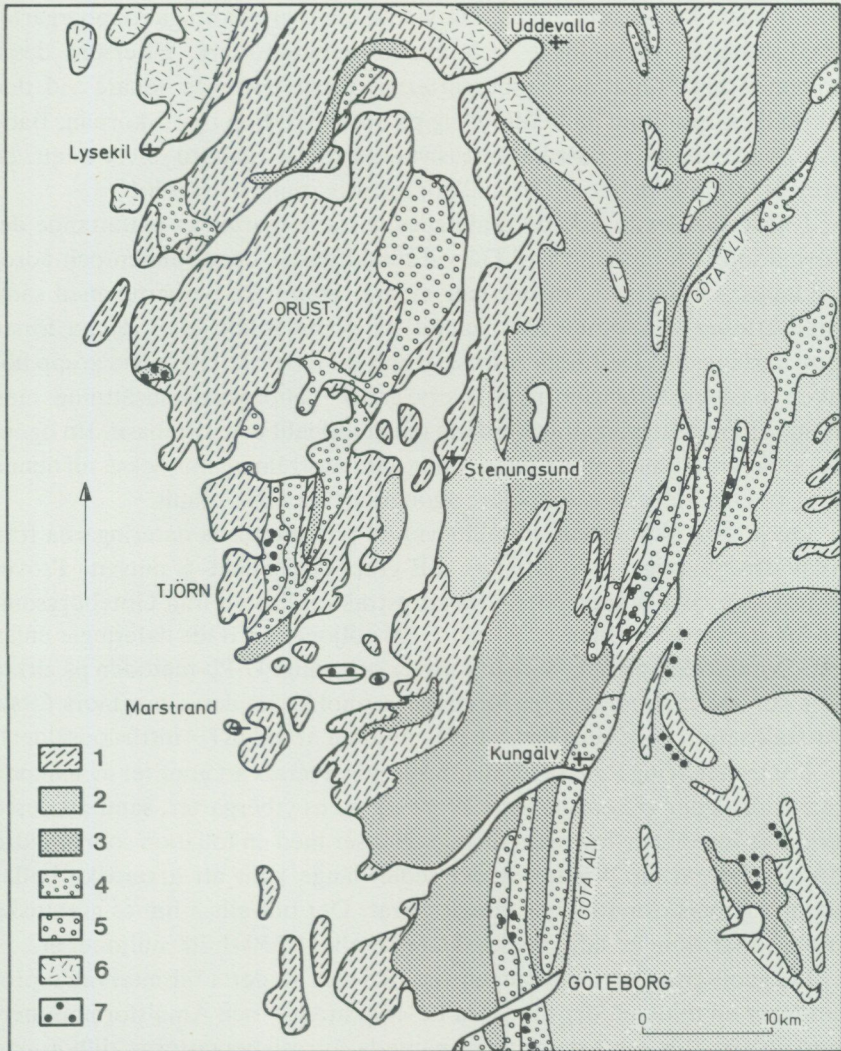


Fig. 6. Berggrundskarta över södra Bohuslän: 1 = Stora Le-Marstrandformationen ytbergarter (Åmålformationen ytbergarter öster om Uddevalla); 2 = tonalit-granit, A-gruppen; 3 = tonalit-granit, B-gruppen; 4 = äldre ögongranit (RA-granit), B-gruppen; 5 = yngre ögongranit, C-gruppen; 6 = Bohus-Iddefjordsgranit och pegmatit, D-gruppen; 7 = basiska intrusiv av olika åldrar. Den tektoniska zonen vid Göta älv följer i stort sett älvens lopp.

*Lithological map. 1 = Stora Le-Marstrand supracrustal rocks (Åmål supracrustals east of Uddevalla); 2 = tonalite-granite, A-group; 3 = tonalite-granite, B-group; 4 = older augen-granite, B-group; 5 = younger augen-granite, C-group; 6 = Bohus-Iddefjord granite and pegmatite, D-group; 7 = basic intrusives of different ages. The Göta älv shear zone is outlined by the course of the river.*

kerar nästa fas i utvecklingen. Därvid bildades grovkorniga djupbergarter med tonalit-, granodiorit- och granitsammansättning. Eftersom dessa magmor har trängt in i ytbergarterna, måste även de senare vid den aktuella tidpunkten ha befunnit sig på ansenligt djup i jordskorpan. Både de ovan nämnda basiska intrusivbergarterna (gabbro etc.) samt de tonalit-granitiska bergarterna tillhör intrusivgrupp A i tabell 1.

I nästa utvecklingskede drabbades dessa bergarter av omfattande deformation och metamorfos. Därvid förskiffrades berggrunden och ådror bildades. Omfattande intrusioner av grå, granitiska bergarter med sammansättning varierande från tonalit till granit följde efter denna första omvandlingsfas. De tillhör intrusivgrupp B i tabell 1. Till denna grupp hör även basiska bergarter med övervägande gabbrosammansättning men med sammansättningen varierande mellan tonalit och ultrabasit. En ögonförande granit med oftast relativt hög gammastrålning hör också till denna grupp. Den betecknas som äldre ögongranit eller RA-granit.

De högsta åldrar, som erhållits vid de radiometriska dateringarna från sydvästra Sverige, har erhållits i B-gruppens tonalit-granitvit. Prover från Uddevalla-Vänerns-Grästorpstrakten liksom från Göteborgsområdet ger värden mellan 1 550 och 1 700 miljoner år. Både dateringar enligt Rb-Sr-metoden på hela bergartsprover och enligt U-Pb-metoden på zirkoner ger sådana åldrar. Det förefaller sannolikt att dessa magmors första kristallisation ägde rum för ca 1 650 miljoner år sedan (= intrusionsålder).

I området kring Åmål i Dalsland har observerats att graniter av nämnda intrusionsålder genomslår Åmålsformationens ytbergarter, samt att dessa graniter innehåller fragment av ögongnejser med en foliation som är äldre än värdbergarten. Vidare är det sedan länge känt att granitiska bollar ingår i Åmålsformationens konglomerat. Det bör alltså finnas granitiska intrusioner, som är äldre än de från intervallet 1 550–1 700 miljoner år.

De geologiska sammanhangen visar således att detta tidsintervall representerar en minimiålder för Stora Le-Marstrands- och Åmålsformationernas ytbergarter samt de tidigare nämnda intrusivbergarterna tillhörande A-gruppen. Åldersförhållandet mellan Stora Le-Marstrandsformationen och Åmålsformationen är däremot ej entydigt avläsbart från föreliggande geologiska beskrivningar.

Efter kristallisationen av B-gruppens djupbergarter följde en andra omfattande deformation och omvandlingsperiod. Berggrunden i Bohusläns välexponerade kustområde visar tydligt att det är under denna andra

bergskedjebildningsperiod som huvuddelen av dess slutliga strukturer bildades. I andra områden i den sydvästsvenska berggrunden kan andra omvandlingsperioder betyda mer för bergarternas nutida utseende.

En komplikation under den andra omvandlingsperioden är uppträdandet av basiska till sura gångbergarter. Dessa gångar skär tidiga veckstrukturer och ådror bildade under den andra omvandlingsperioden (Mig 2). Gångarna är själva påverkade av en omkristallisation och åderbildning (neosom), som följer på den andra omvandlingsperioden utan introduktion av någon ny veckningsdeformation. Då de basiska gångarna ej kan vara ett resultat av omvandlingsprocesserna måste ett avbrott i den metamorfa utvecklingen ha ägt rum vid gångarnas bildning. Eftersom gångarna, ehuru tämligen vanliga i vissa stråk, ej upptar några betydande volymer har de ej räknats som en egen intrusionsgrupp av samma dignitet som övriga granitbatolitdominerade grupper. De har därför betecknats som M-gångar. Beteckningen syftar på deras ställning mellan två faser i en metamorf utveckling (Mig 2 och Mig 2+).

I Göta älv-stråket liksom sannolikt även i Mylonitzonen skedde mylonitiserande deformationer i tidsintervallet mellan B- och C-gruppernas intrusioner. Det är också fullt möjligt att Protoginzonen var tektoniskt aktiv i detta skedde.

C-gruppens intrusiv utgör en synnerligen komplex grupp, som synbarligen intruderat under ett långt tidsintervall, vilket var fritt från veckningsdeformationer i berggrunden. Hästefjord- och Ursandsgraniterna i närheten av Vänersborg är de yngsta daterade C-gruppintrusiven (ca 1 220 miljoner år). De ingår i underlaget till Dalformationens sediment. De dateringar som hittills gjorts på graniter, som genomslår den något äldre Kappeboformationen (inklusive Ellenöformationen), antyder att Kappeboformationen kan vara ca 200 miljoner år äldre än Dalformationen. Med hänsyn till att inga spår av ytterligare en regionalt verkande metamorfos har iakttagits mellan intrusionen av den yngre ögongraniten på Tjörn och Orust (1 400 Ma) och Hästefjord-Ursandsgraniterna vid Vänersborg (1 220 Ma) förefaller detta fullt möjligt.

Yngre ögongranit, i Göteborgsområdet benämnd Askimgranit (tabell 1), är en viktig C-grupp bergart i kustbandet från Onsalahalvön och norrut. Den har gett en ålder på ca 1 360 miljoner år vid datering enligt U-Pb-metoden. Viktiga medlemmar i C-gruppens intrusiv är gabbro och diabas. Den senare uppträder samtidigt med den yngre ögongraniten och

bildar intressanta blandbergarter och 'breccior' med denna.

Eftersom C-gruppens bergarter är vanliga inom regionen och ej deformerade före sedimentationen av Dalformationen kan de användas för att åtskilja geologiska händelser som är äldre respektive yngre än Dalformationen. De senare är alltså bildade under den Svekonorvegiska bergskedjebildningen (orogenesen). Särskilt viktiga i detta sammanhang är de mörka amfibolitgångar som från Asklunds klassiska beskrivning är kända som 'Kostergångarna'.

Dalformationens sedimentbergarter har bildats i grundhavsmiljö över en kontinental jordskorpa. De är relativt starkt deformerade av vecknings-, överskjutnings- och förkastningsrörelser men synes i stort sett befinna sig i sedimentationsläget. Lagerpackens mäktighet är 1 500–2 000 m och dess utformning varierar något i olika delar av sedimentationsbasängen, men kan dock sägas ha följande schematiska uppbyggnad: underst ligger basal arkos och konglomerat samt kvartsitisk sandsten, därpå följer delvis kalkhaltig lerskiffer och kvartsitisk sandsten med tre nivåer av metaspilit (basiska lavabergarter). En mer än 500 m mäktig kvartsit bildar övergång till det översta ledet, som benämns Lianeskiffer och som oftast har gråvacke- till arkossammansättning.

Dalformationens nuvarande utbredning är i hög grad betingad av deformationer som drabbade berggrunden i slutfasen av sedimentationsperioden. Dessa rörelser ledde till veckning, överskjutningar och förkastningar både i Dalformationen och i dess underlag. I detta sammanhang skedde även en allmän temperaturhöjning i den sydvästsvenska berggrunden. Intensiteten i denna metamorfosperiod (= svekonorvegiska regenerationen) kan lättast avläsas i Dalformationens bergarter. I huvudsak synes denna metamorfos ligga i s.k. grönskifferfacies ehuru lokalt högre facies kan ha förelegat. Metamorfosstudier av C-gruppens bergarter på Orust visar klart att den svekonorvegiska metamorfosen där ägde rum i mellersta amfibolitfacies. Omvandlingen var tillräckligt stark för att störa den etablerade K-Ar-jämvikten i glimmern inom hela den sydvästsvenska regionen (väster om Småland-Värmlandsgraniterna). Detta är orsaken till att radiometriska dateringar enligt K-Ar-metoden ger åldrar omkring 1 000 miljoner år, vilket alltså representerar tiden för den svekonorvegiska regenerationen.

De spänningar i jordskorpan som ledde till vecknings-, överskjutnings- och förkastningsrörelser i Dalformationen har även satt spår i den äldre

berggrunden utanför Dalsland. Det är dock i allmänhet svårt att säkert fastlägga, vilka deformationer som är att tillskriva just denna period. I den s. k. Mylonitzonens sträckning inom kartbladet Göteborg SO har det varit möjligt att iakta en yngre mylonitisering, som i detalj diskordant skär igenom den äldre myloniten. Det har även konstaterats att denna yngre mylonitisering står i strukturellt och därmed även i tidsmässigt samband med en lokalt betydande muskovitbildning. Det kan antas att de deformationer, som gett upphov till den yngre myloniten, har utbildats samtidigt med Dalformationens veckning och metamorfos. Det är i varje fall möjligt att konstatera att en pegmatitgeneration slår igenom även de yngre mylonitstråken. Pegmatiterna tillhör sannolikt den regionalt betydelsefulla pegmatitgeneration som ger U-Pb-åldrar kring 900 miljoner år och alltså tillhör Bohusgranitens intrusionsperiod.

Bohusgraniten har med U-Pb- och Rb-Sr-metoderna daterats till ca 900 miljoner år. Samma ålder och samma petrografiska karaktär har de mindre massiv av granit (Blomskogsganit) som finns i sydvästra Värmland. Blomskogsganitens pegmatiter slår igenom Dalformationens metamorfoserade bergarter och ger alltså en minimiålder på den svekonorvegiska regenerationen. Anmärkningsvärt är att pegmatiter av samma ålder finns spridda över större delen av sydvästra Sverige.

I och med dessa pegmatiters bildning upphörde den egentliga urbergsperioden. Mellan 900 miljoner år och 600 miljoner år skedde en höjning av jordskorpan i Sydvästsverige. Samtidigt eroderades berggrunden ständigt så snart den kom över havsnivån. Under perioden 900–600 miljoner år kom 5–10 km av jordskorpan att eroderas bort och deponeras i dåtida hav. Denna ansenliga höjning kunde ej ske utan sprickbildningar i jordskorpan. Genom de större sprickorna trängde magma från de övre delarna av jordens mantel ända upp till den dåvarande markytan. Sådana magmafyllda sprickor bildar nu mörka diabasgångar, som skär rakt igenom de äldre berggrundsstrukturerna. De största gångarna har VNV-ÖSÖ-riktning och finns på Hisingen. Paleomagnetiska undersökningar visar att dessa diabasgångar sannolikt är mellan 800 och 900 miljoner år gamla.

För ca 600 miljoner år sedan avlöstes jordskorpehöjningen av en sänkning. Så snart den av erosionen utplanade bergytan kom under havsnivån, började sediment avsättas därpå. Ur dessa sediment bildades bergarter som nu finns bl. a. i Västgötaberget och i Skåne. I urbergssprickor långt

utanför Västgötaberget har både sandsten, alunskiffer och kalksten påträffats. Detta indikerar att de kambrosiluriska sedimentbergarterna täckt större delen av sydvästra Sverige.

Diabaser av permokarbonisk ålder (ca 280 miljoner år) finns som erosionsskyddande täcken på Västgötaberget. Av samma ålder är gångar av diabas och rombporfyr i västra delen av Bohuslän, liksom diabasgångar i Skåne. Yngre diabasgångar och förkastningar finns registrerade i Skåne. Även i Västgötabergets lagerserie och permokarboniska diabaser har relativt unga förkastningar kunnat konstateras.

### LITTERATUR

GFF = Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar  
SGU = Sveriges geologiska undersökning

Ovanstående avsnitt är en sammanställning av äldre och nyare undersökningar i sydvästra Sverige. Referenslitteraturen är omfattande och finns upptagen i bland annat:

GORBATSHEV, R., 1971: Aspects and problems of Precambrian geology in western Sweden. — SGU C650.

LUNDOVIST, Th., 1979: The Precambrian of Sweden. — SGU C768.

LUNDEGÄRDH, P.H., 1980: The gneissic granites and allied rocks in central and northwestern Värmland, western Sweden. — SGU C777.

SAMUELSSON, L., 1980: Major features of the Proterozoic of the Göteborg region, Sweden. — GFF 102, 141–144.

SAMUELSSON, L., och ÅHÄLL, K.I., 1985: Proterozoic development of Bohuslän, south-western Sweden. / Tobi & Touret: The Deep Proterozoic crust in the North Atlantic Provinces, 345–357. — D. Reider Publishing Company.

WELIN, E., 1980: Tabulation of recalculated radiometric ages published 1960–1979 for rocks and minerals in Sweden. — GFF 101, 309–320.

WELIN, E., GORBATSHEV, R., och KÄHR, A.-M., 1982: Zircon dating of polymetamorphic rocks in south-western Sweden. — SGU C797.

## BESKRIVNING TILL BERGGRUNDSKARTAN

Av

LENNART SAMUELSSON

### Översikt av kartbladets berggrund

Berggrunden på kartbladet Göteborg NO utgör en direkt fortsättning av det söder därom liggande kartbladet Göteborg SO (Samuelsson 1978). Några väsentliga element tillkommer och behandlas i sina geologiska sammanhang nedan.

Berggrundens äldsta delar utgörs av finkorniga till medelkorniga bandade gnejser med amfibolit, metagabbro och ultrabasit. Stora volymer magmabergarter av tonalit- till granitsammansättning bildades under ett tidigt skede av den geologiska utvecklingen. De bandade gnejserna och basiterna förekommer rikligast i anslutning till den stora veckstrukturen vid Lerum på kartbladet Göteborg SO. Därifrån kan bergarterna följas i ett stråk åt NNV. I kartskarven mot Göteborg NO har hela stråket pressats samman mellan Göta älvlinjens tektoniska zon och en homogen och motståndskraftig (kompetent), något yngre granodioritkropp i öster. Åt nordöst öppnas strukturerna åter och i trakten av Lived (9j) ligger en stor veckomböjning med axeln stupande flackt åt NNÖ.

Inom detta komplex kunde man redan på kartbladet Göteborg SO på några ställen iaktta, att de finkorniga till medelkorniga, bandade gnejserna hade sammansättningar och strukturdrag, som pekade på ett suprakrustalt ursprung (Samuelsson 1978, s. 15). I den västra delen av kartbladet Göteborg NO finns partier av finkornig till medelkornig bandad gnejs, som utgör en direkt fortsättning av den i väster befintliga Stora Le-Marstrandsformationens klart sedimentära bergarter. De senare är genomslagna av intrusivbergarter av samma slag som genomsätter de förmodade suprakrustalbergarterna öster om Göta älv. I stort föreligger den skillnaden att de västliga ytbergartsgnejserna, Stora Le-Marstrandsformationen, är mer glimmerrika och kvarts-plagioklasdominerade än de östra, som i stället är rikare på främst kalifältspat. Övergången mellan de båda ytbergartstyperna är till synes kontinuerlig och kan spåras i förekomsterna väster om Göta älv.

De geologiska förhållandena kan i stort sägas avspegla en ursprunglig



Fig. 7. Utsikt från Aleklätten (5f) mot NNÖ. Göta älvs dalgång dominerar landskapet. Bergsplatåernas jämna överytor når upp till ungefärligen samma nivå (ca 110–130 m). Enstaka höjder, ofta bestående av metabasit, kan sticka upp några tiotals meter däröver (t.ex. Angertuvan, Rapungaberget). Foto C. Fredén.

*View from Aleklätten (5f) towards NNE. The valley of the Göta älv is a dominating feature of the landscape. The summits of the bedrock hills all reach approximately the same level (about 110–130 m). Some hills, frequently consisting of metabasite, may reach a few tens of meters higher (e.g. Angertuvan, Rapungaberget).*

uppdelning i ett västligt avsnitt dominerat av marina, gråvackeartade sediment med basisk vulkanism samt ett östligare avsnitt med inslag även av sur vulkanism och mer kontinentanslutna ansamlingar av omogna, grovklastiska sediment.

På kartbladet Göteborg SO dominerar tidigt intruderade djupbergarter av tonalitisk till granitisk sammansättning. Liknande bergarter upptar större delen av föreliggande kartblad, där det dock har varit möjligt att urskilja två perioder av omfattande tonalit–granitintrusioner åtskilda av en period av regional veckning och metamorfos. Den yngre intrusivviten finns dels i ett sydöstligt massiv, som fanns på plats vid utbildningen av de ovan nämnda stora veckstrukturerna i suprakrustalkomplexet och de äldre intrusiven, och dels i ett område väster om Göta älv. På kartbladet Vänersborg SO utgör denna yngre intrusionssvit den större delen av

området väster om Göta älv. Den sydöstra förekomsten sträcker sig längs Mjörnstranden ned på kartbladet Göteborg SO. Eftersom existensen av två granit-tonalitsviter ej var känd vid arbetet med det södra bladet har båda fått samma färg på kartbladet Göteborg SO.

Från sydvästra karthörnet och åt NNÖ finns ett intermitterant stråk av röda granitintrusioner. De utgör en fortsättning av en granitzon, som kan följas från Kungsbackafjorden i söder, över Mölndal, Göteborg och Kungälv till trakterna norr om Trollhättan. På kartbladet har tre olika komponenter utskiljts med siffrorna 1, 2 respektive 3. Nr 1 och 2 tillhör samma granitmagmatutveckling och har intruderat ungefärligen samtidigt. Nr 2 utgörs av de sist kristalliserade delarna där bl.a. U och Th har anrikats vilket ger bergarten en väsentligt högre gammastrålning än berggrunden i gemen. Därför har denna granit givits namnet RA-granit. Graniten betecknad med siffran 3 är oftast något glimmerrikare än de båda föregående. Den har intruderat vid en senare tidpunkt men är för övrigt i fält ofta mycket lik de föregående, vilket är anledningen till att de tre granityperna fått samma färg på kartan. Den senare bergarten benämns Askimgranit och har tidigare beskrivits av Johansson (1923, 1931) och Lundegårdh (1952, 1953, 1958).

Röd till grå, fint medelkornig, muskovitförande granit, oftast folierad men vanligen föga ådrig, förekommer i anslutning till suprakrustalgnejsen inuti de stora veckstrukturerna i kartans nordöstra hörn på samma sätt som i veckstrukturens södra del på kartbladet Göteborg SO. Väster om älven förekommer samma granityp i en större kropp utan fältsamband med suprakrustalgnejsen.

Metamorfoserade basiska bergarter förekommer över hela kartbladet. De är av samma typer som på kartbladet Göteborg SO. Några ometamorfiska basiska bergarter har ej iakttagits.

## **Bergartsbeskrivning**

### **Fin- till medelkornig, bandad gnejs**

Denna bergartsgrupp finns spridd över kartbladet i relativt begränsade förekomster. Rikligast företrädd är den i ett stråk från södra bladkanten öster om Göta älv (5g) och åt nordöst till trakten av Vanderydsvatten (9j). Den förekommer tillsammans med amfibolit och metabasit av ursprungligen gabbro- och ultrabasitsammansättningar. Långsträckta band av

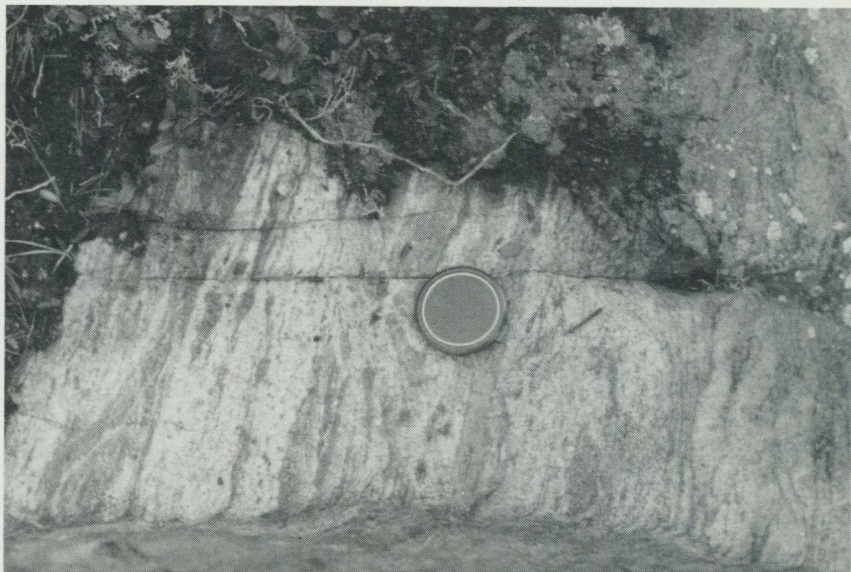


Fig. 8. Grå gnejs av ytbergartsursprung, som är starkt migmatitomvandlad (7j, 64381/12964).  
*Grey gneiss of a supracrustal derivation, strongly migmatized.*

grovporfyrisk ögongnejs uppträder tillsammans med denna gnejstyp samt utgör ytterbegränsning av den överstjälpda veckstruktur i vilken den bandade gnejsen mest frekvent uppträder.

