

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

AVHANDLINGAR OCH UPPSATSER

SER. C

ÅRSBOK 51 (1957) N:O 4

N:O 553

GÖTEBORGSTRAKTENS
BERGGRUND

AV

PER H. LUNDEGÅRDH

Summary: Petrology of the Göteborg (Gothenburg) —

Kungälv region, Western Sweden

STOCKHOLM 1958

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

AVHANDLINGAR OCH UPPSATSER

SER. C

ÅRSBOK 51 (1957) N:o 4

N:o 553

GÖTEBORGSTRAKTENS
BERGGRUND

AV

PER H. LUNDEGÅRDH

Summary: Petrology of the Göteborg (Gothenburg) —

Kungälv Region, Western Sweden

STOCKHOLM 1958

INNEHÅLL

Summary: Petrology of the Göteborg (Gothenburg)—Kungälv region, Western Sweden	5
Inledning	9
Pregotiska bergarter	16
Översikt	16
Egentliga gnejser	17
Granitgnejser	19
Basiter (grönstenar)	24
Äldre gotiska bergarter	27
Översikt	27
Kvartsit	27
Tvåglimmergnejs	29
Biotit- och biotithornbländegnejs	30
Metabasiter	31
Ultrabasit	34
Ådergnejs	36
Yngre gotiska bergarter	37
Översikt	37
Kvartsit, konglomeratisk basisk tuffit	39
Sur, oftast alkalin gnejs (jämte metaarkos och konglomerat)	43
Intermediär och basisk gnejs	48
Basalttuff, basaltlava, metabasit, samt norit, ofta diabaslik	51
Ultrabasit, gabbro, diorit, kvartsdiorit	55
Primorogen granit och gnejsgranit	57
Ådergnejs, serorogen granit, pegmatit	64
Diabasgångar	70
Översikt	70
Äldre diabas	71
Yngre diabas	73
Den tektoniska utvecklingen	75
Litteratur	81

Summary: Petrology of the Göteborg (Gothenburg)—Kungälv
Region in Western Sweden

In two earlier papers (P. H. Lundegårdh 1951 and 1953 b), I have described the bed-rock to the south of Göteborg (Gothenburg) in Western Sweden. I have been able to distinguish there between three Archean complexes, or cycles, viz. the Early Gothian, the Late Gothian, and the Karelian. Age determinations on radioactive matter in certain rare minerals (monazite &c.) enclosed in final Archean (latest Karelian) pegmatite in this part of Sweden have indicated that the Archean evolutions here came to an end 900 à 1 000 millions of years ago (A. Parwel and F. E. Wickman 1954).

According to the investigations mentioned (P. H. Lundegårdh 1951 and 1953 b), the Early Gothian complex should comprise both supercrustal rocks (quartzites, mica schists, volcanics) and infracrustal rocks (plutonic basites, gneiss-granites, migmatites, pegmatite). The oldest complex thus outlined embraces the north-erly—southerly fold of younger Gothian rocks as displayed in Fig. 40, p. 76, though most of its eastern part has disappeared owing to faulting (cf. Pl. 1). The fold was produced by an easterly—westerly compression during the primary phase of the Late Gothian orogenesis (the primorogenic phase). The compression then acted upon a syncline filled with Late Gothian supercrustal rocks (quartzite, conglomerates, volcanics, felspar-quartzites grading into grits) deposited upon Early Gothian supercrustal rocks (compare above) and intruded by basic magma along its S-planes (sills of hyperitic norite later distorted and frequently divided into boudins).

The fold by and by became isoclinal, with westerly dips of its legs, and was penetrated along these by rising palingenic granitic magma (locally basic magma, too). During a period of relaxation, the granite could fill a rather broad zone in the western part of the fold. (Compare Pl. 1, Fig. 40, and the maps in my earlier papers above quoted.) The intrusive granite is either a basic grey one (Åmål granite most frequently rich in hornblende) grading into grey plagioclase-biotite granite and grey to red grey microcline-plagioclase-biotite granite, or a red grey one with coarse microcline porphyroblasts (Askim granite). The age of the porphyroblasts (two generations) will be discussed below.

Owing to granitizations *in situ*, part of the western mica schist of the Early Gothian complex altered to grey muscovite-biotite granite (Frölunda granite) and part of the felspar-quartzite of the Late Gothian supercrustal series changed to red microcline-granite.

The granitic rest solutions produced the older generation of microcline porphyroblasts of the Askim granite by metasomatic replacement and became simultaneously highly sodic themselves. Stress grew strong again though it worked now in a north-western—south-eastern direction. The S-planes of the isoclinal fold and its environments offered no longer paths for rising residual solutions but were on the contrary used for block movements. Measurements of the transport lineation (*a* direction SANDER) bear evidence of reverse faults (overthrusts; cf. Fig. 40 in a south-eastern direction along the westerly dipping S-surfaces. As can be seen in Pl. 1, two à three roughly parallel major thrust (mylonite) zones were now produced in the central and eastern parts of the fold between Göteborg and Kungälv. Minor zones also occur.

Relaxation followed once again in serorogenic time and soon changed into tension. The sodic solutions still remaining in the great depths could rise and

The petrological and tectonical evolution of the Göteborg-Kungälv region

Faults along the S-planes		
Olivine-bearing dolerite (easterly—westerly dikes)		
DALS-LAN-DIAN	Youngest pegmatite Slight tectonization Uralite-dolerite (diabase; north-easterly dikes)	
GOTHIAN	Younger migmatitization { Younger pegmatite Younger granite, development of easterly—westerly and north-easterly fissures Pegmatite, development of microcline porphyroblasts and veined gneiss, relaxation and tension, faults along the S-planes Development of schistosity. Thrusts along the S-planes	
	Åmål—Kroppefjäll granite group { Porphyritic granite (Askim granite) Microcline-granite Intermediate granite (<i>inter alia</i> Frölunda granite) Basic granite (Åmål granite) Quartz-diorite, diorite Gabbro Ultrabasite (ultramafite)	} Relaxation
LATE	Åmål series { Hyperitic norite Intermediate and basic gneiss, metabasite (probably mainly altered volcanics, possibly greywackes, too) Acid, most frequently alkaline gneiss. Altered grits (rare) Conglomerate (rare) Conglomeratic basic tuffite, basaltic tuff. Metabasite (in part altered basaltic lava) Quartzite, in part rich in oligoclase Gneiss, metabasite (altered sediments and volcanics)	} Folding
EARLY-GOTHIAN	Stora Le—Marstrand series ¹ { Ultrabasic intrusive rocks (probably not present in the region) Biotite and biotite-hornblende gneiss, metabasite (mainly altered volcanics in part admixed with argillitic matter) Biotite-muscovite gneiss (schist gneiss) Quartzite	} Weak folding in the north
PRE-GOTHIAN	Development of syenitic schlieren (oldest migmatitization) Oldest gneiss complex of the region (granite gneisses; gneisses, in part banded; metabasites)	} Folding

¹ The mutual age relations of the rocks included are uncertain. Most quartzite is basal, however.

penetrate the bed-rock, especially as the *S-Regelung* was now frequently excellent. In the first hand, the strongly schistose sediments to the west of the Late Gothian fold became altered. The predominating mica schists changed metasomatically to mica gneisses. Their content of potassic feldspar, which was originally rather high, became reduced to nil and the rock got sodic, although some potassium was still preserved in the muscovite.

In the feldspar-quartzite of the central and eastern parts of the Late Gothian fold, both sodic hornblende (arfvedsonite, crossite, riebeckite) and, locally, sodic pyroxene (ægirine), too, developed. In the basites the content of sodic feldspar increased and a secondary basic front was formed. Neighbouring acid sediments became attacked and secondary hornblende frequently accompanied by biotite grew into big porphyroblasts (Fig. 15, p. 38).

During the process thus outlined, the solutions still remaining in the bed-rock of course by and by became strongly potassic. The final phase of the Late Gothian rock alteration therefore turned out to be a migmatitization including the development of veined gneisses, pegmatites and a fine-grained granite. During a later stage of my investigations above quoted (P. H. Lundegårdh 1953 b), I thought that this granite and part of the pegmatite, too, were Late Karelian. Recently, however, professor Wickman mentioned to me the result of a new age determination on the Högsbo pegmatite (containing amazonstone, fluorite, monazite, columbite and beryl), a rock which was earlier considered as a good representative of the Late Karelian pegmatite of the Göteborg area. The age should lie between 1 300 and 1 400 millions of years, and although this figure is not yet definite, there is little reason to suspect that it will be reduced as much as to 900 à 1 000 millions of years, viz. the figures of the Late Karelian pegmatites mentioned in the beginning of this summary. I have therefore been forced to change my opinion regarding the age of the rock mentioned, as well as of the granite associated with it.