Vid Grandalen (7j, 64381/12964) finns i ett hygge relativt goda blottningar med bland annat gröna skarnartade horisonter, vilka dock genom den intensiva omvandlingen sönderslitits (fig. 8). Vid detta gnejsområdes migmatitomvandling har ett stråk av grovporfyrisk ögongnejs utbildats. Den karakteristiska magnetitbandning, som sporadiskt iakttagits både på kartbladet Göteborg SO och Kungsbacka NO (Samuelsson 1978, s. 21; 1982, s. 35), har ej iakttagits på föreliggande kartblad.

Väster om Göta älv finns en del förekomster av fin- till medelkornig bandad gnejs. De längst i väster belägna har Stora Le-Marstrandsformationens karakteristiska sammansättning. Dessa partier ansluter även geografiskt till den sammanhängande förekomsten av Stora Le-Marstrandsformationens bergarter på kartbladet Göteborg NV. Övergången mot denna enhets kärnområde vid Hakefjorden och västerut på Tjörn, sker via

TABELL 2. Mineralfördelningen i fin- till medelkornig gnejs av ytbergartsursprung (volym-%).  
*Modal compositions of fine- to medium-grained gneiss of supracrustal origin (vol. %).*

Prov nr Sample No	JL 411	IL 417A	IL 5	LS 170	LS 169
Kvarts	58	32	30	25	24
Kalifältspat	16	4	16	1	19
Plagioklas	15	54	37	43	38
Biotit	<0.5	9	13	21	12
Muskovit	6	0	0	0	4
Klorit	2	0	<0.5	0	<0.5
Hornblände	0	0	2	1	<0.5
Epidot	2	0	1	9	2
Granat	0	0	<0.5	0	<0.5
Kalcit	0	0	0	0	0
Opakmineral	1	0	<0.5	1	<0.5
Zirkon	<0.5	<0.5	0	0	0
Titanit	0	<0.5	1	<0.5	0
Apatit	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Antal mätpunkter	973	1050	1072	1039	1069

#### Analyslokaler

##### Localities

- JL 411 Finkornig, grå gnejs (7j). 64356/12961.  
*Fine-grained, grey gneiss.*
- IL 417A<sup>1</sup> Finkornig, grå gnejs, tektoniserad (9g). 64474/12814.  
*Fine-grained, grey gneiss, tectonized.*
- IL 5 Heterogen, grå gnejs (7g). 64355/12801.  
*Heterogeneous, grey gneiss.*
- LS 170<sup>1</sup> Skiffrig, grå gnejs (8i). 64428/12944.  
*Shistose, grey gneiss.*
- LS 169<sup>1</sup> Skiffrig, grå gnejs (8i). 64415/12924.  
*Shistose, grey gneiss.*

<sup>1</sup> Kemisk analys finns.

mer frekventa och större xenoliter åt väster. Identifikationen av bergarterna är dock städse försvårad, dels av kraftig och upprepade omvandling både av xenolitmaterial och dess värdbergarter, och dels genom upprepade deformationer med utbildning av mylonitiska bergartsstråk.

Från suprakrustalgnejsförekomsten norr om Valsjön (7j) har ett slip undersökts. Det består av en jämnt finkornig (0.2×0.1 mm) samling mineral dominerad av kvarts och närmast av ofta sericitiserad plagioklas samt några kalifältspatkorn. De mafiska mineralerna utgörs av muskovit, epidot samt klorit. Dessutom förekommer små korn av biotit. Zirkon förekommer sparsamt i avrundade korn med skaluppbyggnad (jfr Samuelsson & Ahlin 1978). Ett viktigt inslag är de större korn av främst kvarts men även plagioklas och i något fall kalifältspat som finns i mellanmassan. Plagioklasen är ofta uppdelad i olika fält medan kvartsen förekommer dels i rundade och roterade korn, och dels i utplattade och fältuppdelade kornaggregat.

TABELL 3. Kemiska analyser av fin- till medelkornig gnejs av ytbergartsursprung (vikt-%).  
*Chemical analyses of fine-to medium-grained gneiss of supracrustal origin (weight%).*

SGU lab. nr 011-	1220	1256	1257
SiO <sub>2</sub>	72.8	68.0	64.7
TiO <sub>2</sub>	0.24	0.36	0.52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.8	15.3	16.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6	1.8	1.9
FeO	1.4	1.8	2.5
MnO	0.06	0.08	0.10
CaO	1.9	3.8	4.5
MgO	0.57	1.40	1.63
Na <sub>2</sub> O	5.4	2.9	3.3
K <sub>2</sub> O	2.0	3.6	3.0
H <sub>2</sub> O >105°C	0.5	1.5	0.9
H <sub>2</sub> O <105°C	0.1	0.2	0.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.10	0.16
CO <sub>2</sub>	<0.01	0.03	<0.01
F	0.10	0.04	0.06
S	<0.02	<0.02	<0.02
BaO	0.06	0.10	0.14
Summa	100.61	101.01	100.31
Spårelement (g/ton)			
<i>Minor elements (ppm)</i>			
Rb	120	100	80
Sr	140	320	300
Zr	200	300	300

#### Analyslokaler

##### *Localities*

1220	IL 417A	Se tabell 2.
1256	LS 169	Se tabell 2.
1257	LS 170	Se tabell 2.

### Äldre plutoniter av tonalitisk till granitisk sammansättning

Dessa bergarter utgör den egentliga stommen i kartbladets berggrund. De har bildats genom kristallisation av stora magmavolymer av intermediär (tonalitisk) till kiselsyrarik (granitisk) sammansättning. Dessa magmor inträngde i den dåvarande jordskorpan, som bestod av de tidigare nämnda gnejserna av sedimentärt och vulkaniskt ursprung (ytbergartsgnejserna) samt i dem intruderade basiska och ultrabasiska djupbergarter. Man finner dessa äldre bergarter som inneslutningar (xenoliter) i tonalit-granitvitens bergarter.

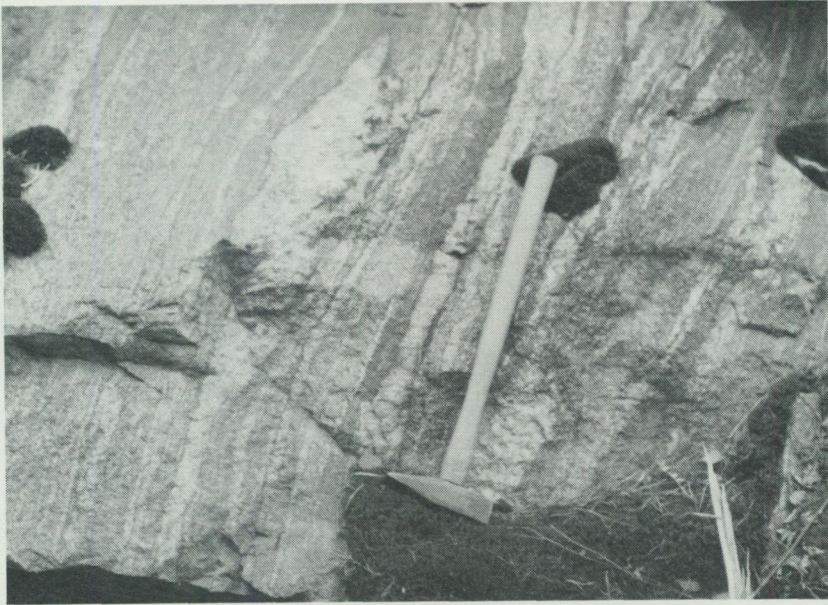


Fig. 9. Folierad och ådrad granodiorit av den äldre typen (9h, 64460/12857).  
*Foliated and veined granodiorite of the older type.*

På grund av sitt tidiga inträde i områdets geologiska historia har dessa bergarter varit med om alla identifierbara deformations- och metamorfoserioder på samma sätt som ytbergartsgnejserna. Berggrundskarteringen på Göteborg NO har visat att det finns ytterligare en serie djupbergarter av tonalit till granitsammansättning. Denna, något yngre grupp av intrusioner, har ej varit med om den första regionalmetamorfa omvandlingen.

De äldsta tonalit-granitbergarterna har sin största utbredning i kartbladets nordöstra tredjedel. Väster om Göta älv uppträder de som stora skivor tillsammans med de äldre suprakrustala gnejserna och omgivna av yngre tonalitiska till granitiska intrusioner. De är i detta västliga läge starkt folierade, veckade och ådergnejsomvandlade (fig. 9). Foliationen och rekristallisationen är likaledes stark i avsnittet mellan Göta älv och linjen Vanderydsvattnet — Skepplandadalen. I den östra och mellersta delen av kartbladet (7i och 7j) är den tektoniska sträckningen och omformningen ej lika stark. Bergarten är ständigt folierad även här men åderfrekvensen är lägre och strukturen är homogen och tydligt magma-

tisk. Utseendemässigt kommer bergarten därmed att likna den yngre svitens tonaliter, granodioriter och graniter med grå till rödgrå färgnyanser. I gränsområdena föreligger dock brottstycken av den äldre bergarten i den yngre, liksom gångar av den yngre i den äldre (fig. 10, jfr s. 75).

Bergartssvitens mineralinnehåll framgår av tabell 4 och den kemiska variationen av tabell 5. Den allestädes närvarande förskiffringen i bergarten beror främst på parallellorientering av de mörka mineralen. I starkt deformerade stråk är dessutom de ljusa mineralen granulerade till zoner av små korn. Det är knappast möjligt att i något tunnslip spåra rester av



Fig. 10. Äldre granodiorit med veckad foliation och ådring genomslås av en yngre granodiorit som här är enbart folierad. Björboholm strax söder om kartbladskanten (4i, 64220/12937).

*Older granodiorite with folded foliation and veining is cut by a younger granodiorite, which here is foliated only.*

TABELL 4. Mineralfördelningen i äldre tonalit, granodiorit och granit (volym-%).  
*Modal compositions of older tonalite, granodiorite and granite (vol. %).*

Prov nr <i>Sample No</i>	SÅL124	IL336	LS165A	LS123B	SÅL91	JL1047	SÅL69	LS123C	SÅL81	JL405	SÅL75	SÅL109	SÅL1
Kvarts	23	28	32	35	39	27	35	34	34	46	42	28	38
Kalifältspat	1	6	4	7	5	24	16	24	25	14	19	36	36
Plagioklas	39	39	49	38	42	35	34	30	23	28	29	29	16
Biotit	22	20	12	18	11	7	8	10	10	6	8	7	4
Muskovit	0	0	0	<0.5	0	0	<0.5	<0.5	<0.5	2	<0.5	0	0
Klorit	1	<0.5	2	<0.5	1	2	1	<0.5	0	<0.5	<0.5	<0.5	0
Hornblände	1	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	6
Epidot	11	6	2	2	1	1	4	1	3	4	2	<0.5	<0.3
Granat	3 <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	0	0	<0.5	0	0	0	0
Kalcit	<0.5	<0.5	<0.5	0	0	0	0	0	0	0	<0.5	0	0
Opakmineral	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2	1	<0.5	<0.5	0
Zirkon	<0.5	0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0	<0.5
Titanit	1	1	<0.5	<0.5	1	<0.5	<0.5	<0.5	1	0	<0.5	<0.5	1
Apatit	<0.5	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1	<0.5	1	<0.5	<0.5
Antal mätpunkter	1068	997	1030	994	1204	1025	1109	1008	1042	1073	1012	1064	1084

<sup>1</sup> Omvandlad till sekundära mineral.

Analyslokaler  
*Localities*

SÅL124 <sup>2</sup> — 64352/12846 (6g)	JL1047 <sup>2</sup> — 64496/12836 (9g)	JL405 — 64380/12952 (7j)
IL336 <sup>2</sup> — 64480/12820 (9g)	SÅL69 — 64390/12885 (7h)	SÅL75 — 64380/12888 (7h)
LS165A <sup>2</sup> — 64460/12857 (9h)	LS123C — 64453/12774 (9f)	SÅL109 — 64394/12871 (7h)
LS123B — 64453/12774 (9f)	SÅL81 — 64392/12888 (7h)	SÅL1 — 64376/12861 (7h)
SÅL91 — 64384/12893 (7h)		

<sup>2</sup> Kemisk analys finns.

TABELL 5. Kemiska analyser av äldre tonalit, granodiorit och granit (vikt-%).  
*Chemical analyses of older tonalite, granodiorite and granite (weight%).*

SGU lab. nr 011-	1234	1218	1251	1243	1236	1265
SiO <sub>2</sub>	60.8	61.2	63.6	69.4	71.9	72.3
TiO <sub>2</sub>	0.72	1.01	0.66	0.51	0.35	0.34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.6	15.7	16.7	14.4	13.3	13.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.7	1.7	2.0	1.4	0.9	0.9
FeO	3.5	3.9	3.3	2.0	1.6	1.3
MnO	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04
CaO	5.5	4.4	4.4	2.7	1.2	1.0
MgO	2.4	2.1	2.5	1.16	0.31	0.30
Na <sub>2</sub> O	3.2	3.3	3.9	3.5	3.0	3.3
K <sub>2</sub> O	2.7	2.9	2.3	3.7	5.5	5.7
H <sub>2</sub> O > 105°C	1.5	0.9	1.4	0.9	0.5	0.8
H <sub>2</sub> O < 105°C	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.35	0.17	0.14	0.10	0.09
CO <sub>2</sub>	0.19	0.18	<0.01	0.01	0.06	0.04
F	0.07	0.09	0.06	0.07	0.05	0.03
S	0.08	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
BaO	0.09	0.04	0.07	0.08	0.07	0.04
Summa	101.63	98.08	101.44	100.23	99.09	100.8
Spårelement (g/ton)						
<i>Minor elements (ppm)</i>						
Rb	90	110	100	130	170	160
Sr	390	450	360	220	90	80
Zr	400	400	400	300	400	400
Analyslokaler						
<i>Localities</i>						
1234	SÅL 124 — 64352/12846					
1218	IL 336 — 64480/12820					
1251	LS 165A — 64460/12857					
1243	JL 1047 — 64496/12836					
1236	JL 953 — 64454/12899					
1265	SÅL 302 — 64428/12886					

den ursprungliga magmatiska texturen. Mellan de parallellorienterade mörka mineralen ligger kvarts, plagioklas och kalifältspatkorn i ett oroligt mönster av olikstora korn (ca 1–2 mm) med infingrande kornfogar. Ofta förekommer t.ex. rundade kvartskorn inuti plagioklaserna och kalifältspaten växer som sent mineral mellan plagioklaserna. Hela mineralinnehållet är sålunda ett resultat av de metamorfa omkristallisationerna.

Plagioklasen är tvillinglamellerad samt måttligt och växlande sericitiserad. Den förefaller ej vara särskilt starkt undulerande i sin utsläckning och innehåller ej heller epidotutskiljningar med det för den yngre tonalit-granitgruppen typiska utseende (se nedan s. 48). Anortithalten ligger enligt optiska mätningar på ca 25–30 %.

Bland de mörka mineralen dominerar biotit, med pleokroism i blekt olivgrönt och brungrått. Den är frisk och har endast enstaka kloritomvandlade lameller och kanter.

I slip från lokaler nära Göta älv är biotiten delvis omvandlad till prehnit, pumpellyit och klorit. Enstaka kristaller av muskovit uppträder också. I stråket Ryrsjön-Tunge kyrka — S:t Peder kyrka finns relativt rikligt med makroskopiskt iakttagbar muskovit. Denna förekomst är tektoniskt betingad och kopplad till utbildningen av den tektoniska zonen i Göta älv (jfr Samuelsson 1978, s. 67).

I de fall hornblände förekommer är det grönt till grönungt. Epidoten är relativt rikligt förekommande oftast i anslutning till hornblände och biotit. Ibland växer epidoten runt om metamiktiserad allanit. Titanit finns som spridda brungrumsiga småkorn och aggregat. Zirkon i relativt små kristaller finns liksom apatit. I några fall har pseudomorfoser efter granat iakttagits. Detta mineral hittas även friskt i makroskopiska korn på skilda ställen i berggrunden.

### Ögongnejs med bandformigt uppträdande

Denna bergart karakteriseras av de stora kalifältspatögonen (2–8 cm i diameter). Mellanmassan är grå och består av kvarts, plagioklas, kalifältspat, biotit och hornblände samt accessoriska mineral (tabell 6). Kornstorleken i mellanmassan är vanligen 1–2 mm. Bergarten uppträder i mycket långsträckta band, som kan följas i stråk över flera kartblad. Den uppträder ofta tillsammans med finkorniga gnejser av suprakrustalt ursprung samt i dem intruderade gabbroida till ultrabasiska bergarter. Ögongnejsbanden fortsätter dock även in i de dominerande tonalitiska till granitiska äldre intrusiven. Deras stortektoniska distribution antyder att de utgör en viktig komponent i den stora veckstruktur, som från kartbladet Göteborg SO sträcker sig diagonalt mot nordöst över föreliggande kartblad.

Bergarten är ständigt mer eller mindre förskiffrad och visar tecken på upprepade deformationer och regionalmetamorfa rekristallisationer av mineralen. Detta ses framförallt i kalifältspatögonen, vilka blivit utdragna till stängliga polyminerala kristallaggregat, som delvis åter sammelkristalliserats. Denna process har upprepats vid åtminstone två tillfällen.

Ögonen utgörs nu av mikroklin-pertit samt mindre mängder plagioklas och kvarts. Andelen kalifältspatögon varierar mellan uppskattningsvis 25–30 vol.-% (Samuelsson 1978, s. 28). Mellanmassans ljusa mineral utgörs av korn med varierande storlek beroende på deformation och rekristallisation. Fältspaterna är friska med endast obetydlig sericitisering av plagioklasen, vilken enligt optisk bestämning utgörs av en oligoklas.

I tunnslip utgör grönt till blekgrönt hornblände samt olivbrun till blekt gulbrun biotit de väsentliga mörka mineralen. Dessa är utsträckta i förskiffringsplanen. Associerade med dessa är metamiktiserad allanit, enstaka korn av epidot, granat, frisk titanit, apatit, avlånga men väl avrundade zirkonkristaller samt opaka malmkorn.

TABELL 6. Mineralfördelningen i rödgrå gnejs med mikroklinögon (ögongnejs, volym-%).  
*Modal compositions of augen-gneisses (vol. %).*

Prov nr <i>Sample No</i>	LS 168	SÅL 182	BF 557
Kvarts	37	36	37
Kalifältspat	13	19	31
Plagioklas	37	34	20
Biotit	13	7	7
Muskovit	<0.5	0	0
Klorit	<0.5	<0.5	0
Hornblände	0	2	4
Epidot	<0.5	<0.5	<0.5
Granat	<0.5	1	1
Kalcit	0	<0.5	0
Opakmineral	<0.5	<0.5	<0.5
Zirkon	<0.5	<0.5	<0.5
Titanit	<0.5	<0.5	1
Apatit	<0.5	<0.5	<0.5
Antal mätpunkter	1017	1002	1176

## Analyslokaler

*Localities*

LS 168 Ögongnejs, huvudsakligen matrix (8i). 64425/12913.

*Augen-gneiss, mainly matrix.*

SÅL 182 Som ovan (6g). 64308/12828.

*The same as above.*

BF 557 Ögongnejs med granulerade ögon (6g). 64347/12850.

*Augen-gneiss with granulated augen.***Yngre tonalit, granodiorit och granit**

Förekomsten av en yngre svit av tonalitiska till granitiska intrusivbergarter uppmärksammades först av Inger Lundqvist och Jan Brouzell vid fältarbeten på de ekonomiska kartbladen 9f och 9g. I området sydväst om Västersjön finns en skiva av starkt migmatitomvandlad och veckad gnejs med gnejsgranitiskt utseende som genomslås av en massiv och åderfri men folierad tonalit. Den äldre bergarten överensstämmer till utseendet med den äldre plutonitsviten. Den yngre tonalitiska bergarten övergår gradvis i en dominerande granodioritisk sammansättning. Genom ökning av kalifältspathalten, ofta i form av ögon, blir sammansättningen i vissa stråk granitisk.

De tonalitiska till granodioritiska sammansättningarna är grå, medelkorniga och mer eller mindre förskiffrade bergarter. En del granodioriter har kalifältspatögon med en diameter på 1–2 cm. De rödgrå granitiska partierna är ofta starkt rekristalliserade.

TABELL 7. Kemiska analyser av rödgrå gnejs med mikroklinögon (ögongnejs, vikt-%).  
*Chemical analyses of augen-gneisses (weight%).*

SGU lab. nr 011-	1255	1235	1264
SiO <sub>2</sub>	70.2	68.2	67.9
TiO <sub>2</sub>	0.42	0.59	0.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.4	14.1	14.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.8	1.6	1.0
FeO	1.8	2.5	2.6
MnO	0.07	0.08	0.08
CaO	2.0	2.4	2.3
MgO	0.86	0.66	0.70
Na <sub>2</sub> O	3.1	3.1	3.3
K <sub>2</sub> O	4.4	4.8	5.0
H <sub>2</sub> O > 105°C	0.8	0.7	0.7
H <sub>2</sub> O < 105°C	0.3	0.2	0.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.20	0.16
CO <sub>2</sub>	<0.01	0.06	0.06
F	0.05	0.05	0.09
S	<0.02	0.02	0.03
BaO	0.10	0.14	0.13
Summa	99.42	99.40	98.83
Spårelement (g/ton)			
<i>Minor elements (ppm)</i>			
Rb	140	120	140
Sr	260	180	170
Zr	300	600	500
Analyslokaler			
<i>Localities</i>			
1255	LS 168	Hela bergarten. Se tabell 6. <i>Whole rock. See Table 6.</i>	
1235	SÅL 182	Dito.	
1264	BF 557	Dito.	

Den yngre tonalit-granitgenerationen utgör den dominerande delen av berggrunden väster om Göta älv. Den fortsätter både åt norr på kartbladet Vänersborg SO och åt sydväst på kartbladet Göteborg NV.

Öster om Göta älv finns ett sammanhängande massiv av tonalit-granit-sammansättning mellan Mjörn och Skeplanda. Det har samma åldersrelation till sin omgivning som den yngre tonalit-granitsviten väster om älven. Gränsen mellan detta massiv och den äldre berggrunden består av ett starkt folierat, lokalt till mylonit utbildat berggrundsstråk. Åt norr, väster och söder stupar detta stråk flackt till medelbrant ut från den yngre bergartskroppen. Även åt sydöst är kontakten mot den vid Mjörnstranden

TABELL 8. Mineralfördelningen i yngre tonalit, granodiorit och granit (volym-%).  
*Modal compositions of younger tonalite, granodiorite and granite (vol. %).*

Prov nr Sample No	JL1048	P3	BF357	LS123A	P4	BF322	IL246	P2	IL382	BF415	BF406	IL211	IL231	JL11	IL433	JL70
Kvarts	15	20	23	26	25	22	26	29	24	28	35	27	30	27	23	31
Kalifältspat	3	2	<0.5	1	3	18	15	12	17	15	10	20	19	24	28	24
Plagioklas	54	43	38	41	43	36	34	41	43	44	29	33	40	36	37	35
Biotit	7	22	20	21	17	12	16	12	5	10	15	13	9	7	8	8
Muskovit	0	<0.5	<0.5	0	0	<0.5	0	0	<0.5	0	<0.5	0	<0.5	0	0	<0.5
Klorit	7	<0.5	0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	6	0	1	<0.5	<0.5	2	<0.5	<0.5
Hornblände	6	0	12	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	<0.5	0
Epidot, klinozoisit	5	12	4	11	19	11	8	6	4	2	7	4	2	0	4	1
Granat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0.5	0	0
Kalcit	1	1	1	0	<0.5	0	0	0	0	<0.5	0	0	<0.5	0	0	0
Opakmineral	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0	<0.5	<0.5	<0.5	2	<0.5	<0.5	3	<0.5	<0.5
Zirkon	0	0	0	<0.5	0	<0.5	<0.5	<0.5	0	<0.5	0	<0.5	0	<0.5	0	<0.5
Titanit	<0.5	1	1	<0.5	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1	1	<0.5	1	0	<0.5	<0.5
Apatit	1	<0.5	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0	<0.5
Antal mätpunkter	1056	1032	1008	1055	1096	1000	972	1004	1038	1000	1008	1042	1040	1137	1043	1145

#### Analyslokaler

##### Localities

JL1048	— 64489/12843 (9g)	BF322	— 64265/12900 (5h)	BF406	— 64304/12872 (6h)
P3	— 64480/12780 (9f)	IL246	— 64433/12803 (8g)	IL211	— 64442/12831 (8g)
BF357	— 64297/12879 (5h)	P2	— 64480/12790 (9f)	IL231	— 64441/12812 (8g)
LS123A	— 64453/12744 (9f)	IL382	— 64471/12802 (9g)	JL11	— 64283/12983 (5j)
P4	— 64465/12790 (9f)	BF415	— 64305/12861 (6h)	IL433	— 64495/12809 (9g)
				JL70	— 64269/12934 (5i)

TABELL 9. Kemiska analyser av yngre tonalit, granodiorit och granit (vikt-%).  
*Chemical analyses of younger tonalite, granodiorite and granite (weight%).*

Prov nr <i>Sample No</i>	JL1048	P3	BF357	P4	BF322	IL246	P2	IL382	BF415	BF406	IL211	IL231	JL11	IL433	JL70
SGU lab. nr 011-	1244	1229	1261	1230	1260	1213	1228	1219	1263	1262	1209	1212	1241	1222	1242
SiO <sub>2</sub>	54.8	61.9	60.7	62.6	69.5	67.7	67.7	70.5	69.6	69.9	68.7	69.6	72.2	67.9	73.3
TiO <sub>2</sub>	1.18	0.64	0.94	0.71	0.42	0.50	0.42	0.32	0.34	0.47	0.58	0.53	0.48	0.39	0.29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.0	17.3	15.9	16.8	15.1	16.0	15.4	14.7	15.2	15.3	14.7	14.4	14.1	14.5	13.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.4	2.6	3.0	2.4	1.2	1.5	1.5	0.8	1.2	1.3	1.3	1.5	1.2	0.8	0.7
FeO	4.1	2.6	5.1	2.4	1.6	1.9	1.7	1.6	1.6	1.7	2.6	1.8	1.6	1.9	1.1
MnO	0.11	0.08	0.17	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.05	0.04
CaO	6.6	5.4	5.8	4.9	3.1	3.5	3.4	2.5	3.1	3.2	3.2	2.8	1.8	2.7	1.6
MgO	3.3	2.5	2.9	2.4	0.85	1.47	1.47	1.15	0.89	0.87	1.56	1.09	0.63	1.14	0.43
Na <sub>2</sub> O	4.0	4.1	2.9	4.2	3.4	4.1	3.9	3.4	3.5	3.3	3.4	3.2	4.4	3.3	2.8
K <sub>2</sub> O	1.3	2.2	2.3	2.3	3.6	3.1	3.2	4.1	3.6	3.6	4.0	3.9	2.7	4.6	4.8
H <sub>2</sub> O > 105°C	2.1	1.5	1.2	1.4	0.6	1.1	1.1	0.6	1.1	0.7	0.2	1.0	0.7	0.9	0.8
H <sub>2</sub> O < 105°C	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.44	0.24	0.23	0.23	0.10	0.15	0.15	0.10	0.09	0.11	0.14	0.13	0.12	0.11	0.06
CO <sub>2</sub>	0.18	<0.01	<0.01	0.01	0.04	<0.02	0.05	0.02	0.09	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.02	<0.01
F	0.08	0.07	0.06	0.07	0.08	0.07	0.06	0.05	0.08	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.06
S	0.16	<0.02	0.08	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
BaO	0.02	0.05	0.06	0.08	0.16	0.08	0.04	0.07	0.09	0.14	0.08	0.08	0.06	0.08	0.08
Summa	99.07	101.53	101.64	100.88	100.1	101.43	100.35	100.6	100.85	101.03	100.72	100.46	100.32	98.56	100.06
<b>Spårelement (g/ton)</b>															
<i>Minor elements (ppm)</i>															
Rb	40	80	70	60	90	110	80	110	110	110	130	120	110	130	150
Sr	600	540	250	560	230	430	420	300	200	230	250	240	180	350	170
Zr	400	400	300	400	300	400	300	300	300	400	400	300	400	400	300

Analyslokaler. Se tabell 8.  
*Localities. See Table 8.*

liggande äldre gnejsen merendels tektoniskt tillskäppt. På några ställen kan dock intrusivkontakter iakttagas även här (fig. 10).

Tektoniseringen i kontakten både i norr, väster, söder och öster har drabbat både omgivande berggrund och den yngre plutoniten. I sydöst utgör kontaktförskiffringen en del av tektoniseringen i mylonitzonen och tät, mörk mylonit har iakttagits på flera ställen. Även den tektoniserade begränsningen åt norr, väster och söder ansluter sig åt nordöst och åt sydöst till det stora mylonitstråket. Även denna del av begränsningen synes sålunda utbildad vid deformationer, som eljest i huvudsak varit aktiva i själva mylonitzonen vid Mjörn och även i Göta älv-linjen. Efter som deformation ägt rum vid flera tillfällen i mylonitzonen kan gränstektoniseringen likaledes ha utbildats vid olika tillfällen. Sannolikt är att den anlagts redan vid den tidigare fasen i mylonitzonsbildningen (jfr Samuelsson 1978, s. 67). Dessa problem kommer att behandlas i ett särskilt avsnitt längre fram i beskrivningen (s. 75).

Texturen i denna bergartsgrupp är i regel något porfyrisk, med större korn bestående dels av epidotspäckad något undulös plagioklas, dels av kvartskorn uppdelade på några optiskt olikorienterade kvartskrystaller. Mellan dessa större korn består bergarten av en småkornig massa av plagioklas, kvarts, epidot, något större hornbländekrystaller samt biotit. Det senare mineralet växer i förskiffringsplanet och ersätter delvis hornbländekrystallerna. Titanitkrystaller med vackert rombiska tvärsnitt och med tvillinglameller är relativt vanligt. I de mer granitiska varianterna förekommer kalifältspat i rätt stora (3–4 mm), något strängpeditiska korn, som ibland tycks angripa sin omgivning.

De stora epidotspäckade plagioklaskornen visar oftast kontinuerlig, undulerande utsläckning från centrum och ut mot marginalen. Detta tyder på varierande anortitinhåll. Det rikliga och konsekventa uppträdandet av epidotkrystaller i plagioklasen visar att den ursprungligen varit anortitrikare (Ca-rikare) än den nuvarande oligoklassammansättningen. Grundmassans plagioklas är frisk oligoklas, kristalliserad i jämvikt med sina omgivande mineral mot vilka den ofta uppvisar ideala 120°-trippelpunkter.

Hornbländet är pleokroitiskt i blågrönt till blekt gulgrönt. Det ersätts ibland av den omväxande biotiten. I rätt många slip förekommer inget hornblände, utan biotit är det helt dominerande mafiska mineralet. Den senare är vanligen olivbrun till blekt gröngul i pleokroismen. Oftast är den frisk men kan i några fall vara lamellärt omvandlad till prehnit men vanligare till klorit.

Som ovan nämnts är titanit i vackra kristaller ett vanligt mineral. I många fall kan man se att den primära titaniten blivit delvis omvandlad till leukoxen och sedan ånyo kristalliserat om till titanit. En yttre zon av sen titanit finns ibland runt om den primära titaniten (fig. 11).

Epidot, svagt pleokroitisk från ofärgad till citrongul, är ett vanligt mineral. Den växer dels i anslutning till stråken av mörka mineral, dels i den småkorniga mellanmassan och dels som små välformade kristaller i de stora plagioklaserna. Ibland växer epidoten runt omkring blekbruna allanitkrystaller.

Zirkon finns relativt sparsamt som små kortprismatiska, till synes oregelbundna kristaller. Apatit finns liksom opaka malmkorn i ringa mängd.

Vid den tidigare nämnda (s. 44) förekomsten av xenoliter av äldre, starkt, ådrig gnejsgrani i jämnt medelkornig, yngre tonalit har tagits två tunnslip i vardera bergarten. Slipen från den omgivande yngre tonaliten visar samma mineralogi som ovan, dock med de skillnaderna att de större strökornsartade plagioklaserna nästan helt saknas samt att de sålunda helt

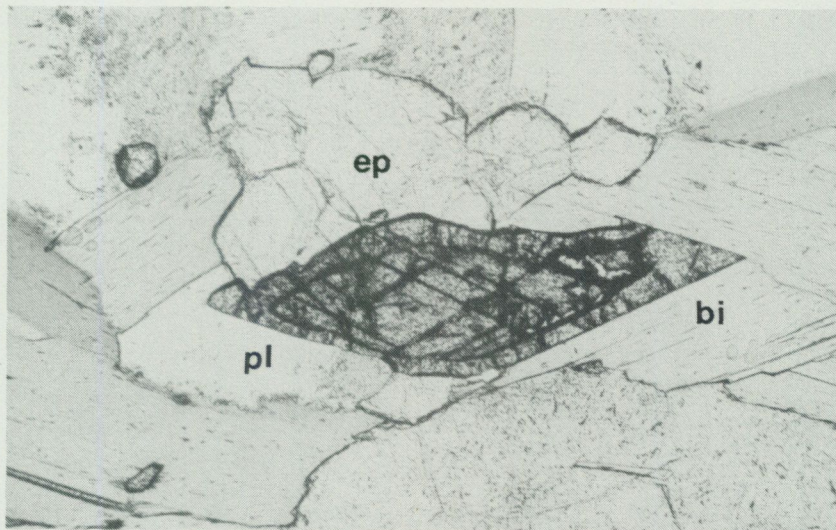


Fig. 11. Yngre granodiorit med titanit (sp) omgiven av biotit (bi), plagioklas (pl) och epidot (ep). Titaniten består av en nästan idiomorf, möjligen något korroderad kärna, som omges av en likaledes idiomorf tillväxtzon av växlande tjocklek (LS P3, 9f, 64480/12780), 100 x. Foto C. Ålinder.

*Younger granodiorite with sphene, surrounded by biotite (bi), plagioclase (pl) and epidote (ep). The sphene has a slightly corroded core, surrounded by an idiomorphic rim with variation in thickness. 100 x.*

dominerande små plagioklaskornen ofta är något sericitiserade. Epidoten har lägre dubbelbrytning indikerande ett lägre Fe/Al-förhållande än eljest.

Slipen från den åderrika och veckade gnejsgranitxenoliten har tagits från de strukturellt bäst bevarade gnejsiga partierna mellan ådrorna. Mineralinnehållet är i stort sett detsamma som i omgivande tonalit. Texturellt är dock vissa skiljaktigheter uppenbara. Texturen är betydligt 'orologare' i den äldre bergarten. Kvarts och plagioklas är sammanväxta på ett infingrande sätt. Rundade kvartskorn uppträder överallt i plagioklaserna och grova myrmekittexturer är ofta för handen. Dessutom förekommer en del kalifältspat mellan de andra kornen. Även i dessa slip är den rikligt förekommande epidoten av klinozoisitisk karaktär, kanske något utpräglat än i den omgivande tonaliten. Biotiten är mycket lik den i tonaliten.

### **Fint medelkornig granit, oftast muskovitförande**

Denna grå till rödgrå bergartstyp har på en del ställen kunnat urskiljas som separata kroppar. I det nordöstra karthörnet finns några långsträckta förekomster i anslutning till därvarande suprakrustala gnejsjer. Fältundersökningar samt mikroskopiska studier av zirkonerna i denna bergart på kartbladet Göteborg SO (Samuelsson & Ahlin 1978) visade att den kan ha

TABELL 10. Mineralfördelningen (volym-%) och kemisk (vikt-%) sammansättning av fint medelkornig och något gnejsig granit.  
*Modal (vol.%) and chemical (weight%) analyses of finely medium-grained, slightly foliated granite.*

Prov nr Sample No	JL 472	IL 43	IL 417B		IL 43	IL 417B
SGU lab. nr 011-					1203	1221
Kvarts	34	33	40	SiO <sub>2</sub>	73.2	76.3
Kalifältspat	31	35	46	TiO <sub>2</sub>	0.12	0.07
Plagioklas	31	30	12	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.9	11.8
Biotit	2	1	<0.5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6	0.6
Muskovit	<0.5	<0.5	<0.5	FeO	0.6	0.5
Klorit	<0.5	<0.5	0	MnO	0.03	0.01
Epidot	<0.5	0	0	CaO	1.6	0.6
Granat	<0.5	<0.5	0	MgO	0.24	0.01
Opakmineral	<0.5	<0.5	1	Na <sub>2</sub> O	6.1	2.7
Zirkon	<0.5	<0.5	0	K <sub>2</sub> O	1.3	5.6
Titanit	0	<0.5	<0.5	H <sub>2</sub> O > 105°C	0.2	0.1
Apatit	<0.5	<0.5	0	H <sub>2</sub> O < 105°C	0.1	<0.1
Antal mätpunkter	1032	1022	946	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.01
				CO <sub>2</sub>	<0.01	0.01
				F	0.02	0.01
				S	<0.02	0.03
				BaO	<0.01	0.06
				Summa	97.93	98.41
Analylokaler Localities				Spårelement (g/ton) Minor elements (ppm)		
JL 472 — 64414/12962 (8j)	Större granitområde Larger area of granite			Rb	30	
IL 43 — 64381/12814 (7g)	Mindre granitiskt parti Minor area of granite			Sr	130	
IL 417B — 64474/12814 (9g)	Mindre neosomparti Minor occurrence of neosom			Zr	300	

uppstått genom stark omvandling av ytbergartsgnejs. En sådan bergart kallas migmatitgranit.

I det nordvästra kartbladshörnet finns en förekomst av denna bergart. Något tydligt fältssammanhang med ytbergsartsgnejs föreligger ej där. Den omgivande plutoniska gnejsen är dock ganska granitisk i sammansättningen och på många ställen är den starkt rekristalliserad till en småkornig granit av samma utseende som i den större granitkroppen. Det förefaller även där vara så att den småkorniga graniten uppstått genom metamorf omvandling av den äldre berggrunden, som här utgörs av en ortognejs. Samma erfarenheter gjordes på kartbladet Göteborg SO, där man kunde

se hur den metamorfa rekristallisationen suddade ut både foliation och åderbildning i en äldre ortognejs (Samuelsson 1978, s. 40).

Rekristallisationen och omformningen av äldre ortognejs till småkornig homogen granit är en process, som kan resultera i berggrundspartier med omväxlande äldre gnejsgranittextur och yngre småkornig granitisk textur. Ofta finns gnejsgranit med oförändrad strukturriktning inom de olika restitfläckarna, vilket indikerar att omkristallisationen ägt rum under tektoniskt lugna perioder. Det innebär även ett karteringstekniskt dilemma att redovisa partier med sådan detaljväxling. Principen har dock varit att där nykristalliserat dominerar har bergarten fått en blekröd beteckning på kartan. Den kraftiga markeringen är bl.a. motiverad av de nya och oftast förbättrade mekaniska egenskaperna (bl.a. slaghållfastheten), som den genomgripande rekristallisationen givit den nya bergarten. I områden där den äldre berggrunden utgör ett väsentligt inslag har ursprungsbergartens färgbeteckning använts och rekristallisationen har markerats med överbeteckningen röda parallellstreck.

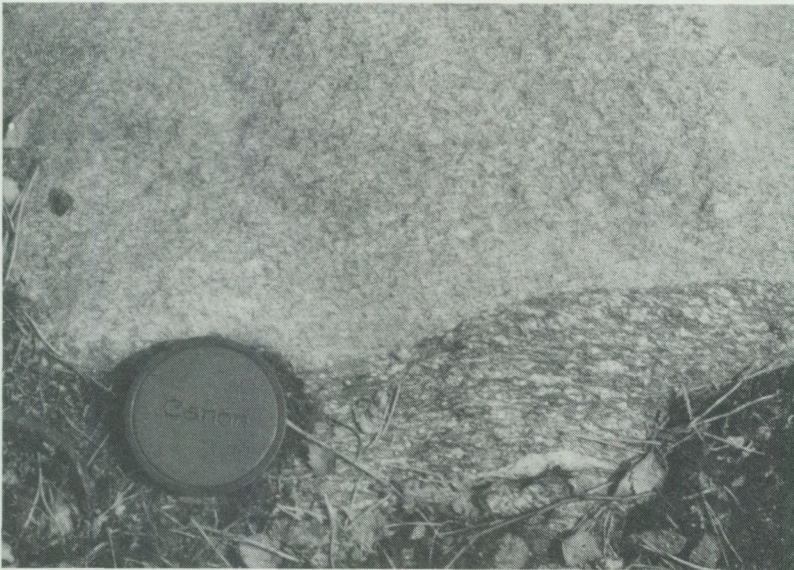


Fig. 12. Gång av grå, fint medelkornig granit (ljusgrå) slår igenom yngre tonalit. Västersjön (9f, 64464/12772).  
*A dyke of grey, finely medium-grained granite (pale grey) is cutting younger tonalite.*

Fältundersökningarna ger vid handen att den kraftiga metamorfos, som åstadkommit rekristallisationen och bildningen av den småkorniga graniten, ibland varit så genomgripande att en separat granitmagma utbildats. Denna har åtminstone lokalt varit mobil och kunnat intrudera den omgivande berggrunden som gångar, vilka slår igenom bl.a. den yngre tonalit-granitsvitens bergarter (fig. 12). Det är också klart att rekristallisationen drabbar en folierad granitisk variant av den yngre tonalit-granitsviten.

Åtminstone de väster om Göta älv belägna förekomsterna av muskovitförande granit förefaller vara bildade under den andra regionalmetamorfosens senare del, vilken betecknas Mig 2+ (se tabell 1).

### **Kalifältspatrika, gnejsiga graniter**

Röda till gråröda, kalifältspatrika, oftast ögonförande, gnejsiga graniter ligger i ett bälte, som sträcker sig från kartbladets sydvästra hörn åt NNÖ till den norra bladkanten. De utgör den nordliga fortsättningen på ett granitstråk, som från Kungsbackafjorden i söder drar norrut över västra Mölndal, centrala Göteborg, östra Hisingen och över Kungälv in på kartbladet Göteborg NO. Pågående kartering på kartbladet Vänersborg SO visar att dessa bergarter kan följas norrut åtminstone till områden öster om och vid Trollhättan.

Inom detta granitkomplex uppträder åtminstone tre olika granityper. Två av dem stammar ur samma granitmagma och har intruderat i samma tektoniska fas. Den tredje typen är i fält ofta svår att skilja från bättre bevarade varianter av den ena (äldre) av de båda andra. Därför har alla tre fått samma röda grundfärg på kartan. De olika typerna har dock markerats med siffrorna 1, 2 och 3.

Varianterna 1 och 2 har intruderat i samma tektoniska fas och visar också den största geokemiska och mineralogiska släktskapen (se nedan). På grund av den väsentligt förhöjda gammastrålningen i den sist kristalliserade varianten (2) har dessa två fått det gemensamma namnet RA-granit (jfr Samuelsson 1982, s. 52). Efter det att RA-graniten (1 och 2) folierats och ådergnejsomvandlats framträngde granittyp 3. Denna granit kristalliserade i samma tektoniska fas som Askimgraniten på bland annat kartbladet Kungsbacka NO. Eftersom petrografiska likheter finns mellan de båda graniterna, har typ 3 fått beteckningen Askimgranit. Det bör redan här påpekas att även typ 3 har drabbats av foliation och lokalt även

av åderbildning men att denna sena omvandling i typ 1 och 2 överpräglar den ovan nämnda äldre foliationen och åderbildningen.

**Röd till rödgrå, gnejsig granit med deformerade kalifältspatögon (RA-granit 1)**

Av kartbilden framgår att RA-granitens båda typer vanligen förekommer i fältmässigt nära samband med varandra. Dessutom finns de olika typerna isolerade från varandra som vid Gravlången (RA-granit 1) och sydöst om Bodasjön (RA-granit 2). Då bergarterna gränsar till varandra är kontakten skarp.

En i fält på flera ställen blottad kontakt ligger ca 1 km öster om S:t Peders kyrka (8h). Den västra och översta delen av detta bergområde består av homogen men folierad och migmatitådrig, ursprungligen grovporfyrisk, röd granit med 1/2 cm stora, brunröda granater. Gammastrålningen ger vid enkel fältmätning ca 20  $\mu$ R/h. Den underliggande bergarten har en gammastrålning, som är mer än dubbelt så hög som i bergarten



Fig. 13. Samtidigt intruderade basit- och granitmagmor. Östra Båljan (9h, 64458/12878).  
*Composite intrusion of basic and granitic magmas.*

ovanför. I övergångszonen, ca 1 m bred, ligger vanligen ett eller flera decimeter-breda band av amfibolit, vilka ibland sönderdelats till utdragna linser (= boudiner). På ställen där amfibolitband saknas, kan gränsen mellan de båda granittyperna preciseras med  $\pm 5$  cm noggrannhet med hjälp av strålningsmätaren.

Vid Östra Båljan (9h) kan man se att gångar av den mer radioaktiva graniten slår genom RA-granit 1 och en hybridbergart bildad av en metabasit och RA-granit 1. Denna lokal behandlas vid den petrogenetiska diskussionen nedan. Fältrelationerna ger alltså vid handen att RA-graniten nr 1 är äldre än den mer radioaktiva RA-graniten nr 2. Eftersom båda bergarterna har samma tektoniska relationer till sin omgivning har de intruderat i samma skede.

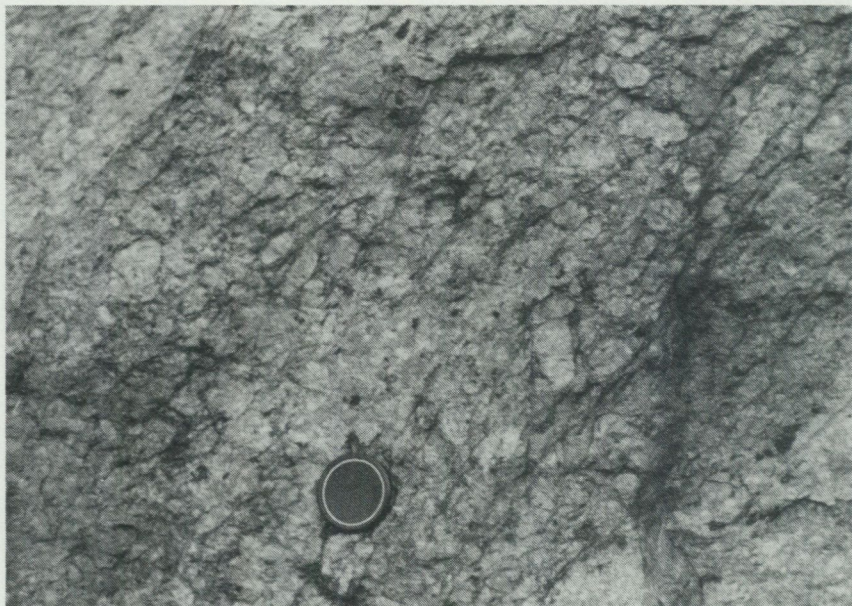


Fig. 14. Grovporfyrisk ögongranit, deformerad, av typ RA-granit 1, Norr om Göta (9g, 64486/12849).

*Porphyritic granite, deformed, of the type RA-granite 1.*

RA-granit 1 har en ursprunglig ögonstruktur (fig. 14) med ögonen bestående av fältuppdeld strängpertit. Denna omges av ett matrix av plagioklas, kvarts och mikroklin. Dessutom ingår biotit och hornblände i varierande mängdförhållanden. Titanit, avlånga zirkoner, apatit, epidot och allanit ingår som accessorier. Denna mineralparagenes synes ungefärligen motsvara den ursprungliga. Därtill kommer troligen senare utbildade granater.

De metamorfer och deformationer, som bergarten har genomgått, har lett till omfattande ändringar i struktur och mineralinnehåll. I extremfallet har de mörka mineralen omvandlats till klorit, epidot och leukoxen. Det senare mineralet har ibland omvandlats till titanit. De ljusa mineralen har polygonaliserats och helt rekristalliserat ofta till relativt små korn (fig. 15).

Plagioklasen är vanligen något sericitiserad dock utan att den innehåller större, i mikroskop identifierbara epidotkristaller (se Askimgraniten s. 63). An-halten ligger i oligoklasfältet. Kalifältspaten i matrix är vanligen en vackert korstvillingutbildad mikroklin.

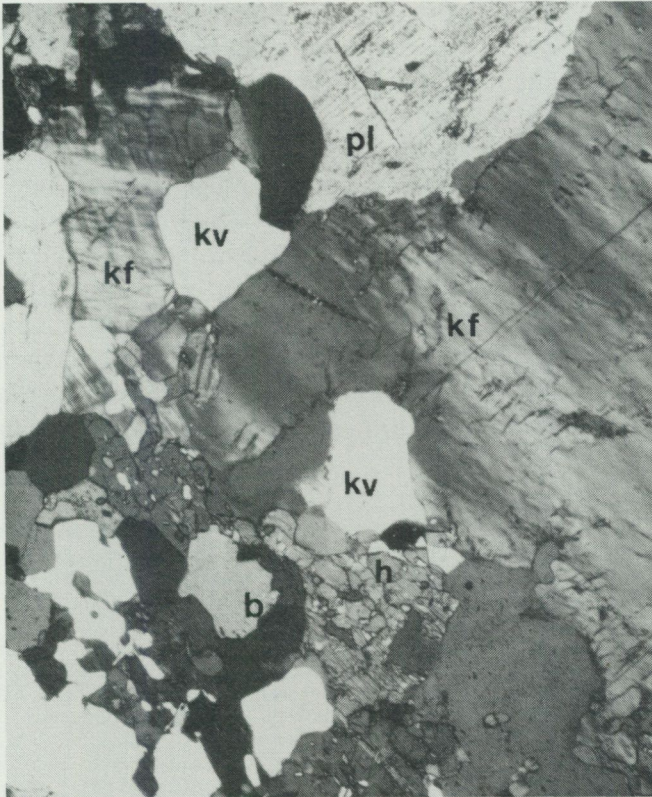


Fig. 15. Ögonförande granit (RA-granit 1). Mineralen mellan kalifältspatögonen är kvarts (kv), kalifältspat (kf), plagioklas (pl), biotit (b) och hornblände (h). Östra Båljan (9h, 64458/12878). 35 x. Foto C. Ålinder.

*Porphyritic granite (RA-granite 1). Matrix minerals are quartz (kv), microcline (kf), plagioclase (pl), biotite (b) and amphibole (h). 35 x.*

Hornbländet är ett vanligt grönt hornblände med pleokroism mot gulgrönt. Biotiten är pleokroitisk i olika olivgröna nyanser. Titaniten är ofta leukoxenomvandlad och sedan återbildad till granulär titanit och epidot (jfr ovan leukoxen bildad ur mafiska mineral). Ibland synes nykristallisering av ortit ha ägt rum. Ortit kan även ha utgjort ett primärt mineral, nu omslutet av senare kristalliserad epidot. Rosafärgade relativt stora granater är vanliga.

### Röd till rödgrå, kalifältspatrik och gnejsig granit (RA-granit 2)

Denna bergart skiljer sig från typ 1 bl.a. genom en högre andel kalifältspat. Detta innebär att en väsentlig del av kalifältspaten uppräder i matrix utanför ögonen, vilket har till följd att ögonkaraktären ej blir så markant. Det innebär även att vid den omfattande amfibolitfaciesmetamorfos, som drabbade både typ 1 och 2, har omkristallisation och återbildning åstadkommit mer omfattande strukturell omvandling av RA-granit 2. Lokalt är omkristallisationen så kraftig att en helt ny sockerkornig och homogen bergart bildats. Den nya bergarten har behållit sin starka gammastrålning under omvandlingen vilket indikerar obetydligt elementutbyte med omgivningen.

Mineralen i RA-granit 2 har bildats vid de metamorfa omkristalliseringarna. De ljusa mineralen kvarts, kalifältspat och plagioklas är sålunda ständigt omvandlade till nya korn och endast sporadiska rester av de ursprungliga mineralen kan spåras någon gång. För de mörka mineralen är omvandlingsgången delvis något lättare att rekonstruera. Där finns i vissa slip en hel del ursprungliga mineral från granitmagmans kristallisation.

Kalifältspatögonen, som från början bestod av svagt strängpertitisk mikroklin, är merendels uppdelade i aggregat av små mikroklinkorn blandade med mindre andelar kvarts och plagioklas. Plagioklasen är en klar och tvillinglamellerad oligoklas, som i ytterkanterna ibland är något zonerad. Även mikroklinen är i allmänhet helt frisk eller endast svagt sericitiserad. Kvartsen är vanligen uppdelad på småkorn. Enstaka större kvartskorn har ibland undulerande utsläckning.

De mörka mineralen utgörs av hornblände med pleokroism i blågrönt till blekt gulgrönt och biotit, som är starkt pleokroitisk från mörkt olivgrön, nästan svart, till blekgul. Den har små spolar av omvandlingsmineral, ofta omgivna av bruna strålningsbetingade halor. Titanit förekommer sällan frisk men synes ha gett upphov till grågulbruna anhopningar av sekundärmineral samt ibland små, citrongula epidotkristaller. I ansamlingarna av mörka mineral finns alltid en hel del korn av svagt brun till gulbrun allanit. Dessutom ingår ständigt malmmineral, varav de största kornen består av magnetit. Intill malmkornen utbildas ibland sekundära, gulbruna, prismatiska småmineral av stilpnomelankaraktär. Långsträckta, klara zirkoner, oftast zonärt påväxta, uppträder enstaka samt ibland i små ansamlingar på två till tre korn. Flusspat förekommer ofta och kan ibland iaktas med lupp, särskilt som färgen oftast är starkt violett. Ofärgad flusspat har också iakttagits i tunnslip. I tunnslip från granitpartier, som ligger i eller nära svekonorvegiska deformations- och omvandlingsstråk, har först hornblände och sedan biotit (delvis) omvandlats till klorit.

TABELL 11. Mineralfördelningen i ögonförande och gnejsiga graniter (RA-granit, typ 1 och 2, volym-%).  
*Modal compositions of porphyritic and foliated granites (RA granite, type 1 and 2, vol. %).*

Prov nr <i>Sample No</i>	JL985	LS1296	LS133	IL64	JL1053	SÅL24	SÅL21A	LS171A	IL474
Kvarts	25	34	32	27	21	28	21	31	26
Kalifältspat	40	30	20	25	31	22	27	13	30
Plagioklas	25	25	31	28	34	29	47	34	37
Biotit	7	6	9	13	0	12	2	10	1
Muskovit	0	0	<0.5	0	0	0	<0.5	0	<0.5
Klorit	<0.5	3	2	<0.5	12	1	1	1	1
Hornblände	2	<0.5	1	5	0	7	1	2	3
Epidot/Allanit	0	<0.5	1	<0.5	1	0	<0.5	6	<0.5
Granat	0	<0.5	<0.5	0	0	<0.5	0	0	0
Kalcit	0	0	<0.5	<0.5	<0.5	0	<0.5	<0.5	0
Opakmineral	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1
Zirkon	<0.5	<0.5	<0.5	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Titanit	1	1	2	1	<0.5	1	0	2	1
Apatit	<0.5	<0.5	1	1	<0.5	<0.5	<0.5	1	<0.5
Flusspat	0	0	0	0	0	0	0	0	<0.5
Lermineral i korn- gränser	0	1	0	0	0	<0.5	<0.5	0	<0.5
Antal mätpunkter	1274	987	1038	1031	1023	941	1102	1046	2027
Analyslokaler <i>Localities</i>									
RA1	RA2								
JL985 — 64458/12878 (9h)	SÅL21A — 64386/12857 (7h)			IL139 — 64401/12833 (8g)					
LS1296 — 64431/12876 (8h)	LS171A — 64409/12843 (8g)			LS167 — 64448/12870 (8h)					
LS133 — 64486/12849 (9g)	IL474 — 64266/12755 (5f)			LS88 — 64418/12866 (8h)					
IL64 — 64380/12824 (7g)	IL311 — 64454/12839 (9g)			LS171B — 64409/12843 (8g)					
JL1053 — 64475/12847 (9g)	SÅL25 — 64392/12857 (7h)			IL65 — 64376/12826 (7g)					
SÅL24 — 64393/12855 (7h)	LS166 — 64462/12864 (9h)			P27 — 64454/12839 (5f)					

TABELL 11, forts.

Prov nr <i>Sample No</i>	IL311	SÅL25	LS166	IL139	LS167	LS88	LS171B	IL65	P27
Kvarts	21	36	30	29	35	34	38	34	29
Kalifältspat	34	22	27	33	33	35	34	40	46
Plagioklas	37	31	30	28	27	24	25	19	15
Biotit	2	8	7	5	1	5	2	4	6
Muskovit	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klorit	1	1	<0.5	3	<0.5	1	<0.5	1	0
Hornblände	2	1	4	1	0	0	0	1	3
Epidot/Allanit	<0.5	<0.5	1	<0.5	0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Granat	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalcit	0	0	0	0	0	0	<0.5	0	0
Opakmineral	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zirkon	0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0	0	0	<0.5
Titanit	1	1	1	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Apatit	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Flusspat	1	0	<0.5	0	1	0	0	1	<0.5
Lermineral i korn- gränser	<0.5	0	<0.5	0	0	<0.5	0	0	1
Antal mätpunkter	1003	946	1038	1007	1140	1120	1019	1002	1098

TABELL 12. Kemiska analyser av ögonförande och gnejsiga graniter (RA-granit, typ 1 och 2, vikt-%).  
*Chemical analyses of porphyritic and foliated granites (RA granites, type 1 and 2, weight%).*

Prov nr Sample No	JL969	LS129b	LS133	IL64	JL1053	LS171	IL474
SGU lab. nr 011-	1238	1249	1250	1204	1245	1258	1224
SiO <sub>2</sub>	68.8	68.0	69.6	67.4	71.1	76.6	73.3
TiO <sub>2</sub>	0.53	0.57	0.45	0.86	0.49	0.19	0.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.7	14.4	14.2	12.9	14.1	11.7	12.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.4	1.3	1.3	1.2	1.5	0.4	1.6
FeO	2.8	3.1	2.0	4.4	2.5	0.6	1.0
MnO	0.08	0.09	0.06	0.11	0.08	0.02	0.02
CaO	1.5	1.9	1.8	2.3	1.2	0.6	0.7
MgO	0.40	0.42	0.55	1.17	0.55	0.17	0.03
Na <sub>2</sub> O	3.6	3.6	3.5	3.1	3.6	2.2	3.0
K <sub>2</sub> O	5.4	5.3	4.9	4.8	4.8	6.3	6.3
H <sub>2</sub> O > 105°C	0.8	0.8	1.1	0.3	0.9	0.4	<0.1
H <sub>2</sub> O < 105°C	0.3	0.2	0.2	<0.1	0.3	0.1	0.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.15	0.14	0.16	0.16	0.02	0.02
CO <sub>2</sub>	<0.01	<0.01	0.03	0.04	0.10	0.07	0.02
F	0.06	0.10	0.06	0.10	0.04	0.02	0.10
S	<0.02	<0.02	0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02
BaO	0.10	0.09	0.11	0.07	0.10	0.04	0.04
Summa	100.61	100.02	100.02	98.94	101.52	99.43	99.11
Spårelement (g/ton)							
<i>Minor elements (ppm)</i>							
Rb	170	180	140	160	140	230	300
Sr	110	90	100	90	100	40	70
Zr	700	900	600	600	600	300	700

Analyslokaler  
*Localities*

JL969 — 64478/12893 (9h)

Övriga lokaler i tabell 11.  
*The rest in Table 11.*

I flera slip är kornfogar och små spalter i mineralkornen utfyllda av brungula sekundärminerale. Vid en undersökning av grusvittrande partier av RA-granit 2 i trakten söder om Göteborg konstaterades att vittringens utbredning i hållblotningarna sammanföll med förekomsten av sådana sekundära omvandlingsmineral (Samuelsson 1973, 1982). En förutsättning för grusvittringen är att den sekundära kornfogs- och spaltmineraliseringen bildar ett sammanhängande nätverk. Detta brukar sammanfalla med en volymsandel på cirka 1 % för de brungula mineralen. Genom röntgenanalys konstaterades att de brungula mineralen i kornfogar och spalter till väsentlig del utgjordes av montmorillonitgruppens lermineral. I de undersökta slipen från Göteborg NO har ingenstades iakttagits tillnärmelsevis så hög andel av den gulbruna lermineralfilmen. Ej heller har någon större vittringsbenägenhet hos RA-granit 2 kunnat iaktas i fält. Eftersom denna typ av sekundärmineralisering kan uppträda var som helst och på vilka djup som helst i nämnda granit måste man vid underjordsarbeten (t.ex. tunneldrivning) i nämnda granit beakta möjligheterna till försämrade bergkvalitet på grund av denna presumptiva vittringsbenägenhet (se bl.a. Lundgren 1978, s. 58).

TABELL 12, forts.

Prov nr <i>Sample No</i>	IL311	LS166	IL139	LS167	LS88	IL65	P27
SGU lab. nr 011-	1215	1253	1208	1254	1248	1205	1231
SiO <sub>2</sub>	71.5	71.9	71.1	75.1	74.6	74.6	72.7
TiO <sub>2</sub>	0.34	0.29	0.35	0.31	0.31	0.24	0.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.4	13.5	13.3	11.1	12.9	12.6	13.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0	0.8	1.6	1.8	0.8	0.6	1.3
FeO	2.3	1.6	1.9	1.2	0.9	1.9	1.5
MnO	0.08	0.05	0.08	0.05	0.03	0.05	0.06
CaO	1.2	1.0	0.5	0.4	0.8	0.8	1.0
MgO	0.13	0.24	0.25	0.02	0.30	0.04	0.20
Na <sub>2</sub> O	3.5	3.1	3.3	3.5	2.7	3.4	3.3
K <sub>2</sub> O	5.7	6.3	5.6	5.0	6.3	5.4	5.7
H <sub>2</sub> O > 105°C	0.2	0.5	0.8	0.3	0.7	<0.1	0.8
H <sub>2</sub> O < 105°C	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	<0.1	0.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.05	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04
CO <sub>2</sub>	0.06	0.04	0.07	0.03	0.05	0.03	<0.01
F	0.16	0.10	0.04	0.16	0.04	0.23	0.14
S	<0.02	0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
BaO	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
Summa	99.76	99.73	99.29	99.13	100.70	99.94	100.50
Spårelement g/ton)							
<i>Minor elements (ppm)</i>							
Rb	240	340	250	300	360	300	280
Sr	30	40	40	<40	40	20	50
Zr	800	500	800	1000	400	600	600

### Ögonförande, grårod granit (Askimgranit)

Denna bergart är, som de förut beskrivna, ursprungligen en ögongranit. Ögonen är vanligen ej större än 1 cm i diameter. Kornstorleken i matrix är oftast 1–3 mm. Bergarten har betydligt bättre bevarade ursprungliga strukturdrag än de båda föregående graniterna. Detta kan studeras där de olika granityperna uppträder intill varandra som vid Barsjöns västända (9h). I hållarna åt öster finns en röd RA-granit 2, med gammastrålning > 40  $\mu$ R/h. Den är folierad, ådrad, rekristalliserad, ånyo folierad och något rekristalliserad. I väghällen åt väster finns rödgrå folierad Askimgranit med gammastrålningen 20  $\mu$ R/h. Ögonen är utdragna i anslutning till foliationens veckning och över strukturen växer glesa kvarts-fältspatådror (fig. 16). Askimgraniten har alltså genomgått en amfibolitfaciesmetamorfos minde än RA-graniterna. Förhållandena väster om Göta älv är analoga men de kraftiga, sena deformationerna, som särskilt starkt drabbat



Fig. 16. Ögonförande granit av yngre typ (3. Askimgranit). Granitens foliation är delvis utsuddad genom rekristallisation och åderbildning, (9h, 64459/12858).  
*Porphyritic granite of younger type (3. Askim granite). The foliation is partly obliterated by recrystallization and veining.*

berggrunden närmast väster om älven, utsuddar äldre strukturella skillnader mellan samtliga bergarter.

Askimgraniten öster om Göta älv har undersökts i tunnslip från förekomsten vid Barsjön (9h) samt undergått kemisk analys (tabellerna 13 och 14, LS 165B). Bergarten har tydlig ögonstruktur. Ögonen är blekröda och genom tektonisering utdragna till avlånga kornaggregat. Dessa domineras av gles tångpervitisk mikroklin. Dessutom ingår plagioklas och kvarts. Mellanmassan består av kvarts, plagioklas och ungefärligen lika mängder av biotit och hornblände.

I mikroskopet avslöjas att bergarten undergått betydande deformation. De ursprungliga mineralkornen är sönderspräckta, granulerade och rekristalliserade. Granat förekommer glesst men i ganska stora aggregat. Bland de accessoriska mineralen märks titanit, zoisit, malmkorn, apatit och zirkon.

Plagioklasen består vanligen av relativt friska korn med en ljusbrytning som indikerar en sammansättning under  $An_{10}$ . Dessutom finns en del, ofta något större, korn vars inre delar är starkt sericitiserade. Dessa korn visar ofta myrmekitstrukturer (fig. 17). I enstaka plagioklaskrystaller finns fläckar av avblandad kalifältpat (= antipertit). Undulös utsläckning mot kanterna antyder likaledes att dessa korn har en ursprunglig variation i anortitnehållet.

Biotiten är pleokroitisk i grågrönbrunt till blekt brungult. Den är merendels frisk och samexisterar huvudsakligen med blågrönt hornblände. I ansamlingarna av mafiska mineral ingår även en klar titanit, malmkorn och zoisit. Dessutom finns enstaka relativt stora, men ofta fragmenterade zirkonkristaller.

TABELL 13. Mineralfördelningen i yngsta ögonförande graniten (Askimgranit, volym-%).  
*Modal compositions of the youngest, porphyritic granite (Askim granite, vol. %).*

Prov nr <i>Sample No</i>	LS165B	IL38	IL330	IL762	IL89	IL329	IL283	IL136A	IL136B	P32
Kvarts	16	32	35	36	19	31	28	31	35	46
Kalifältspat	28	16	19	16	37	32	36	38	42	34
Plagioklas	36	37	38	41	33	30	26	23	22	16
Biotit	5	0	<0.5	5	5	5	1	2	<0.5	3
Muskovit	0	0	0	<0.5	0	0	0	0	0	<0.5
Klorit	1	8	5	<0.5	<0.5	0	8	3	1	<0.5
Hornblände	11	0	0	0	4	0	0	2	0	0
Epidot	<0.5	6	1	2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0	<0.5
Granat	0	0	<0.5	0	0	0	0	0	<0.5	0
Kalcit	0	0	0	0	0	0	<0.5	0	0	0
Opakmineral	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1	<0.5	<0.5	1	<0.5
Zirkon	0	0	<0.5	<0.5	0	<0.5	<0.5	0	0	<0.5
Titanit	1	1	1	<0.5	1	1	1	1	<0.5	0
Apatit	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0	<0.5
Flusspat	0	<0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
Lermineral i kornfogar	0	0	0	0	<0.5	<0.5	0	0	0	<0.5
Antal mätpunkter	1060	988	1039	1090	1097	922	951	1060	991	1019

Analyslokaler

*Localities*

LS 165B	— 64459/12858 (9h)	IL 329	— 64476/12819 (9g)
IL 38	— 64373/12802 (7g)	IL 283	— 64471/12838 (9g)
IL 330	— 64471/12816 (9g)	IL 136A	— 64404/12827 (8g)
IL 762	— 64323/12774 (6f)	IL136B	— 64404/12827 (8g)
IL 89	— 64395/12825 (7g)	P 32	— 64311/12769 (6f)

TABELL 14. Kemiska analyser av yngsta, ögonförande graniten (Askimgranit, volym-%).  
*Chemical analyses of the youngest porphyritic granite (Askim granite, vol. %).*

Prov nr <i>Sample No</i>	LS165B	IL38	IL330	IL762	IL89	IL329	IL283	IL136	P32
SGU lab. nr 011-	1252	1202	1217	1227	1206	1216	1214	1207	1233
SiO <sub>2</sub>	63.6	67.9	74.6	72.7	71.0	73.6	70.3	73.4	74.7
TiO <sub>2</sub>	0.66	0.41	0.25	0.20	0.42	0.27	0.41	0.35	0.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.7	14.3	12.9	13.7	13.0	13.5	14.4	14.0	13.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.0	1.1	1.0	0.7	0.9	1.3	0.8	0.9	0.8
FeO	3.3	1.8	1.3	0.9	2.2	1.4	2.4	1.9	0.8
MnO	0.08	0.06	0.05	0.03	0.07	0.04	0.07	0.06	0.04
CaO	4.4	2.5	0.5	1.4	1.4	1.3	0.9	1.1	1.1
MgO	2.5	1.14	0.36	0.39	0.37	0.29	0.43	0.35	0.30
Na <sub>2</sub> O	3.9	3.5	3.5	3.3	3.2	3.0	3.3	3.0	3.5
K <sub>2</sub> O	2.3	4.0	5.1	5.3	5.5	5.4	5.9	6.2	4.9
H <sub>2</sub> O > 105°C	1.4	0.8	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6	0.3	0.4
H <sub>2</sub> O < 105°C	0.3	0.3	0.2	0.2	<0.1	0.1	0.1	<0.1	0.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.11	0.05	0.06	0.08	0.05	0.07	0.07	<0.01
CO <sub>2</sub>	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.06	<0.01	0.08	0.06
F	0.06	0.06	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
S	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02
BaO	0.07	0.06	0.16	0.10	0.04	0.16	0.10	0.08	0.09
Summa	101.44	98.04	100.58	99.61	98.61	100.93	99.81	101.82	100.33
Spårelement (g/ton) <i>Minor elements (ppm)</i>									
Rb	170	140	150	110	140	140	120	130	120
Sr	110	250	80	180	60	130	50	60	100
Zr	900	300	400	300	600	500	600	500	300

Analyslokaler, se tabell 13.  
*Localities, see Table 13.*

I tunnslip från Askimgranitförekomsterna väster om Göta älv kan iaktas att de ljusa mineralen förekommer ungefärligen som ovan beskrivits. Förutom sericitisering av kärnorna i en del av plagioklaserna förekommer ibland ansamlingar av små, men identifierbara epidotkristaller. Kalifältspatögonen är ibland polyminerala och granulerade, men i bättre bevarade partier består de av stora något strängpertiska mikroklinkkristaller. Dessa har en del större fläckar med relativt klar och tvillinglamellerad plagioklas.

Både de ljusa och mörka mineralen är i olika stadier av sekundära omvandlingar. Detta kan iaktas både i enskilda slip och vid en jämförelse av slip från skilda områden av granitförekomsterna. Det är främst i de mörka silikatmineralen som omvandlingarna kan följas. Dessa synes ursprungligen ha utgjorts av i stort sett samma faser som ovan beskrivits från området öster om älven. Granat har dock ej iakttagits i slip från området väster om Göta älv. En sammanställning av sliptagningarna ger följande sekvens av omvandlingar.

1. Ursprungligen fanns biotit, grönt hornblände och upp till 2 mm stora titanitkristaller.
2. Titaniten omvandlas delvis till leukoxen, epidot och malmmikroliter. Dessutom utbildas klara spolar av prehnit i biotiten.
3. Leukoxenen och den tidigare bildade epidoten samt malmmikroliterna ombildas till ansamlingar av små korn av frisk titanit. Biotiten är något lamellärt kloritomvandlad. Sillimanit (fig. 18) har bildats lokalt ur biotit intill en stor titanit.
4. Total omvandling av biotit till klorit samt hornblände till epidot och klorit. I samband med hornbländets kloritisering har en del kalcit bildats. Dessutom finns både äldre och yngre titanit sida vid sida. Den yngre har ofta växt på den äldre. Flusspat finns i ett slip med total kloritisering av biotit och hornblände.

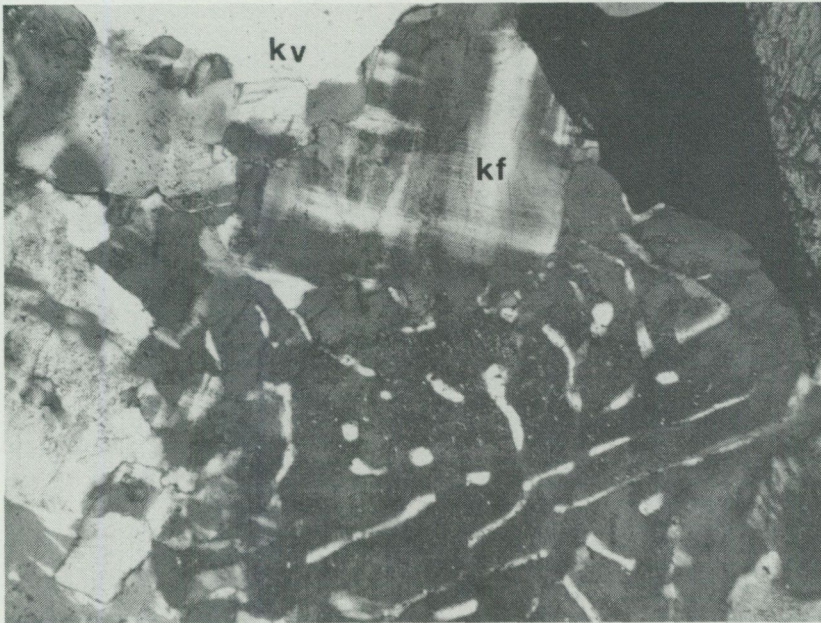


Fig. 17. Plagioklaskristall, delvis myrmekitomvandlad omgiven av kalifältspat (kf) och kvarts (kv). Samma bergart och lokal som i fig. 16. 100 x. Foto C. Ålinder.  
*Plagioclase, partly altered to myrmekite, surrounded by microcline (kf) and quartz (kv). 100 x.*

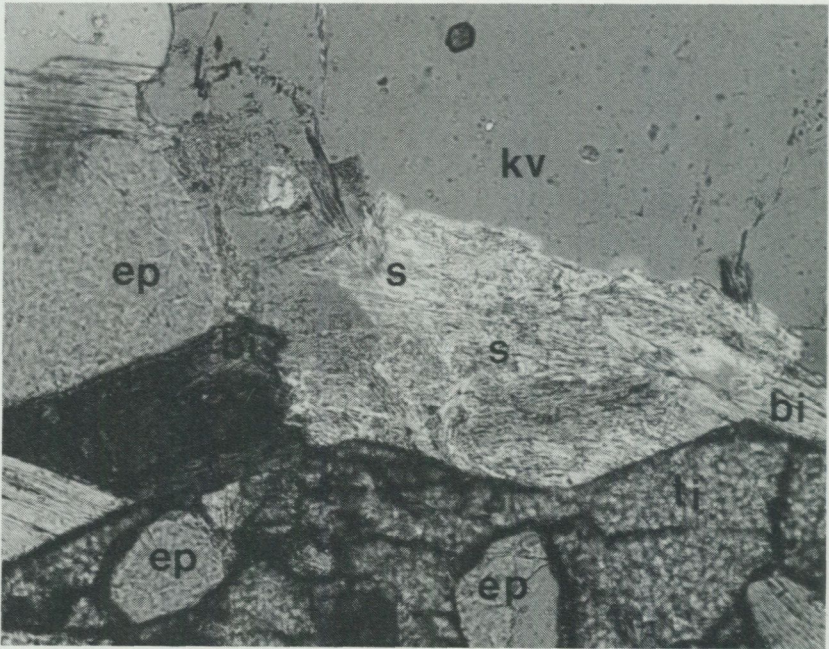


Fig. 18. Sillimanit (s), små nålar (= fibrolit), omges av biotit (bi), titanit (ti), epidot (ep) och kvarts (kv). Öster om Klovatjärn (6f, 64323/12774). 250 x. Foto C. Ålinder.  
*Sillimanite (s), surrounded by biotite (bi), sphene (ti), epidote (ep) and quartz (kv). 250 x.*

### Basiska bergarter

Olika typer av mörka bergarter finns spridda över hela kartbladet. De utgörs mestadels av ursprungligen magmatiska bergarter. Ett gemensamt drag är att  $\text{SiO}_2$ -halten vanligen ligger under 55 %. De ingående mineralen är följaktligen förhållandevis kiselsyrafattiga och mörka. Densiteten ligger mellan 2.8 och 3.2 med enstaka högre värden och är högre än för kartbladets övriga bergarter (jfr s. 94).

Dessa bergarter bildas av magmor, vilka uppstått genom selektiv uppsmältning i jordens mantel. I geologiskt aktiva zoner kan dessa magmor förflytta sig uppåt och kristallisera på olika nivåer i jordskorpan. Genom variationer i avkylningshastigheten ger de upphov till strukturellt olikartade bergarter, som dock har likartad kemisk sammansättning. I den aktuella berggrunden har förutsättningar för dessa bergarters bildning förele-

gat vid flera tillfällen. Följaktligen innehåller denna grupp bergarter av skilda åldrar. De äldsta är av samma ålder som områdets äldsta berggrund, sedimentbergarterna, medan andra inträngde i jordskorpan under senare skeden, då de geologiska förutsättningarna härför var gynnsamma. Bergarternas nuvarande utseende varierar beroende på dels den ursprungliga bildningsmiljön, och dels den metamorfa omvandling de genomgått.

De basiska bergarterna på kartbladet Göteborg NO har alla genomgått metamorfa förändringar. På Hisingen, västra Göteborg och på Onsalalandet liksom i trakten nordväst om Kungälv finns ometamorfa diabaser och norit, som med hänsyn till sin paleomagnetism kan ha intruderat i tidsintervallet 800–900 Ma (Abrahamsen 1974, Bergström 1963, Lundegårdh 1958). På kartbladet Göteborg NO har dock inga friska diabaser iakttagits.

I den efterföljande beskrivningen behandlas de mörka bergarterna i två åldersmässiga grupper. Den första innehåller de bergarter som uppträder i anslutning till suprakrustalbergarterna och den andra omfattar de bergarter som intruderat efter den första regionalmetamorfosen.

#### **Amfibolit, ultrabasit och metagabbro**

I de större förekomsterna av Stora Le–Marstrandsformationens bergarter väster om Göta älv finns smärre lager och linser av basiska bergarter. Inom Stora Le–Marstrandsformationens huvudområde finns på öarna söder om Tjörn stora förekomster av basiska bergarter (Bergström 1963). Inom dessa har vid den pågående karteringen iakttagits tydliga indikationer på vulkaniskt ursprung (Åhäll 1984). Det finns därför anledning anta att en del av de basiska leden i ytbergartspartierna på Göteborg NO väster om Göta älv även de har vulkaniskt ursprung. De utgörs nu av finkorniga till medelkorniga hornbländedominerade amfiboliter. Förekomster av sådana amfiboliter i anslutning till ytbergartsgnejsjer inom andra delar av kartbladet kan ha ett liknande ursprung. Den största förekomsten ligger söder om Vanderydsvattnet (8j). Den kraftiga tektoniseringen gör det dock omöjligt att känna igen några vulkaniska strukturer. Det är möjligt att även intrusiva basiska bergarter ingår i denna kropp.

Öster om Nödinge (5f) i sydvästra delen av kartbladet finns ytterligare ett stråk av amfibolit i anslutning till ytbergartsgnejsen. För övrigt uppträ-

der amfiboliterna som små skivor och linser i övrig berggrund, företrädesvis där ytbergartsgnejs ingår till någon del.

Amfiboliterna i Stora Le-Marstrandsformationens ytbergartsgnejs har beskrivits av Bergström (1963, s. 22). De består av tämligen homogena, 0.1 mm — 3 mm stora amfibolkristaller. Dessa är inordnade parallellt med den dominerande veckaxelriktningen. Övriga mineral utgörs av plagioklas ( $An_{10-35}$ ), någon kvarts och biotit samt klinozoisit. Accessoriska mineral är titanit, apatit och malmmineral. Granat förekommer i varierande mängder. Bergström anger även en kemisk analys av huvudelement och spår-element i amfibolitprover från Bockholmen resp. St. Dyrön på kartbladet Göteborg NV.

Bergströms beskrivning gäller förmodligen även för de amfibolitiska lager och linser som finns i brottstycken av Stora Le-Marstrandsformationens bergarter i området väster om Göta älv. Förekomsterna av amfi-



Fig. 19. Rapungaberget ligger i ett stråk av starkt sammanpressad och bandad berggrund. Den mörka, basiska bergarten på övre delen av höjden består av metagabbro med ultramafiska partier. Sydväst om Hålsjön (7h).  
*Rapungaberget is situated in an area of very tectonized and banded rocks. The top of the hill consists of metagabbro.*

bolit i anslutning till ytbergartsgnejserna öster om älven synes i stort sett ha likartad sammansättning. Mineralkornen är dock i regel något större och epidot samt biotit synes vara vanligare.

Den andra gruppen basiska bergarter, som visar fältmässig anknytning till ytbergartsgnejserna, utgörs av omvandlad gabbro och ultrabasit. Dessa bergarter uppträder merendels inom den stora veckstruktur, som från sydväst drar upp mot kartbladets nordöstra hörn. Strukturen utgör en fortsättning från kartbladet Göteborg SO, där dessa bergarter har sin rikligaste förekomst och bästa utbildning i trakten av Lerum. Det var där möjligt att konstatera att även anortositisk gabbro och anortosit tillhör denna sekvens av djupbergarter (Samuelsson 1978, 2. 28). På det här aktuella kartbladet har förekomster av anortosit ej iakttagits. Däremot har smärre partier av anortositisk gabbro med  $\text{dm}^2$ -stora plagioklasströkorn iakttagits i anslutning till en delvis ultrabasisk grönstens kropp, 2 km nordöst om Bodasjön (9i). Det är alltså tveklöst så att dessa bergarter tillhör samma svit som de på kartbladet Göteborg SO beskrivna. De magnetiska kartorna Göteborg SO och Göteborg NO visar en typiskt orolig anomalibild där dessa bergarter förekommer. Det är främst de helt plagioklasfria, ultrabasiska delarna av intrusionerna som förorsakar anomalerna.

Mineralinnehållet i de dominerande gabbroida delarna av denna intrusionssvit framgår av tabell 15. Texturen är oftast massformig med mm-stora ansamlingar av mörka mineral, främst hornblände, i en omgivning av plagioklaskristaller av olika ålder.

Ansamlingarna av mörka mineral är ibland uppbyggda av en småkornig kärna, vars dominerande mineral är ett blågrönt till blekgrönt hornblände späckat med små plagioklas-korn, epidot, titanit, kalcit samt malmmikroliter. I några fall finns i detta centrala parti även rester av en grönpleokroitisk klinopyroxen. Kornansamlingarnas marginaler utgörs av något större (0.2 mm) homogena hornbländekristaller. I denna zon uppträder även större malmkorn omgivna av en titanitzon samt växlande mängder biotit. De senare mineralen har kristalliserat samtidigt med de medelstora, rena hornbländekristallerna och har tillsammans med dessa reorganiserat småkornsmaterialens kemiska innehåll.

Plagioklasen mellan aggregaten av mörka mineral är utbildad i två distinkta typer. Den äldre av dessa består av relativt stora korn som innehåller mindre korn av epidot, biotit och sericit. Dessa större korn har ofta uppdelats i små, klara plagioklaskorn av andesinsammansättning. Härvid har i deras omgivning smärre korn av biotit och hornblände samt malm kristalliserat.

Zirkon uppträder sporadiskt i biotiten som mycket små kristaller omgivna av en mörk halo.

De ultrabasiska varianterna av denna intrusivsvit uppträder dels som mer eller mindre klart avgränsade partier i de gabbroida partierna, och dels såsom isolerade förekomster i omgivande bergarter. På kartbladet Göte-

TABELL 15. Mineralfördelningen i basiska bergarter (volym-%).  
*Modal compositions of basic rocks (vol. %).*

Prov nr <i>Sample No</i>	BF 240	SÅL 53	SÅL 95	LS 98	JL 724	ILq 36
Kvarts	1.3	4	8	3	1	13
Kalifältspat	<0.5	<0.5	1	<0.5	0	<0.5
Plagioklas	16	37	27	25	34	35
Biotit	6	10	7	3	1	12
Muskovit	<0.5	0	0	0	0	0
Klorit	2	1	0	1	1	1
Hornblände	72	41	57	47	33	36
Pyroxen	0	4	0	18	5	0
Epidot	0.5	<0.5	0	0	1	<0.5
Klinozoisit	0	0	0	0	0	0
Granat	<0.5	0	0	<0.5	21	0
Kalcit	<0.5	1	<0.5	0	2	<0.5
Zirkon	0	<0.5	0	0	0	0
Titanit	1	<0.5	0	0	0	0
Apatit	1	1	<0.5	0	<0.5	1
Opakmineral	1	2	<0.5	3	<0.5	0.6
Antal mätpunkter	994	1114	983	952	1017	1022

#### Analyslokaler

##### *Localities*

- BF 240<sup>1</sup> — 64297/12840 (5g). Metagabbro.  
 SÅL 53 — 64377/12875 (7h). Metagabbro.  
 SÅL 95 — 64387/12898 (7h). Metagabbro, Rapungaberget.  
 LS 98 — 64464/12935 (9i). Metabasit.  
 JL 724 — 64495/12960 (9i). Metabasit.  
 ILq 36<sup>1</sup> — 64369/12820 (5f). Förkislad metabasit.

<sup>1</sup> Kemisk analys finns.

borg SO var det möjligt konstatera att de ultrabasiska delarna bildats som differentiat ur den gabbroida huvudbergarten innan förekomsterna fick sitt nuvarande fördelningsmönster (Samuelsson 1978). Denna bildningsmodell gäller även för förekomsterna på kartbladet Göteborg NO. Relationerna till den äldre tonalit-granitsvitens bergarter samt de omfattande strukturella deformationerna indikerar att både magma- och vecknings-tektonik har medverkat till dessa bergarters nuvarande utbredning.

Ultrabasiterna är massformiga och grovkorniga bergarter. De domine-ras av 1–4 cm stora hornbländekrystaller. Karakteristisk är deras höga densitet (>3.2). En utmärkt lokal för studium av denna bergart finns i ett nedlagt mindre stenbrott 3 km VSV om Skepplanda kyrka (6g, 64342/12844).

TABELL 16. Kemiska analyser av basiska bergarter (vikt-%).  
*Chemical analyses of basic rocks (weight%).*

SGU lab. nr 011-	1259	1201	1223
SiO <sub>2</sub>	45.9	56.4	51.2
TiO <sub>2</sub>	1.01	1.24	1.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.4	15.4	17.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.8	2.1	2.3
FeO	7.3	6.8	6.4
MnO	0.19	0.14	0.13
CaO	10.2	7.1	8.9
MgO	5.6	5.4	7.0
Na <sub>2</sub> O	2.6	3.1	3.4
K <sub>2</sub> O	1.6	1.7	1.2
H <sub>2</sub> O >105°C	2.1	1.6	1.8
H <sub>2</sub> O <105°C	0.2	0.1	0.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.50	0.20	0.17
CO <sub>2</sub>	0.11	0.25	<0.01
F	0.07	0.06	0.04
S	0.15	0.11	0.02
BaO	0.05	0.06	0.04
Summa	100.78	101.76	101.63
Spårelement (g/ton)			
<i>Minor elements (ppm)</i>			
Cr		74	95
Ni		75	152
Co	113	126	96
V	469	306	279
Analyslokaler			
<i>Localities</i>			
1259	BF 240	— 64297/12840 (5g). Metagabbro.	
1201	ILq 36	— 64369/12820 (7g). Förkislad metabasit.	
1223	ILq 473	— 64262/12754 (5f). Metabasit.	

Mineralassociationen i bergarten är merendels metamorf. Rester av olivin och pyroxen i den eljest hornbländedominerade bergarten visar att dessa mineral varit viktiga komponenter vid magmans kristallisation. De mineral, som nu ingår i bergarten är olivin, klinopyroxen, ljusbrun amfibol i megakrister, fibrösa hornbländen, opakmineral, pleonast, biotit, klorit och serpentin. De sistnämnda mineralen kan tillsammans med talk utgöra större delen av innehållet i dels små isolerade ultrabasitförekomster, och dels i marginalpartier av större förekomster.

Bergarternas geokemi har ej närmare undersökts på föreliggande kartblad eftersom de analyser som publicerats i beskrivningen till kartbladet Göteborg SO i allt väsentligt gäller även för denna speciella bergartsgrupps representanter på Göteborg NO. Värt att notera är halterna av krom och



Fig. 20. En del yngre basiska bergarter (ljusgröna på kartan) har tydliga, vita plagioklaslister ordnade i ett strömningsmönster nära bergartskroppens kontakter. Väster om Vanderydsvattnet (9j, 64480/12956).

*Some younger basic rocks (light green colour on the map) have distinct whitish plagioclase laths arrange in a flow pattern close to the borders of the rock body.*

nickel ( $\sim 2\ 000$  resp.  $\sim 1\ 000$  g/ton). Bergström (1963, s. 33) anger 3 200 och 4 000 resp. 1 200 och 1 300 g/ton från ultrabasiter 15 km väster om kartbladsgränsen.

#### Metabasit i linsor, gångar och skivor

Till denna grupp förs basiska intrusivbergarter vilka förefaller vara yngre än den tidigare behandlade gruppen av basiter. Bergarterna i rubricerade grupp uppträder oftast i homogena, linsformiga kroppar, som finns spridda över hela kartbladet. De anges med en ljusgrön färg på kartan. Ett i fält iakttagbart karaktärsdrag är de ljusa plagioklastavlornas jämnt spridda och på snittytan filtartade uppträdande (fig. 20). Denna diabasartade textur kännetecknar bergarter, som kristalliserat på måttligt djup i jordskorpan. Storleken på förekomsterna varierar från maximalt ca 2 km i längd och 800 m i bredd ned till förekomster av 0.1 m bredd. I de större

förekomsterna ökar kornstorleken och den diabasartade texturen blir mindre tydlig. Linser, gångar och skivor av denna bergartstyp, som ej är tillräckligt stora för att erhålla en egen kontur har på kartan angetts med mörkgrön strecköverbeteckning. I denna symbol inkluderas även brottstycken av äldre basiter. Varje streck indikerar att där finns en eller flera små basitförekomster.

På kartbladet Göteborg SO kunde konstateras att åtminstone en del av bergarterna i denna grupp intruderat mellan två metamorfosperioder (Samuelsson 1978, s. 78). Eftersom intrusionen av dessa metabasiter efterföljdes av åtminstone en synnerligen kraftig metamorfos- och deformationsperiod har bergarternas ursprungliga mineralsammansättningar starkt förändrats. För de linsformade kropparna är den magmatiska diabastexturen bevarad i de centrala delarna av kroppen, trots att den ursprungliga mineralsammansättningen nästan helt ändrats. I den yttersta, 1–2 dm breda, kontaktzonen är förekomsterna dock starkt förskiffrade med riklig glimmer- och ibland kloritutbildning i själva kontaktplanen. Denna kontaktförskiffring är starkast utbildad i berggrundsavsnitt, som genomkorsas av eller ligger intill tektoniska zoner. De ursprungliga smala diabasgångarna är då ofta helt sönderskjuvade till biotit–kloritskölar. Vid anläggningsarbeten uppstår ofta släppor i metabasiternas kontakter och längs de smala glimmerrika gångförekomsterna. En del av de med ljusgrönt markerade metabasiterna uppträder tillsammans med de kalirika graniterna (RA-granit och Askimgranit). Det har också bildats blandbergarter mellan basit- och granitmagmorna. Dessa förhållanden behandlas i ett särskilt avsnitt (s. 73).

Som nämnts är bergarten i fält mestadels homogen i de centrala delarna av linserna. Fältspatlisterna ger ett filtartat mönster. I några fall har parallellorientering av smala långa plagioklaslister iakttagits. I enstaka fall finns det förutom de listformade plagioklaserna även enstaka större strökorn ( $0.5 \times 2.0$  cm) av plagioklas.

Den mikroskopiska undersökningen visar att proverna är starkt omkristalliserade. I slip från de små metabasiterna i trakten väster om Vanderydsvattnet finns koronastrukturer utbildade (fig. 21). De består centralt av rester av klinopyroxen med malmkroliter. Dessa omges av, eller ligger tillsammans med, medelstora korn av grönt hornblände, enstaka biotitkorn samt ibland små korn av epidot. Runt om finns en bård av medelstora granatkristaller. Granat finns för övrigt relativt rikligt i den aktuella bergarten. I en annan bergartskropp iaktogs en annan typ av koronastruktur, som består av klinopyroxen omgiven av en hornbländebård.

En vanlig sammansättning på dessa bergarter är hornblände och plagioklas, ibland listformig ibland uppdelad på sena klara småkorn. Dessutom finns smärre mängder av kvarts, malmkorn och varierande halter av biotit. Granat är ibland ett huvudmineral (tabell 15) men

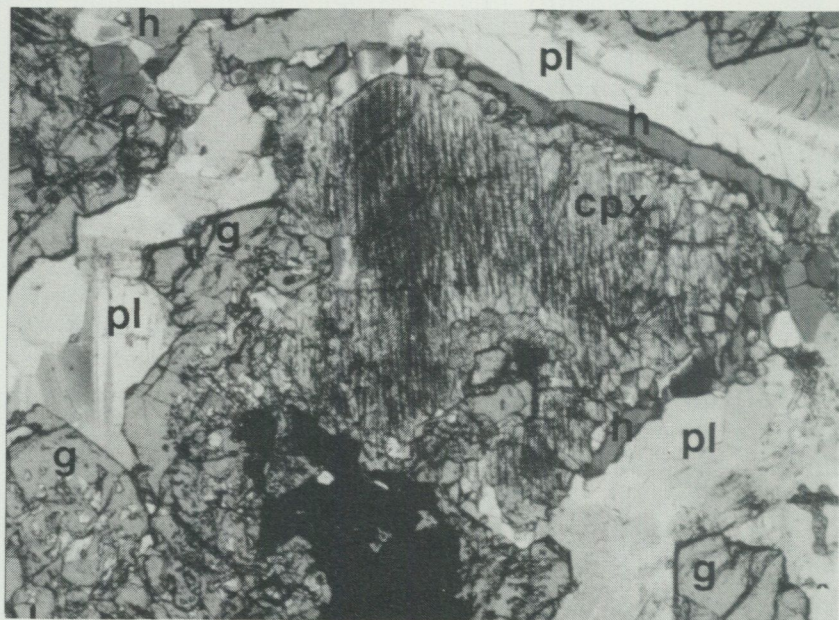


Fig. 21. Klinopyroxen (cpx) med små malmkorn omges av en korona huvudsakligen bestående av små gröna hornbländekorn (h). Plagioklas (pl), granat (g) och malmkorn (mörka) är andra vanliga mineral i metabasiterna (9j, 64498/12960). 65 x. Foto C. Ålinder.

*Clinopyroxen (cpx) surrounded by a corona of small crystals of green amphibole (h). Plagioclase (pl), garnet (g) and ore (dark) are important constituents of the metabasites. 65 x.*

mängden varierar inom samma förekomst. Ibland kan granaten vara utbildad i anslutning till läkta sprickstråk i bergarten. Den kan även föreligga som interstitiella korn av mikroskopisk storlek men understundom finns cm-stora kristaller.

Ett relativt stort antal kemiska analyser av denna bergartsgrupp har publicerats från angränsande kartblad (Samuelsson 1978, s. 50 och 1982, s. 57). Från Göteborg NO har ett mindre antal prover analyserats och resultaten återges i tabell 16. Beträffande den allmänna karaktären på den magma som gav upphov till dessa bergarter har i nämnda beskrivningar gjorts försök till karakteristik. På grund av de metamorfa förändringarna, vilka sannolikt medfört visst materialutbyte med den närmaste omgivningen, har det ej gått att få fram någon entydig magmakaraktär. De indikationer som finns tyder dock närmast på en toleittisk ursprungsmagma (Samuelsson 1982, s. 75).

### Relationerna mellan kalifältspatrika graniter (RA-granit och Askimgranit) och metabasiter

Vid Ö. Båljan (9h, 64458/12878) är kontakten mellan en metabasit och RA-granit 1 exponerad (se fig. 13). En intermediär hybridbergart har utbildats i den oregelbundna kontaktzonen. Metabasiten har avrundade oskarpa avgränsningar mot hybridbergarten. Övergången mellan graniten och hybridbergarten är helt kontinuerlig. Hybridbergarten innehåller komponenter av både metabasit och granitursprung. Karakteristisk är förekomsten av rundade kvartsaggregat omgivna av mörka mineral. Kalifältspatögonen är omgivna av en korroderad zon med natriumrik plagioklas. Dessutom finns oregelbundna fläckar och sliror av mörka mineral, mestadels hornblände och biotit (fig. 22).

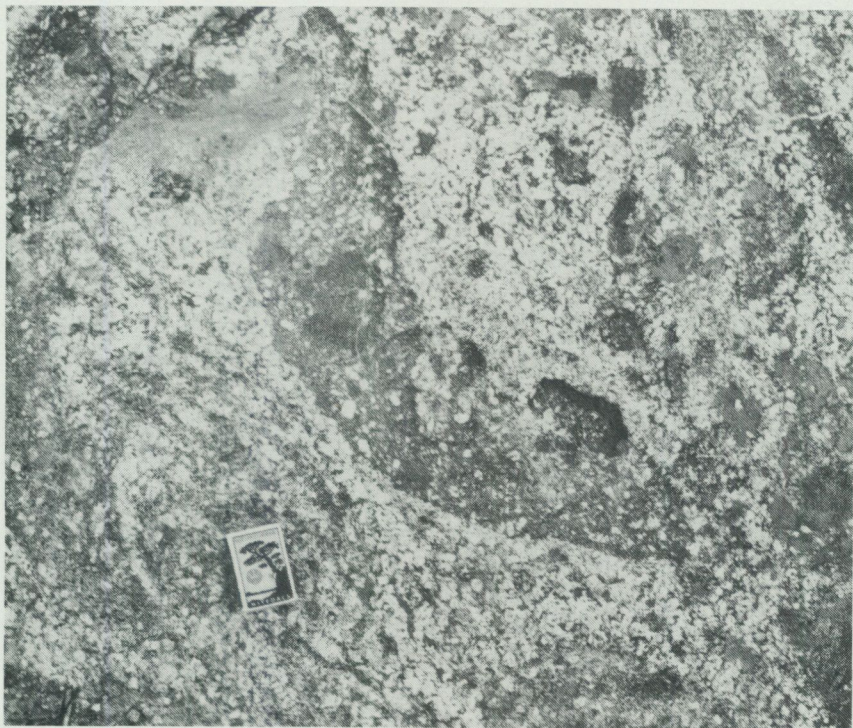


Fig. 22. Hybridisering mellan basiska (mörka) magmapartier och ljusa granitiska (RA-granit 1) partier. Östra Båljan (9h, 64458/12878).  
*Hybrid rock formed by local incomplet mixing of basic and granitic magmas.*

Metabasiten tillhör den svit av basiska intrusioner som oftast karakteriseras av diabasartade texturer och som intruderar mellan den äldsta och den näst äldsta regionalmetamorfosen.

På denna lokal finns även gångar, 0.5 m breda, av småkornig kalifältspatrik granit med hög gammastrålning och även eljest typisk RA-granit 2 karaktär, vilka slår igenom hybridbergarten, metabasiten och graniten.

Fältförhållandena visar att den basiska magman och RA-granit 1 magman har intruderat samtidigt varvid lokala hybridbergarter bildades. RA-granit 2 har intruderat först sedan metabasiten, graniten och hybridbergarten har konsoliderats så pass att distinkta sprickbildningar med intrusion av RA-granit 2 magma kunnat ske.

I anslutning till förekomsterna av RA-granit 1 och 2 finns ett relativt stort antal metabasitförekomster från nämnda tidsintervall. Analoga förhållanden har iakttagits på kartbladet Kungsbacka NO och finns sannolikt även på andra platser i Göteborgsregionen (Samuelsson 1982, s. 78). Detta tyder på att RA-granit 1 har intruderat samtidigt med en basisk magma. RA-granit 2 är petrografiskt, rumsligt och tidsmässigt knuten till och har intruderat omedelbart efter RA-granit 1.

Det finns anledning anta att den basiska magmatismen, varav sannolikt endast de översta utlöparna kan ses i nuvarande markyta, utgör den yttersta orsaken till RA-granitmagmans bildning. Den basiska magman emanerar från differentierad uppsmältning i jordens mantel. Den har intruderat i jordskorpan lägre eller mellersta nivåer. Där har den genom sitt värmeinnehåll smält upp betydande materiamängder vilka bildat modermagman till RA-graniterna. RA-granit 1, som sannolikt är ett tidigare differentiat ur denna magma har intruderat tillsammans med delar av den basiska magman. Därefter har mer differentierade delar av den granitiska modermagman intruderat som RA-granit 2.

Hybridbergarter av samma art och utseende som de ovan beskrivna finns bl.a. på höjden 150 m väster om Hönebäcks gård (8h, 64411/12856) samt väster om Göta älv vid Signehög (7g, 63363/12813). På dessa lokaler finns förutom RA-granit även relativt stora massiv av Askimgranit. Undersökningarna på Kungsbacka NO har visat att även Askimgraniten har intruderat tillsammans med metabasiter på samma sätt som ovan beskrivits för RA-graniten (Samuelsson 1982, s. 60). Detta innebär att endera eller båda metabasiterna med tillhörande hybridbergarter på lokalerna Höneback och Signehög mycket väl kan tillhöra den något senare intrude-

rade Askimgraniten.

RA-graniterna och Askimgraniten har intruderat vid olika tidpunkter, skilda av en omfattande regionalmetamorfos i amfibolitfacies. Eftersom båda granitintrusionerna uppenbarligen är kopplade till basiska intrusioner kan det bland de med ljusgrön färg på kartan markerade metabasiterna dölja sig åtminstone två skilda generationer av intrusiv. Denna fråga måste dock tills vidare lämnas öppen.

### Vecktektonik och metamorfos

Huvuddragen i kartområdets vecktektonik illustreras väl av ögongnejsbandens tredimensionella anordning. Dessutom framträder strukturmönstret genom förskiffringsplanens orientering, främst i de arealmässigt dominerande, intrusiva tonalit–granitbergarterna. I de finkornigare ytbergartsgnejserna kan av och till iakttas variationer i sammansättningen, som möjligen kan avspegla ursprungliga lagerstrukturer.

Det äldsta tecknet på veckdeformation, som man regionalt kan iakttä, är den penetrativa förskiffring som drabbat ytbergartsgnejsen och den första generationen tonalit–granit.

Eftersom bergarterna av sedimentärt ursprung överallt är så starkt migmatitomvandlade att deras ursprungliga strukturer förstörts, är det omöjligt att direkt använda dessa bergarter för en vecktektonisk analys. Bättre möjligheter erbjuds av en jämförelse mellan deformationsstrukturer i de vid olika tillfällen intruderade tonalitiska till granitiska djupbergarterna. Dessa bör då jämföras två och två i den ordning som de intruderat. De basiska intrusionerna är mindre lämpliga för dessa analyser på grund av att de dels har en sammansättning som ej producerar ådermaterial, och dels för att de fungerat som veckningsresistenta (kompetenta) kroppar vid deformationerna.

Det första paret ut görs av de båda tonalit–granitsviterna som på kartan fått olika bruna nyanser och betecknats som äldre respektive yngre. Vid en höjd ca 100 m SSÖ om vägkrysset nordöst om Lysevattnet (fig. 23) finns exponerad kontakt mellan de båda bergarterna. Den äldre bergarten innehåller en mängd pegmatitiska ådror samt en foliation som är äldre än huvuddelen av ådermaterialet. Både foliationen och ådermaterialet är veckade. Den yngre tonaliten har i kontaktområdet endast en foliation, som är yngre än ådermaterialet i den äldre granitoiden. Liknan-



Fig. 23. Kontakten mellan ådrig och veckad granodiorit av den äldsta generationen (A-gruppens intrusiv) och en här enbart förskiffrad granodiorit av den något yngre tonalit-granit sviten (B-gruppen), (9f. 64452/12775).  
*Contact between veined and folded granodiorite of the older generation (A-group) and a younger granodiorite (B-group), only foliated.*

de förhållanden har iakttagits i en välexponerad trädgårdshäll i norra Björboholm (se fig. 10, 4i, 64220/12937). Här går den sydöstra förekomsten av yngre tonalit ned på kartbladet Göteborg SO (jfr s. 45).

De strukturella skillnaderna mellan den äldre och den yngre gruppens intrusiv beror på att den äldre gruppen genomgått minst en penetrativ förskiffring samt minst en åderbildningsperiod före den yngre gruppens intrusion. Båda fenomenen bör vara relaterade till en och samma period av regionalmetamorfos. Den veckning av foliationen och ådrorna som kan ses i partierna av äldre granitoid kan tänkas ha tillkommit vid samma period som foliationen i den yngre granitoiden. Det är dock inte uteslutet att ytterligare en veckning kan ha drabbat de äldre bergarterna före den yngre tonalit-granitsvitens intrusion.

Nästa jämförelse gäller relationerna mellan den yngre tonalit-granitsviten samt RA-granit 1 och 2. Tudelningen av den senare har behandlats

tidigare (s. 52) och kan i detta sammanhang bortses ifrån eftersom båda enheterna intruderade i omedelbar följd. De större kropparna av RA-granit har ingen välexponerad kontakt med den yngre tonalit-granitgruppens bergarter. RA-graniten har på några ställen gångar in i tidigare ådrade och folierade partier av den äldre tonalit-granitsviten. Då man jämför strukturpåverkan och åderbildning i den yngre tonalit-granitsviten och i RA-graniten framträder inga uppenbara skillnader. Det synes snarast vara så att båda intruderat i ungefärligen samma (tektoniska) intervall, mellan den första och den andra regionalmetamorfosen.

Relationerna mellan RA-granit (1 och 2) och Askimgranit har behandlats på s. 59. Den senare har en omgång foliation och åderbildning (migmatitisering) mindre än RA-graniten. Askimgraniten är dock själv folierad och kalifältspaten är utdragen till cigarrformade stänglar. Foliationen ifråga är lokalt skjuvveckad. I skjuvplanen finns även lokala och enstaka ådror av främst kvarts, mikroklin och natriumrik plagioklas. Bergarten är merendels omkristalliserad med bland annat nybildning av hornblände, biotit, epidot, titanit, granat och sillimanit. Det senare mineralet har endast iakttagits i ett slip men mineralassociationen antyder dock att omkristallisationen ägt rum i mellersta amfibolitfacies. Liksom all annan berggrund, en del pegmatiter undantagna, har Askimgraniten drabbats av sena och stråkvisa deformationer. Därvid bildades bland annat muskovit, klorit, epidot, kalifältspatögon, albit och magnetit. Denna mineralassociation antyder en något lägre facies än den närmast föregående.

Det synes vara så att Askimgraniten deltagit i dels en regionalmetamorfos i mellersta amfibolitfacies, och dels en senare stråkvis lokaliserad omvandling i undre amfibolitfacies. Båda omvandlingarna kan ha ägt rum i det svekonorvegiska skeendet (jfr Park et al. 1979, Daly et al. 1979, Samuelsson & Åhäll 1984).

En granitgeneration, som erbjuder speciella genetiska och strukturstratigrafiska problem är den fint medelkorniga oftast muskovitförande granit, som främst förekommer i anslutning till veckstrukturen i nordöstra delen av kartområdet. Den är något folierad och ibland sporadiskt ådrad. Foliationen följer den stora veckstrukturen och är alltså äldre än själva omböjningen. Denna granittyp förefaller bildad dels genom lokal mobilisering av främst ytbergartsgnejserna, och dels genom omkristallisation av den äldre tonalit-granitsvitens bergarter och av den yngre tonalit-granit-

svitens surare led. Även de fältspatrika delarna av RA-graniten ger vid rekristallisation upphov till småkornig granit. Att märka är att denna rekristallisation växer över den foliation och de ådror, som finns i den yngre tonalit-granitsviten och i RA-graniten men inte synes påverka Askimgraniten. Huvuddelen av de småkorniga graniterna synes alltså bildade före Askimgranitens intrusion. Detta är även i överensstämmelse med iakttagelser på kartbladet Kungsbacka NO (och NV) där brottstycken av förskiffrad och rekristalliserad RA-granit ligger inneslutna i Askimgranit (Samuelsson 1982). Askimgraniten har, liksom den fint medelkorniga graniten själv, drabbats av senare omkristallisation och åderbildning efter det att en foliation utbildats (jfr fig. 16).

En konsekvens av den omböjda (= veckade) foliationen i den ofta muskovitförande, småkorniga graniten är att veckstrukturen sydöst om Vanderydsvattnet (9j) har fått sin nuvarande form under de senare skedena av urbergets utveckling. Sannolikt har granitens foliation och efterföljande veckning samt ovan nämnda sena åderbildning och omkristallisation ägt rum i svekonorvegisk tid (jfr Park et al. 1978, Samuelsson & Åhäll 1984).

I kartbladets sydöstra del finns en stor förekomst av den yngre tonalit-granitgruppens bergarter. Denna enhet har ett deformationsmönster som likaledes antyder omfattande veckningar i svekonorvegisk tid. Sålunda synes en omfattande horisontell öst-västlig förkortning (= sammanveckning) av berggrunden ha ägt rum under denna tid. Vid dessa processer har den nämnda homogena bergartskroppen sammanveckats mindre än sin äldre heterogena omgivning. Härvid har omfattande förskifring och lokalt mylonitisering ägt rum längs kontakterna. Även inne i bergartskroppen har sammanveckning ägt rum men i stort sett har den varit ett resistent område under deformationerna. Om man betraktar fördelningsstrukturen hos bergarterna i omgivningen, särskilt norr om kroppen, ser man att det skett en sammanpressning åt öster på minst 10 km. Förkortningen i öst-västlig led har delvis konsumerats vid rörelser i mylonitzonen och i förskifring och glidningar längs den nämnda kroppens gränser.

De deformationer och omformningar som drabbat berggrunden på kartbladet Göteborg NO är för närvarande för litet kända för att ligga till grund för en mer uttömmande beskrivning av det geologiska händelseförloppet. På kartbladet närmast åt väster (Göteborg NV) finns dock samma bergartsenheter mycket bättre exponerade. Eftersom SGU:s kartering

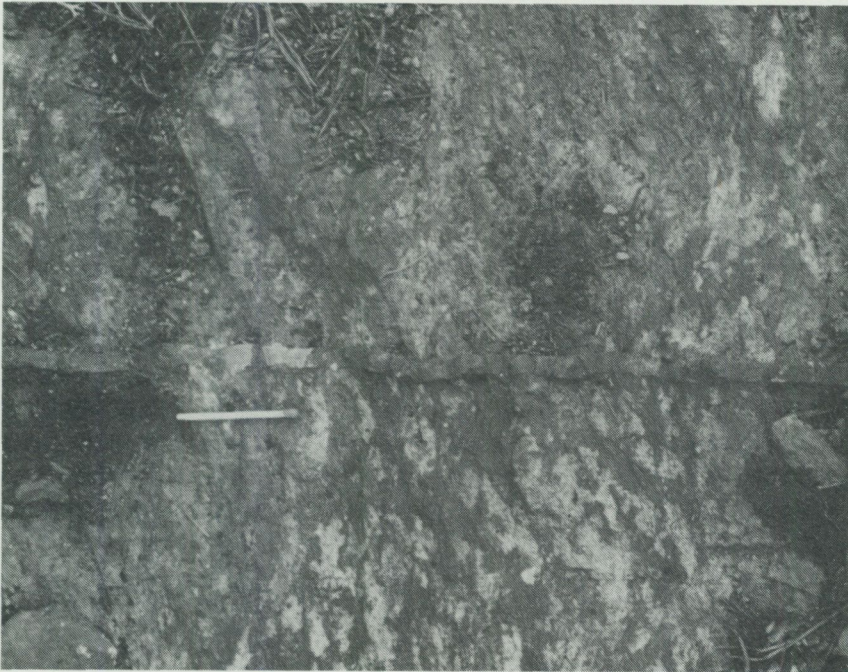


Fig. 24. Sandstensgång vid Mjörns strand. Sjövik (5j, 64256/12971).  
*Sandstone dyke at Lake Mjörn.*

pågått samtidigt på båda kartbladen har det ansetts vara bättre möjligheter att nå framgång genom strukturgeologiska insatser i det västra området. De resultat som hittills erhållits har summariskt presenterats vid 16e Nordiska Geologiska vintermötet i Stockholm (Samuelsson & Åhäll 1984). En sammanfattning presenteras i diagrammet över den geologiska utvecklingen (s. 26).

### Sandstensgångar

I kartbladets sydöstra hörn, vid stränderna av sjön Mjörn, finns på flera ställen sprickor fyllda av grå till rödbrun sandsten (fig. 24). Innehållet i de grå sandstensgångarna är till största delen rundade kvartskorn sammanhållna av utfälld kiselsyra. De rödbruna sprickfyllnaderna innehåller förutom kvartskorn en stor andel fältspatmaterial och kan betecknas som arkosgångar. Dessa sprickfyllnader och även några förekomster av tunna,

horisontella arkosavlagringar på öarna Bokö och Sunnerö i Mjörn, har behandlats i en tidigare publicerad undersökning (Samuelsson 1975a). En av slutsatserna i detta arbete var att både sandstensgångarna och den horisontellt avlagrade arkosen bildats vid början av den kambriska tiden för ca 570 miljoner år sedan. I en del fall kunde konstateras att själva sprickbildningen i berggrunden ägt rum innan ovanliggande sandavlagring hunnit konsolideras.

På berggrundskartan har en sandstensgång även markerats vid Nol, nära Göta älv (5f). Efter kartans tryckning har ytterligare en sandstensgång iakttagits, 1.7 km söder om Kilanda kyrka (5h, 64279/12873). Väster om Göta älv har inom kartbladet Göteborg NO ej iakttagits några sandstensgångar. Sådana finns dock rapporterade från denna sida älven både norr om kartbladet (Bredfjället, Ö. Ljungskile, Ljungner 1937, Mattsson 1962) och söder om kartbladet (Kungälv, Samuelsson 1975 a). Åt norr blir dessa sprickfyllnader allt vanligare ju närmare Halle- och Hunneberg man kommer (Mattsson 1962).

Det är sålunda troligt att den nutida bergöverytan i stort sett är densamma som urbergsytan vid den kambriska tidens början. Blockrörelser med några tiotal meters vertikalförskjutningar liksom djuperosion i de större dalstråken har dock tillskräpt den subkambriska topografien.

### Strukturgeologiska kartan

På den tektoniska kartan har samlats alla de symboler som berör berggrundens strukturer. Med svarta symboler har tecknen för förskiffning och veckning samt stänglighet införts. Dessutom har med grova, svarta linjer utdragits de framkonstruerade antiformal- och synformaxlarna. Dessa svarta beteckningar avser alltså strukturer, som kan hänföras till tidiga skeden med plastisk deformation av berggrunden. Underlaget har erhållits vid fältrekognosering. De fältmätta strukturtecknen har dessutom fått ytterligare en betydelse. På vissa ställen i hållfattiga områden har små enstaka hållar, av en storlek som ej kan återges på kartan med ett hållraster, markerats på berggrundskartan och på tektoniska kartan genom tecknet för den struktur som uppmätts på hållen.

Kartans röda överbeteckningar avser strukturer som bildats vid den spröda eller rupturrella deformationen av berggrunden. De med röd färg markerade lineamenten har framtagits genom studier i stereoskop av

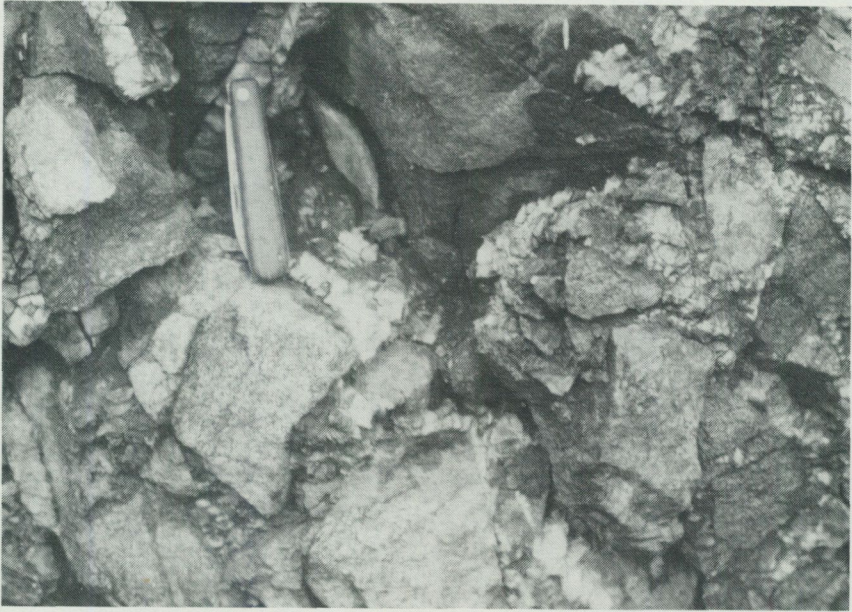


Fig. 25. På några ställen längs dalgången vid Grandalssjön (7j, 64382/12975) är berggrunden i norra dalväggen sönderbruten i relativt små block, vilka är hopcementerade av vit kalkspat.

*At some places along the valley at Grandalssjön the bedrock at the northern wall is broken up into pieces which are cemented by whitish calcite.*

flygbilder i skalorna 1:30 000 och 1:65 000. En ursprunglig flygbildstolkning har utförts av Sam Sukotjo, SGU. Denna ursprungsversion har sedan bearbetats av I. Lundqvist och L. Samuelsson med hänsyn till gjorda fältiakttagelser.

De röda strecken är av två klasser. De heldragna tunna markerar topografiskt mindre väl framträdande lineament medan de streckade, grövre linjerna avser lineament, som är markerade av relativt breda och långa dalstråk i terrängen. Lineamenten utgörs av låglinjer i terrängen. I de allra flesta fall sammanfaller dessa låglinjer med enstaka sprickor eller ansamlingar av sprickor (sprickzoner) (fig. 25).

Områden med starkt krossad berggrund har på kartan lagts in med bekröd färg. De mest omfattande av dessa stråk sammanfaller med förskiffringen och mylonitseringen i Göta älv-Kungsbackafjordlinjen. Berggrunden i detta avsnitt är stråkvis uppdelad i småblock och kan

betecknas som rösberg. Hela denna zon stupar vanligen 40–60° åt väster. Konformt med denna stupning finns zoner av leromvandlat berg. Den geologiska utvecklingen i Göta älv-linjen behandlas i ett särskilt avsnitt.

Områden med starkt krossad berggrund har också utlagts i zoner med ÖNÖ–VSV-lig riktning och i andra NNÖ–SSV-liga stråk parallella med Göta älv-linjen. Det är främst i Skeplandadalen och i dalstråket Alvhem–Ale Skövde som berggrunden bedömts vara särskilt sprickrik.

### Göta älvs dalgång

Göta älvs dalgång utgör ett dominerande drag i kartbladets landskapsbild (fig. 26). Den är likaledes ett viktigt element i berggrundens uppbyggnad. Morfologiskt sammanfaller dalstråket i stort sett med Göta älvs flodfåra mellan Vargön vid Vänern och Marieholmsområdet i Östra Göteborg. Där lämnar Göta älv det nord-sydliga geologiska lineamentet och rinner iväg åt VSV i den fortsättning av Sävåns sprickdalgång som nu upptas av Göteborgs hamn.



Fig. 26. Göta älv söder om Göta.  
*Göta älv south of Göta.*

Den geologiska 'Göta älv-zonen' fortsätter emellertid oförtrutet åt söder förbi Mölnadal, Kålleröd, Lindome, Kungsbacka och ut i Kungsbackafjorden mot Kattegatts öppna vidder. 50- och 60-talens oljeletare kunde i sina seismogram spåra detta nord-sydliga lineament i urbergsstrukturerna under den åt söder allt mäktigare sedimentbergartspacken. Ej heller åt norr sammanfaller Göta älvs flodfåra i sin helhet med Göta älv-zonen. Sålunda synes zonen dela sig strax söder om Trollhättan och sända en västlig arm rakt åt norr mot vägkryssat vid Vassända-Naglums kyrka och i en böj åt nordöst ansluta sig till djupstråket genom sjön Vassbotten och Vänersborgs hamn (Fredén 1974).

Andra zoner av deformerad berggrund avlänkas åt norr från Göta älvs flodfåra mellan Trollhättan och Vargön. En betydelsefull zon av mylonitiserad (= krossad och rekristalliserad) berggrund sträcker sig från älvkröken norr om Hjærtum över småsjöarna sydöst om Öresjö och i dalen Vassbovik-Käpperöd till Gustavsberg sydväst om Uddevalla. Denna viktiga zon har observerats i berggrunden norr om Byfjorden, varifrån den kan följas åt norr in i Dalsland.

I detalj kommer dessa från Göta älv-stråket avvikande zoner av deformerade bergarter att behandlas vid beskrivningen av de kartblad där de uppträder (huvudsakligen på bladet Vänersborg SO). Nedan lämnas en beskrivning av det händelseförlopp som gett upphov till Göta älv-stråkets utseende och egenskaper på kartbladet Göteborg NO.

De äldsta händelser, som hittills observerats knutna till Göta älv-stråket, är RA-graniternas intrusion. Dessa graniter bildar långsträckta kroppar, som ligger i ett N-S band från Kungsbackafjorden i söder, till Värmland i norr. De finns både på den östra och den västra sidan om zonen. Ett liknande stråk ligger ca 25 km åt väster, över Tjörn, och stryker i stort sett i NNÖ-SSV (Bergström 1963).

Uppenbarligen har dessa graniter trängt upp genom jordskorpan där denna varit försvagad, t.ex. genom dragspänningar med tillhörande sprickbildningar. I bergarterna, som omger dessa RA-granitstråk, både på Tjörn och i Göta älv-området finns spår av deformationer, som är äldre än RA-graniternas inträngning. Det är nu inte möjligt att se om berggrunden var särskilt starkt deformerad i de stråk graniterna trängde in i jämfört med berggrunden i allmänhet.

Den äldsta deformationen, som är speciellt knuten till Göta älv-zonen, synes ha ägt rum efter RA-graniternas inträngning, men innan dessa

graniter migmatitiserades och delvis rekristalliserade (i Mig 2 enl. tabell 1). I trakten av Kålleröd, söder om Mölndal, kan man se att Askimgraniten innehåller brottstycken av mylonitiserad och rekristalliserad RA-granit (Samuelsson 1982). Detta innebär att den första förskiffringen och mylonitiseringen i denna zon ägde rum före Askimgranitens kristallisation för 1 360 miljoner år sedan (Welin och Samuelsson i manuskript).

På kartbladet Göteborg NO föreligger samma relationer för de på kartan med rött betecknade graniterna. Ögongraniterna med sifferbeteckningen 1 och 2 motsvarar RA-graniten på kartbladet Kungsbacka NO. Siffran 3 avser en yngre ögongranit, som är en motsvarighet till Askimgraniten. Granit 1 och 2 har genomgått en fas av deformation och metamorfos mer än granit 3 (Askimgraniten).

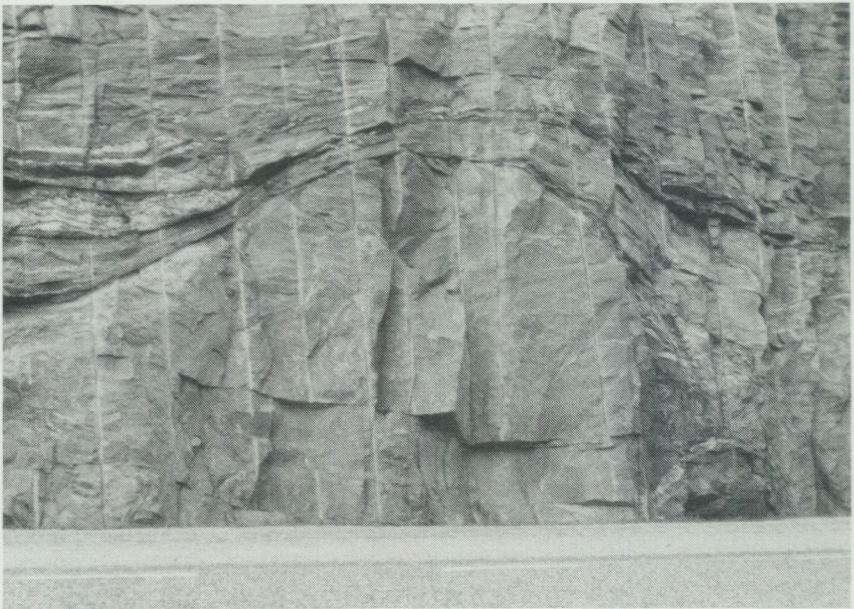


Fig. 27. Ett nästan cirkulärt snitt genom ett homogent parti granodiorit. Partiet har kunnat stå emot den starka tektonisering som omvandlat den omgivande granodioriten till en bandgnejs, strax öster om Göta älv, Älvängen (6g, 64308/12805).  
*An almost circular section of a homogeneous granodiorite. This part of the bedrock has been resistant to the strong tectonization, which has transformed the surrounding granodiorite into a banded gneiss, east of the Göta älv at Älvängen.*

Denna första mylonitbildande deformation åstadkom omfattande förskiffring i berggrunden även utanför Göta älv-zonen. En stor del av den starka bandningen i berggrunden utanför zonen bildades i detta sammanhang. Troligen övergick den ursprungliga spröda och ytnära deformationen i en mera plastisk veckning med åderbildning. Denna period sammanfaller sannolikt med Mig 2-fasen i tabell 1.

Även den yngre ögongraniten (Askimgraniten) har drabbats av stråkvävis betydande deformation med utbildning av NNÖ–SSV-liga stråk av hårt förskiffrad och ibland helt mylonitiserad berggrund. Dessa stråk stupar oftast 50–85° åt väster. De är sålunda brantare än de äldre mylonit- och förskiffringsstråken, vilka ofta stupar mellan 30 och 60° åt varierande västliga till nordvästliga riktningar. Den yngre deformationen har dock vanligen inordnat den äldre strukturen i den nya orienteringen. Det är främst i området vid själva älvfåran, samt intill ca 5 km åt väster, som berggrunden är starkt deformerad och parallellställd av denna andra mylonitiseringsfas.

Ett karakteristiskt drag för dessa deformationsstråk är utbildningen av ljus glimmer. Denna ligger ofta i den östra delen av varje enskild deformationszon (i liggandet). Några av de viktigaste muskovitförande stråken är markerade med "m" på kartan.

Ett av de större muskovitrika partierna sträcker sig från Lödöse upp till Rysjön i kartans norra kant.

Väster om Göta älv finns en mängd muskovitförande deformationsstråk, vilka delvis är utbildade till myloniter. I dessa stråk finns ofta mineralkombinationen kvarts, albit, aktinolit, magnetit. Magnetitnehållet gör en del av stråken synliga i den flygmagnetiska kartan.

I en vägsränning på E 6:an i norra delen av Nol (5f) finns mylonitiserad gnejs, som genomslås av en senare, kvartsrik pegmatit (fig. 28). Sådana kvartsrika pegmatiter synes tillhöra Bohusgranitens kristallisationskede för ca 900 miljoner år sedan. På flera ställen längs älvfåran kan man se att de kiselsyrarika lösningar, som gett dessa pegmatiter, har trängt in i förkastningssprickor. Epidot, kvarts och klorit är de sist bildade mineralen vid dessa lösningars kristallisation.

Man kan därför tills vidare anta att Göta älv-linjen, för 900–850 miljoner år sedan (Skiöld 1976), var en zon där mer eller mindre brantstående sprickor uppstod genom vertikala förkastningsrörelser. Dessa sensvekonorvegiska rivningsbreccior läktes delvis samman av de nämnda kvarts-



Fig. 28. Kvartsgång med kalifältspat slår igenom Göta älv-zonens mylonit vid Alafors (5f, 64284/12789).  
*A dyke of quartz and some microcline is cutting the mylonites of the Göta älv zone at Alafors.*

och epidotgivande lösningarna. Exempel på sådana kvartsläktade breccior finns bl.a. i berggrunden 1 km sydväst om Nordmannebo kapell (6g) samt nordväst och sydväst om Göta (9h).

Denna kvartsläkning av tektoniska breccior i anslutning till Göta älvstråket utgör de sista faserna av urbergsbildningsperioden i Sverige. Göta älv-zonen har dock varit föremål för senare rörelser. I Göteborgstrakten och vid Ljungskile finns mäktiga diabasgångar av VNV-ÖSÖ-lig riktning (Lundegårdh 1958). Diabaserna är yngre än urbergets övriga bergarter. En paleomagnetisk undersökning visar att de har en sannolik ålder av 800–900 miljoner år (Abrahamsen 1974). Diabaserna går ända fram till Göta älv men ej öster därom. Detta visar att vi haft sprickbildningar i det västra blocket, som saknar motsvarighet i det östra blocket. Följaktligen måste rörelser ha skett i Göta älv-linjen vid denna tid för att kompensera denna skillnad.

Erfarenheter av tunneldrivning genom zonen i centrala delarna av Göteborg (Burgården) visar att berggrunden under den topografiska låglinjen är leromvandlad i en ca 60 m bred zon. Det är ej avgjort huruvida leromvandlingen har skett genom vittring uppifrån eller genom hydrotermal aktivitet med ursprung i djupare delar av krustan.

Mätningar av spänningstillstånd i Bohusläns kustområde indikerar ca NV-SÖ-lik största horisontell bergspänning (Larsson et al. 1983). Detta antyder att lerzonen i Göta älv-linjen är utsatt för kompression.

### Nyttosten

Malm har ej brutits på kartbladets område. Karteringsarbetet har ej heller avslöjat förhållanden, som i nuvarande läge ger anledning till intensifierat sökande efter dessa nyttigheter. De mest långtgående anrikningarna av



Fig. 29. Vittringsgropar är vanliga i grå (tonalitiska) och mörka (amfibolitiska) bergarter längs Mjörns stränder. De är ibland utbildade i rader i stora isräfflor, vilket visar att de bildats efter den senaste nedisningen (Samuelsson och Werner 1978). Stranden söder om Sjövik (5j).

*Weathering pits are common in grey (tonalitic) and dark (amphibolitic) rocks at the shores of Lake Mjörn. Pits developed in glacial striae show that the weathering is Post-Glacial (Samuelsson and Werner 1978). The shore south of Sjövik (5j).*

metalliska element, som kan förväntas på kartbladet, torde vara knutna till de ultrabasiska bergarterna. Samma bergarter undersöktes på kartbladet Göteborg SO. De gav där kromhalter på något över 2 000 g/ton och nickelhalter på upp mot 1 000 g/ton. Man har anledning förmoda att motsvarande bergarter på Göteborg NO har halter i samma storleksordning.

Kvarts och fältspat har utvunnits ur pegmatiter på spridda ställen över hela kartbladet. De flesta brotten var helt obetydliga. De större brytningsställena har dock lämnat bestående spår i terrängen och är medtagna på kartan under symbolen för stenbrott. Sundius (1952) angav att samtliga försök i Nödingeområdet var små. Den av honom omnämnda och för sina mineral kända Nols gruva ca 500 m söder om järnvägsstationen kan nu ej återfinnas i den bebyggda terrängen. Utöver de av Sundius (1952) nämnda kvarts- och fältspatbrotten har inga nya försök av betydelse tillkommit.

För lokala behov har byggnadssten av olika bergartstyper främst för husgrunder uttagits på många platser. Små förekomster av täljstensomvandlad ultrabasit har brutits på olika ställen, bland annat 3 km nordöst om Älvängen (6g, 64342/12843).

En annan kulturhistoriskt intressant observation är de rester av färdiga och halvfärdiga kvarnstenar som huggits ur den grova ögongnejsen vid Vanderydsvattnet (9j, 64485/12982) och öster om Agnsjön (9j, 64468/12983).

På några platser i anslutning till Göta älv har sprängsten tagits och använts i älvkanten som erosionskydd.

Berggrundens egenskaper för framställning av bergkross (bl.a. makadam) har ej undersökts genom hållfasthetsprovning av kartbladets bergarter. Erfarenheter från Göteborg SO (Samuelsson 1978, s. 82) samt övriga delar av Göteborgsregionen (Samuelsson 1975b) ger dock möjlighet till en grov bedömning av bergarterna.

Bästa hållfasthet (= lägsta flisighets- och sprödhetstal) har sannolikt de finkorniga till medelkorniga metabasiter, som är betecknade med ljusgrönt på kartan.

Därnäst kommer finkorniga till fint medelkorniga bergarter med måttlig halt av glimmer. Dessa bergartskaraktärer finner man inom några på kartan olikfärgade bergartstyper. Fint medelkornig och något gnejsig granit (blekröd färg på kartan) och partier av grå, fin- till medelkornig gnejs med kraftig migmatitomvandling och belägen öster om Göta älv (på

kartan svagt blå med röda migmatitspolar) hör till denna grupp. Dit hör också vissa partier av de ursprungligen ögonförande graniterna (stark röd färg på kartan). Speciellt den granittyp, som betecknas med siffran 2, kan förmodas ha god slaghållfasthet. Att observera vid praktisk användning av denna granittyp är dess relativt höga gammastrålning. Ögonförande granit med siffran 3 kan också ge tillfredsställande krossprodukt om man uppsöker sådana granitpartier där glimmerhalten är låg.

De tonalitiska, granodioritiska och granitiska bergarter av äldre och yngre typ, som på kartan har två olika bruna färger, är i regel sämre som bergkrossråvara än ovan nämnda bergarter. De bästa varianterna i dessa två grupper är de glimmerfattiga granitiska typerna. Dessa betecknas med svart prickning på de bruna bottenfärgerna. Generellt torde det också vara så att flackliggande förskiffringsplan försämrar bergarternas slaghållfasthet. Den senare egenskapen sammankopplad med en tämligen hög glimmerhalt gör att förekomsten av yngre, ofta ögonförande granodiorit i kartans sydöstra fjärdedel är mindre lämplig som råvara för bergkross.

# GEOFYSIK

Av

VERNER SØNDERGAARD

På kartbladet Göteborg NO utgör de flygmagnetiska mätningarna grundstommen i den geofysiska kartläggningen. Till stöd för tolkningen av de flygmagnetiska mätningarna, har det genomförts en insamling av bergartsprover, inalles 160 st, vilka genomgått laboratorieprovning.

En översiktlig registrering av "tyngdkraftsfältet" är genomförd på detta och angränsande kartblad. Totalt sett är 113 tyngdkraftsmätningar utförda på kartbladet Göteborg NO, motsvarande 1 mätning per 5.5 km<sup>2</sup>.

## Bergarternas fysikaliska egenskaper (petrofysik)

Petrofysiska undersökningar av kartbladets bergarter har genomförts. Dessa värden ligger till grund för tolkningen av den flygmagnetiska kar-

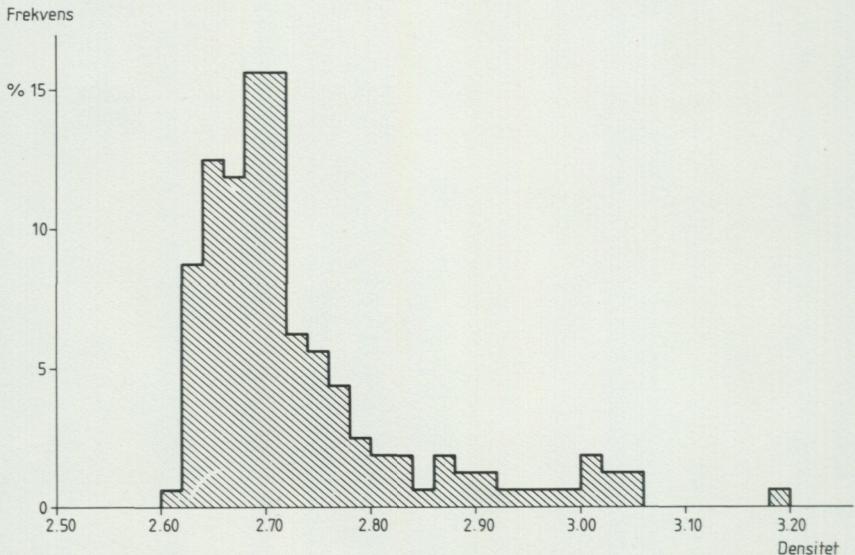


Fig. 30. Densitetens fördelning i kartområdets bergarter. 160 prover är representerade.  
*Distribution of density in rocks from the map area. 160 samples have been investigated.*

tan, men kan också användas till jämförelser mellan detta kartblads bergarter och bergarterna på omgivande kartblad. De petrofysiska undersökningarna har dels bestått i laboratoriemätningar på ca 160 insamlade stuffer, dels i ett mindre antal in-situ mätningar av susceptibiliteten.

Laboratorieundersökningar har givit en grundläggande kunskap om variationerna i förekommande susceptibilitet, remanens och densitet. Remanensens rumsliga orientering har ej mätts.

#### Densitet

Densitetsmätningarna visar en mycket stark dominans av bergarter med en densitet på i genomsnitt  $2.68 \text{ g/cm}^3$ , jfr fig. 32. Då det inte finns någon garanti för, att antalet prover från var bergartsgrupp motsvarar gruppens arealmässiga utbredning på kartbladet, kan diagrammet ej ge mått på den relativa förekomsten av de visade densiteterna. Man kan dock utgå från att de lätta bergarterna på  $2.60 \text{ g/cm}^3$ – $2.80 \text{ g/cm}^3$  dominerar kraftigt inom kartbladet.

Denna bild är tillsynes lite annorlunda mot t.ex. förhållandet på kartbladet söder om, nämligen Göteborg SO. Här tycks det vara förhållandevis fler intermediära och tunga bergarter med basiska och ultrabasiska densiteter. Den vanligast förekommande densiteten på omkring  $2.68 \text{ g/cm}^3$  på Göteborg NO är däremot lite högre än genomsnittsdensiteten för de granitiska bergarterna på Borås SO, där den ligger på  $2.65 \text{ g/cm}^3$ .

Det snävaste och mest väldefinierade densitetsintervallet har de finkorniga graniterna och apliterna (fig. 32, geol. kod 5) med ett genomsnitt på  $2.63 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$ . En annan densitetsmässigt väldefinierad grupp på kartbladet utgörs av metabasiter och amfiboliter (geol. kod 3), vilka har densiteter på  $2.80 \text{ g/cm}^3$  och däröver.

De övriga bergarterna, som huvudsakligen utgörs av graniter och gnejser av varierande sammansättning, placerar sig i intervallet  $2.65 \text{ g/cm}^3$ – $2.80 \text{ g/cm}^3$ . På grund av stora variationer i mineralinnehållet inom varje enskild grupp kan de densitetsmässigt ej entydigt urskiljas.

#### Magnetiska egenskaper

Bergarternas magnetiska egenskaper klarläggs genom mätning av susceptibilitet och remanens. Dessa parametrars inbördes storlek är åskådliggjord genom beräkning av Q-förhållandet (fig. 31). Ett Q-förhållande,

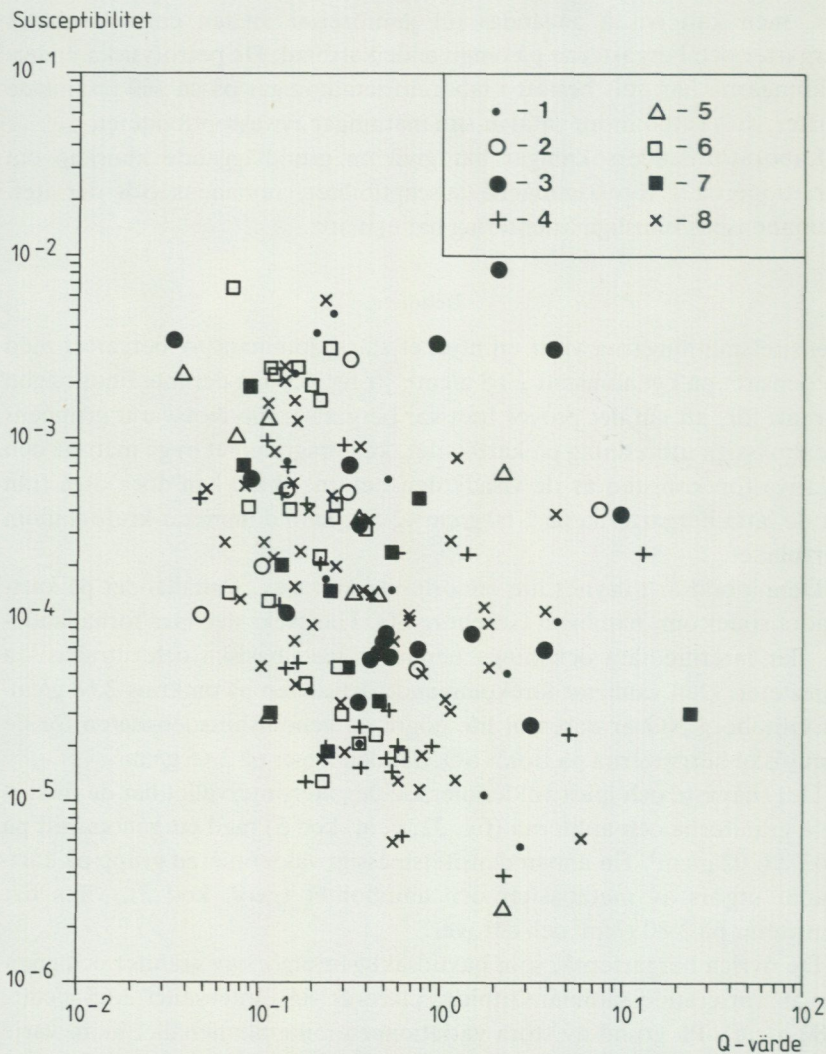


Fig. 31. Susceptibilitet i förhållande till Q-värde i kartområdets bergarter. 160 prover. 1 = gnejs, grå till röd, fin- till medelkornig. 2 = gnejs, rödgrå med mikroklinögon. 3 = metabasit och ultramafit. 4 = tonalit, granodiorit och granit, gnejsig, äldre. 5 = granit, fint medelkornig och något gnejsig. 6 = granit, ögonförande och gnejsig (RA-granit). 7 = granit, ögonförande och gnejsig eller stänglig (Askimgranit). 8 = tonalit, granodiorit och granit, gnejsiga, yngre.

*Susceptibility versus Q-value in rocks from the map area. 160 samples. 1 = gneiss, gray to red, fine- to medium grained. 2 = gneiss, reddish-grey with microcline augen. 3 = metabasite and ultramafite. 4 = tonalite, granodiorite and granite, gneissic, older. 5 = granite, finely medium-grained, slightly foliated. 6 = granite, porphyritic and foliated (RA-granite). 7 = granite, porphyritic, foliated or lineated (Askim granite). 8 = tonalite, granodiorite and granite, foliated, younger.*

som är större än 1, anger att remanensen dominerar. Detta har då till följd, att de magnetiska anomalierna på flygmagnetiska kartan blir svåra att tolka, om man inte också känner remanensens riktning. En remanens i storlek med det inducerade magnetfältet resulterar således i en förhöjning av anomalin till det dubbla om riktningarna är desamma, medan det överhuvudtaget inte existerar någon anomali, om riktningarna är motsatta.

De mätta susceptibiliteterna spänner från ca  $3 \times 10^{-6}$  Cgs-enheter till ca  $10^{-2}$  Cgs-enheter, alltså från det rent paramagnetiska området till det ferromagnetiska. Den högsta susceptibiliteten uppnås nästan uteslutande av bergarter med den lägsta densiteten (fig. 32). Då dessa lätta bergarter bara innehåller mycket små mängder paramagnetiska mineral, måste susceptibiliteten nästan uteslutande tillskrivas innehållet av magnetit och andra ferromagnetiska mineral.

Remanensen spelar ingen större roll på föreliggande kartblad, då den huvudsakligen finns hos bergarter med låg susceptibilitet och ofta bara i måttlig omfattning. De magnetiska anomalierna på det flygmagnetiska kartbladet måste därför huvudsakligen tillskrivas bergarter med låg densitet, alltså de mer granitiska. Omvänt kan man slå fast, att inte alla bergarter med låg densitet ger magnetiska anomalier.

### **Tolkning av den flygmagnetiska kartan**

Den flygmagnetiska kartan är karakteriserad av ett antal genomgående anomalistråk, vars magnetiska intensitet är låg. De flesta anomalier är på några få nT eller mindre.

På huvuddelen av kartan finns det så gott som inga anomalier av betydande utbredning. De flesta anomalier är mycket smala och långsträckta, vilket kallas magnetisk bandstruktur. Det bandade utseendet beror på, att de magnetiska bergartsleden ligger i relativt smala band, vilket ofta är fallet i gnejsområden.

Ofta kan det vara svårt att fastslå helt exakt för varje enskild anomali, vilken bergart som förorsakar anomalin. Emellertid kan det mot bakgrund av de petrofysiska undersökningarna av prover från området fastslås, att det praktiskt taget alltid på Göteborg NO och andra angränsande kartblad rör sig om relativt kiselsyrarika bergarter, när det gäller orsaken till de bandade anomalierna.

Kartbladets metabasiter, som också kan förorsaka magnetiska anoma-

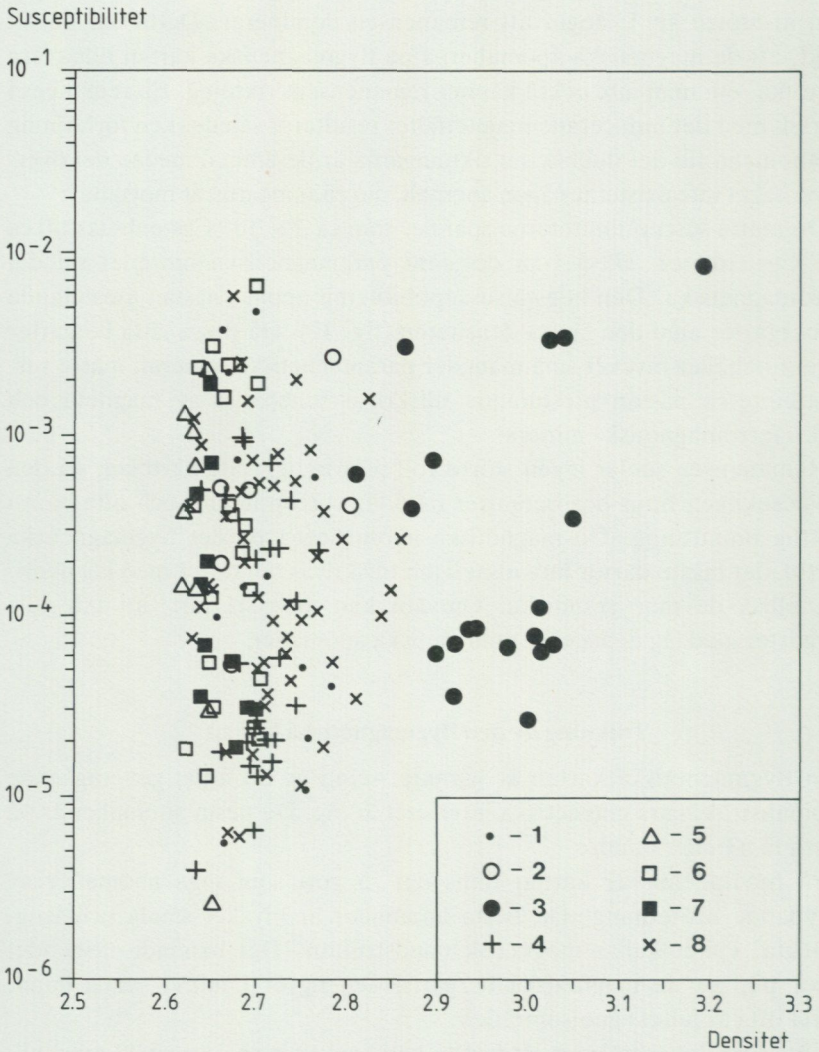


Fig. 32. Susceptibilitetens variation med densiteten i kartområdets bergarter. För teckenförklaring se fig. 31.

*Susceptibility versus density in rocks from the map area. Legend as in Fig. 31.*

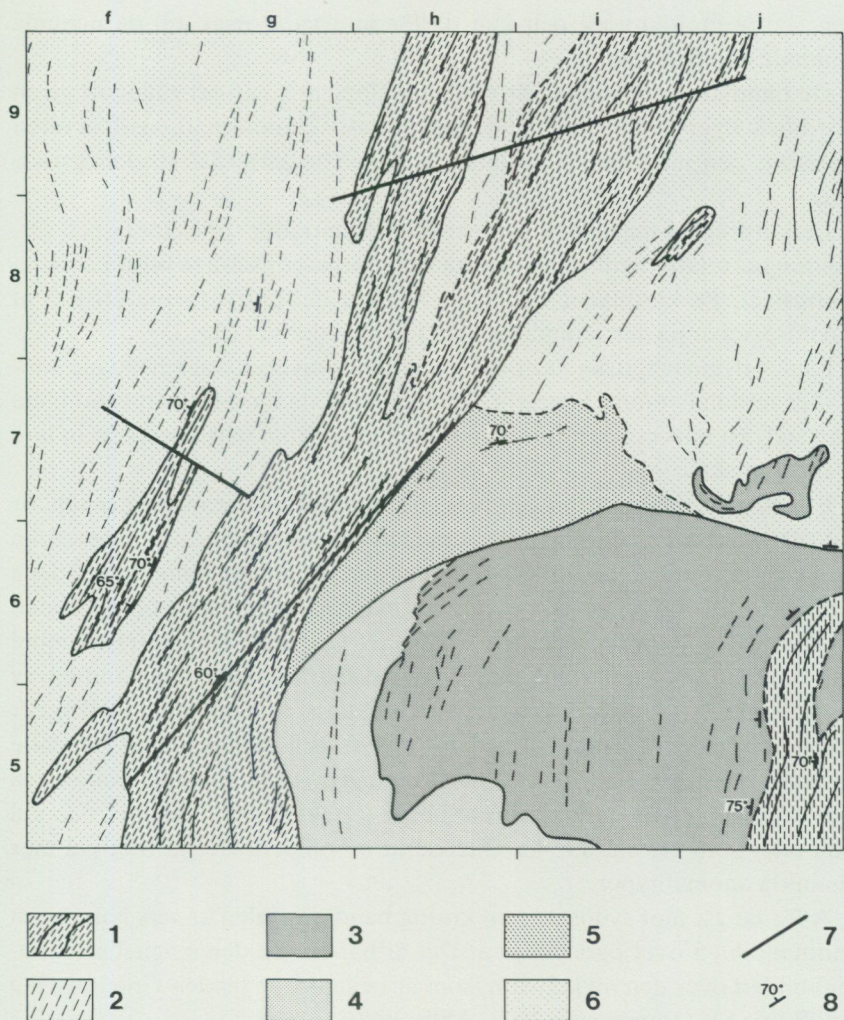


Fig. 33. Flygmagnetisk tolkningskarta. 1 = bandat anomalimönster, tydligt. 2 = bandat anomalimönster, diffust. 3 = magnetisering, måttlig. 4 = magnetisering, måttlig till låg. 5 = magnetisering, låg. 6 = magnetisering, mycket låg. 7 = magnetiskt indikerad dislokation. 8 = magnetiskt indikerad stupningsriktning med eller utan gradtal.

Map showing the interpretation of aeromagnetic measurements. 1 = banded anomaly pattern, well defined. 2 = banded anomaly pattern, diffuse. 3 = magnetization, intermediate. 4 = magnetization, intermediate to low. 5 = magnetization, low. 6 = magnetization, very low. 7 = magnetic dislocation. 8 = magnetic dip.

lier, är av liten storlek och kan därför inte vara orsak till de nämnda bandade anomalier.

De bandade anomalierna är viktiga hjälpmedel, när det gäller att ge en överblick över den överordnade mera plastiska deformationsstrukturen eftersom den magnetiska bandningen anger bergarternas strykningsriktning.

I en utpräglad magnetisk bandstruktur framträder sprickzoner och förkastningar relativt tydligt, då det i dessa uppträder plötsliga brott i anomalimönstret. På kartbladet Göteborg NO har det gjorts försök att rita ut huvudsprickor på den flygmagnetiska tolkningskartan (fig. 33).

På det flygmagnetiska kartbladet uppträder mycket svaga bandade anomalier nästan överallt. Speciellt utpräglat är detta mönster i ett brett bälte från sydväst mot nordöst. Det finns dock även inom bältet stråk, som inte är magnetiska.

Eftersom sammansättningen i ett gnejsområde växlar mycket snabbt är det ofta svårt att exakt dra gränser mellan områden med olika magnetiska egenskaper, även om man i stort tydligt kan se, att det finns flera sådana områden. Övergången från en typ av magnetiskt mönster till en annan sker gradvis i flera områden på kartbladet Göteborg NO. Som exempel kan nämnas det kilformade området med låg magnetisering i mitten av kartbladet (7h). Området är svårt att karakterisera. Det ligger mellan det homogent magnetiserade området i sydöst och det utpräglat bandade anomalimönstret åt nordväst. Områdets magnetiska karaktär kan tolkas som antingen en övergångszon där bägge karaktärerna föreligger sida vid sida eller som ett område karakteriserat av randeffekterna från två mer distinkta anomalytyper.

Allra längst mot sydöst ses en kraftig bandning i den annars homogena anomalibilden över ögongnejsen. Det är här tal om den magnetiska anomalibilden över den mylonitizon, som är bekant från bladen Göteborg SO och Borås SV (Samuelsson 1978, Ahlin 1980).

### **Regionala tyngdkraftsmätningar**

Tyngdkraftsmätningar utfördes sommaren 1978, främst på fixpunkter inom kartbladet, men även höjdangivna sjöytor utnyttjades för strandmätningar i områden med få fixpunkter. Den eftersträlvade punkttätheten har varit 0.25 punkter per km<sup>2</sup>. Resultatet redovisas i fig. 34. Vid beräkningen

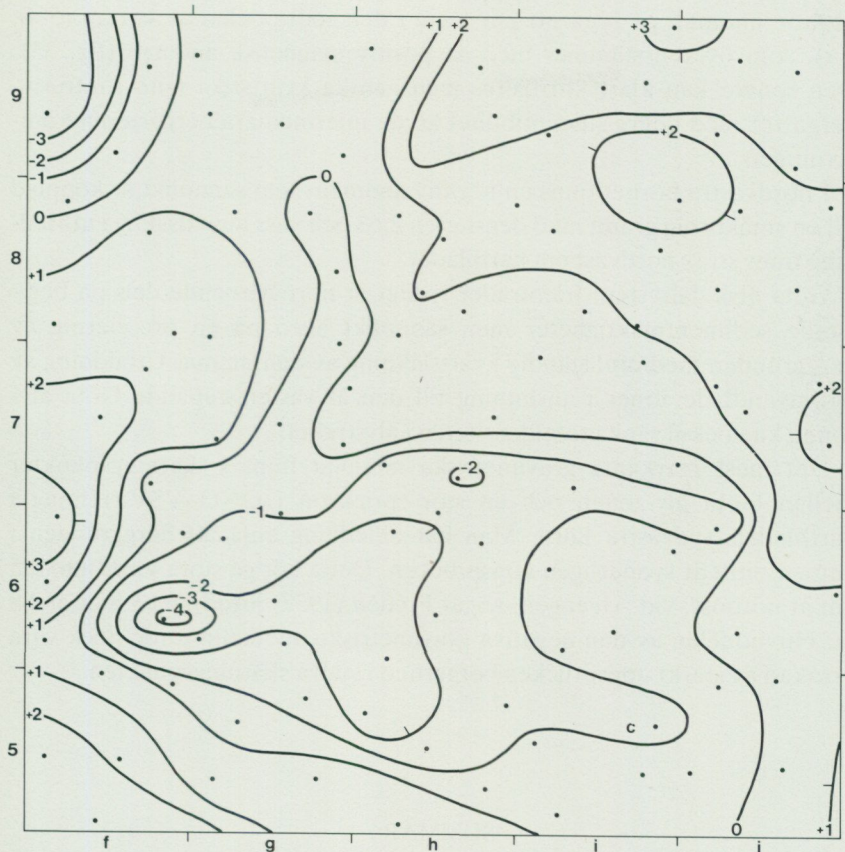


Fig. 34. Bouguer-anomalikarta, ej terrängkorrigerad. Punkterna anger mätställen. Mätvärden i MGal.

*Bouguer anomalies, no correction for terrain. Points show localities of measurements. Numbers in MGal.*

av bouguervärdena har densiteten  $2.67 \text{ g/cm}^2$  använts. Terrängkorrektion har ej påförts. Mätningen är relaterad till det internationella tyngdkraftssystemet ecs62. Höjdsystem 1970 har använts.

Regionalfältet i området är ganska konstant varför lokala anomalier, orsakade av ytgeologin, framträder relativt ostörda. Amplituden av dessa är ganska liten men då densitetskontrasterna generellt sett är mycket små, kan även anomalier med liten amplitud vara intressanta. Så finns t.ex. en

negativ anomali på bara ett par mgal i den södra delen av kartan (5–6, g–i), som överensstämmer med en positiv magnetisk anomali (fig. 33). Den senare kan klart korreleras med ganska kvartsrika (sura) intrusivbergarter med högre susceptibilitet än de intermediära bergarterna i omgivningen.

I nordvästra hörnet finns en negativ anomali, som sannolikt är kopplad till en småkornig granit med densiteten 2.63 och vars huvudsakliga utbredning finns strax nordväst om kartbladet.

Göta älvs dalsystem framträder tydligt åt norr beroende dels på betydande sedimentmäktigheter men sannolikt även på en brecciering av berggrunden med ofullständig kvartsläkning av densamma. Utbildning av leromvandlade zoner i anslutning till den åt väster stupande Göta älvs zonen kan också sänka totaldensiteten i älvstråket.

Det mest markanta gravimetriska minimat finns i skärningspunkter mellan Göta älv-zonen och en stor sprickzon i ÖNÖ–VSV-riktning i kartbladets sydvästra hörn. Man har anledning anta att berggrunden i detta avsnitt är synnerligen uppsprucken. Detta bör ge stora jorddjup. 2.5 km åt nordöst, vid Älvängen, anger Fredén (1979) jorddjup på mer än 88 m. Huvuddelen av den negativa gravimetriska anomalin torde dock vara orsakad av starkt uppsprucken berggrund i själva skärningspunkten.

#### SUMMARY

##### **General bedrock geology of Bohuslän, south-western Sweden**

The area concerned is the westernmost part of the gneiss region of southwest Sweden (Fig. 5). This region is characterized by c. 1 000 Ma K-Ar cooling ages. In contrast the eastern part of southern Sweden is dominated by rocks affected by the Svecokarelian orogeny. The Svecokarelian belt has a western border of postorogenic granites known as the Småland–Värmland granites. Apart from some minor granites, intrusive activity in the Svecokarelian belt was terminated at about 1 600 Ma. The K-Ar blocking temperature of this region was reached at about 1 400 Ma.

The present boundary between these two regions of different K-Ar closing ages is called the Protogine zone. It is actually a linear belt (some km wide) of ductile and brittle deformation. In places it is also an important lithological boundary. The Protogine zone controlled geological events from the earliest intrusion of the Småland–Värmland granites, at about 1 750 Ma, to the uplift of the western block in the final stages of the Sveconorwegian orogeny, at about 900 Ma.

Within southwest Sweden, there are several other major zones of ductile deformation, such as the Mylonite Zone and the Göta älv shear zone (Fig. 5 and Fig. 6). Some of these have been active several times during the extended (>1 650–900 Ma) development of the area. They separate crustal blocks which may have had a different early history but which share a common Sveconorwegian deformation and subsequent uplift.

Detailed mapping in the well exposed Tjörn–Orust and Göteborg areas (Fig. 6) combined with radiometric dating has resulted in the detailed tectonostratigraphy summarised in Table 1. This table of events is based on a polyphase deformation sequence and on the recognition and bracketing of four groups (A–D) of regionally extensive intrusive rocks. These groups of intrusives are each separated by regional metamorphism and deformation.

#### **Main units of the map area Göteborg NO**

The oldest rock are the fine- to medium-grained banded gneisses of a supracrustal derivation. To the west of the river Göta älv most of the supracrustals belongs to the Stora Le–Marstrand formation consisting of metagraywackes intercalated with minor volcanics, mostly basic. To the east of the river the supracrustals are more feldspatic possibly due to a higher proportion of acidic volcanics. No older basement has been recognized.

The oldest granitoid plutons (group A) are part of a calc-alkaline suite with a predominantly granodioritic composition. East of the Göta älv shear zone, gneisses interpreted as A-group granitoids make up most of the bedrock.

The B-group of intrusions is dominated by a second calc-alkaline suite with composition ranging from tonalite to granite but with tonalites and granodiorites developed most extensively. The B-group also contains intrusions of ultramafic, gabbroic and dioritic compositions. In comparison with the A-group calc-alkaline suite, the B-group intrusives contain one less generation of foliation and veining. The calc-alkaline intrusives of the B-group give ages between 1 700 and 1 590 Ma.

A prominent member of the B-group intrusives is the "older augengranite" which is equivalent to the RA granite on the map sheet Kungsbacka NO. RA stands for the high-radiation, which is displayed by these granites. Their composition ranges from granite to alkali-feldspar granite. From several localities it is clear that the different B-group intrusives underwent the same periods of deformation and migmatization.

Dykes ranging from basic to granitic compositions intruded after the B- and before the C-group rocks. These so called 'M'-group dykes differ from the younger C-group rocks by being affected by later episodes of the Mig 2 migmatization. At least the basic and intermediary dykes cannot be derived by simple anatexis of crustal material. The M-group dykes thus suggest a tectonic interlude in the metamorphic (deep crustal) evolution in the time between the B- and C-group intrusions.

The C-intrusives are a very complex group. In the map area this group is mainly

represented by the younger augengranite (in the map legend 'Granites, porphyritic and foliated, 3. greyish-red, youngest'), which in places is accompanied by intrusions of metabasite. As seen from radiometric datings ages of the C-intrusives ranges from about 1 400 Ma to 1 220 Ma. The C-granitoids in the area to the north constitute the basement of the Dal group sediments. As the C-group rocks are common and widespread they can be used to discriminate between Sveconorwegian and earlier events.

The Sveconorwegian development involved a sequence of folding and metamorphic events. The group D-intrusives are late- to postorogenic and include the Bohus-Iddefjord granite, which occupies the coastal area from Lysekil northwards into Norway. Associated pegmatites are sporadically found in a wide area to the east. These pegmatites are also found in the area of the present map. The largest pegmatites are found close to Göta älv in the northern part of the map, (8g, 9g).

The Bohus granite is peraluminous and has a restricted range of  $\text{SiO}_2$  values and is rich in Th and U. The granite is a large, flat-lying, sheet-like body with an eastward subsurface extension of several tens of kilometres. The intrusion of the Bohus granite is dated to  $891 \pm 34$  Ma by the Rb-Sr method. This should also be the approximate age of the youngest pegmatites of the map area Göteborg NO.

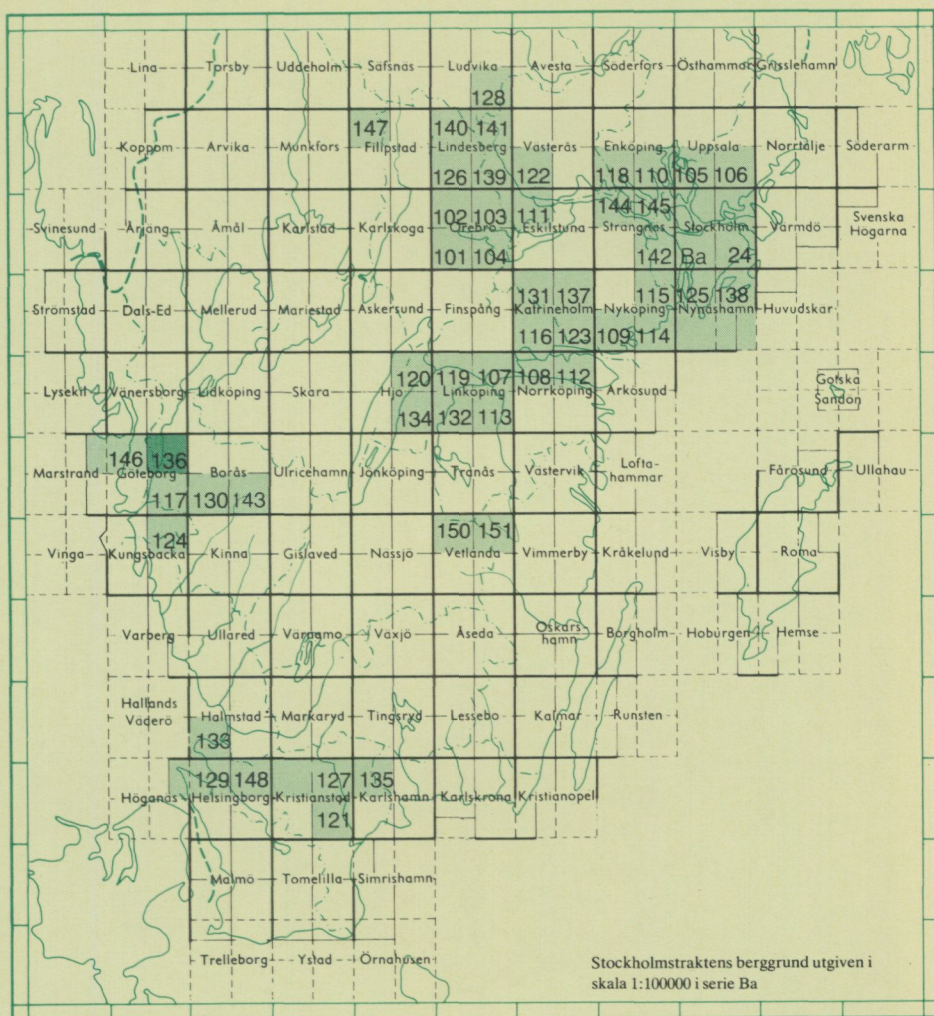
#### LITTERATUR

GFF = Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar  
 SGU = Sveriges geologiska undersökning

- AHLIN, S., 1980: Beskrivning till berggrundskartan Borås SV. — SGU Af 130.  
 ABRAHAMSEN, N., 1974: The paleomagnetic age of the WNW.-striking dikes around Gothenburg, Sweden. — GFF 96, 163–170.  
 BERGSTRÖM, L., 1963: Petrology of the Tjörn area in western Sweden. — SGU C 593.  
 DALY, J. S., PARK, R. G. & CLIFF, R. A., 1983: Rb-Sr isotopic equilibrium during Sveconorwegian (= Grenville) deformation and metamorphism of the Orust dykes, S. W. Sweden. — Lithos 16, 307–318.  
 FREDÉN, C., 1974: Beskrivning till jordartskartan Vänersborg NO. — SGU Ae 17.  
 — 1979: Jordartskartan Göteborg NO. — SGU Ae 40.  
 JOHANSSON, H.E., 1923: Göteborgstraktens Natur. Berggrunden. — Göteborg.  
 — 1931: Berggrunden: Beskrivning till kartbladet Göteborg. — SGU Aa 173.  
 LARSON, S.Å., FRIDH, B. & HAAG, Ö., 1983: Hydrock — värmelager i berg. — Chalmers/Göteborgs Univ. Geol. Inst. Publ. B222.  
 LJUNGNER, E., 1937: De större landformerna i mellersta Bohusläns gnejsområde. — Geografdagarna i Göteborg 1937. Göteborg 1937.  
 LUNDEGÅRDH, P. H., 1952: Beskrivning till kartbladet Onsala. Berggrunden. — SGU Aa 192.  
 — 1953: Beskrivning till kartbladet Särö. Berggrunden. — SGU Aa 195.  
 — 1958: Göteborgstraktens berggrund. — SGU C 553.  
 LUNDGREN, T., 1978: Weathering and argillitization of microbrecciated hard rocks and its influence on groundwater conditions. — Dept. of Land improvement and drainage. Report A 3:26. Royal Inst. of Technology, Stockholm.  
 MAGNUSSON, N. H., THORSLUND, P., BROTZEN, F., ASKLUND, B., och KULLING, O., 1960: Beskrivning till karta över Sveriges berggrund. — SGU Ba 16.

- MATTSSON, Å., 1962: Morphologische Studien in Südschweden und auf Bornholm über die Nichtglaziale Formenwelt der Felsenskulptur. — Lund Studies in Geography, Ser. A. Physical Geography, No. 20. Lund.
- PARK, R. G., BAILEY, A., CRANE, A., CRESSWELL, D. & STANDLEY, R., 1979: Structure and geological history of the Stora Le-Marstrand rocks in western Orust, southwestern Sweden. — SGU C 763.
- SAMUELSSON, L., 1973: Selective weathering of igneous rocks. — SGU C 690.
- 1975a: Palaeozoic fissure fillings and tectonism of the Göteborg area, southwestern Sweden. — SGU C 711.
- 1975b: Berggrunden i Göteborgsregionen. — Göteborgsregionen. Grus- och bergtäktsplan.
- 1978: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. — SGU Af 117.
- 1982: Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka NO. — SGU Af 124.
- SAMUELSSON, L. & AHLIN, S., 1978: Zircon morphology in the polymetamorphic rocks of south-western Sweden. — SGU C 737.
- SAMUELSSON, L. & ÅHÄLL, K.-I., 1984: Modell av den proterozoiska utvecklingen i Stora Le-Marstrandformationen område i västra Bohuslän. — Meddelanden från Stockholms Universitets Geol. Inst. Nr 255.
- SAMUELSSON, L. & WERNER, M., 1978: Weathering pits in the lake Mjörn area northeast of Göteborg. — Geografiska Annaler 60A.
- SKIÖLD, T., 1976: The interpretation of the Rb-Sr and K-Ar ages of late Precambrian rocks in south-western Sweden. — GFF 98, 3-29.
- SUNDIUS, N., 1952: Kvarts, fältspat och glimmer samt förekomster därav i Sverige. — SGU C 520.
- WELIN, E. & SAMUELSSON, L., i manuskript: Rb-Sr and U-Pb studies of granitoid plutons in the Göteborg region, southwestern Sweden.
- ÅHÄLL, K.-I., 1984: Pillow Lava in the Stora Le-Marstrand formation, southwestern Sweden. — GFF 106.

# Utgivna kartblad i serie Af, södra och mellersta Sverige



**PRISKLASS B**

**LiberDistribution**  
**162 89 STOCKHOLM**  
**Tel 08-7399130**

Schmidts Boktryckeri AB, Helsingborg

ISBN 91-7158-345-9  
 ISSN 0586-1543