I have already pointed out that the serorogenic phase of the Late Gothian cycle involved a relaxation which soon changed to tension. This tension did not only enable solutions to rise, it also produced normal faults. The eastern thrust zone in Pl. 1, viz. the Göta älv (the river Göta)—Göteborg—Mölnadal (—Kungsbacka) zone, has thus been employed to a very high extent during the serorogenesis. The western block including the Late Gothian fold and the older rocks further westwards has slipped down along the thrust planes of this zone. The age of the fault is revealed by the second generation of microcline porphyroblasts in the Askim granite. These porphyroblasts have been developed by the final Gothian potassic metasomatism and have grown through the fault surfaces.

The western block on the whole represents a lower degree of metamorphism than the eastern block. The primorogenic Late Gothian hyperitic norite mentioned in the above text has intruded not only into the growing fold immediately to the west of the river Göta zone but also in the eastern neighbourhood of this zone (Pl. 1). In the western block part of the norite has altered to a uralite-norite which has sometimes become schistose owing to folding or thrusting, whereas in the eastern block much of the norite has changed to garnet-amphibolite.

Moreover, two generations of veined gneiss have been found in the eastern block and only one in the western block. The older generation displays rather short schlieren of a coarsely medium-grained syenitic rock with hornblende prisms. These schlieren seem to have been cut from longer veins by dislocations owing to shear. They often show lineation parallel to the thrust direction and are thus older than the Late Gothian thrusts. They have never been observed in the western block, not even in the mica schist complex of the Göteborg skerries, whereas the pegmatite veins produced by the final Gothian migmatitization are found on both sides of the river Göta zone though they have been concentrated to the mica schist complex (Pl. 1). Accordingly, the latter has to be considered as younger than the syenitic schlieren.

W. Larsson (1956) and the present writer have distinguished the mica schist complex as the Stora Le—Marstrand series. In the Onsala—Göteborg—Kungälv region I should like to confine the use of the term Early Gothian to this series and an associated group of intrusive ultra-basites. The remaining rocks formerly denominated as Early Gothian by the writer are those constituting the bulk of the block to the east of the river Göta zone, and I now agree with P. J. Holmquist (1906) in classing them as members of the Western Swedish iron-gneiss complex in a strict sense. Because of their content of syenitic schlieren I also agree with Holmquist in considering them as older than the rocks to the west of the river Göta zone. I prefer to use the term pre-Gothian in stead of the iron gneiss complex, however.

W. Larsson (personal communication) has recently divided the pre-Gothian of Western Sweden into two complexes, viz. the older and the younger iron-gneiss complex. According to Larsson, the rocks to the east of the river Göta zone in the region now considered should belong to the younger iron-gneiss complex. As already touched upon, they are on the whole high-metamorphic. Their general petrographic characters will be evident from the legend of Pl. 1.

In latest Archean time (post-Gothian), the supercrustal Kappebo and Dal series of Dalsland and South-Western Värmland were formed. They have been folded along the general northern—southern direction produced by the Late Gothian orogenesis. During the final phase of the latest Archean orogenesis a regional migmatitization occurred, resulting in, *inter alia*, the development of the Bohus granite and an associated pegmatite. This evolution was formerly included in the Karelian (W. Wahl 1936 and N. H. Magnusson 1936). In 1956 Magnusson adopted J. J. Sederholm's term Dalslandian (Sederholm 1932) for the latest Archean cycle in Southern Sweden, owing to the composite character of the Karelian of Northern Sweden and Finland. (See Magnusson 1957.)

Single dikes of Dalslandian pegmatite probably exist in the Göteborg—Kungälv region. In Pl. 1 a broad pegmatite dike less than 2 km to the west of Torslanda church has been marked with the black dolerite colour owing to a misprint. This pegmatite has intruded along a fissure which does not seem to have been open in final Gothian time and has therefore been classed as younger.

Most post-Gothian dikes consist of dolerite, however. The north-easterly dikes are the older and thinner ones and have altered to diabase. They often appear as swarms. H. E. Johansson (1931) paralleled them with the Koster dikes of Northern Bohuslän, which have turned out to be older than the Bohus granite (A. Gavelin 1914) and thus belong to the Dalslandian cycle. (Compare B. Asklund 1950.)

The westerly dikes are younger and in part display a well-preserved olivine-bearing dolerite. They may be of either Algonkian (related to the Åsby dolerite) or Early Palaeozoic age. (Compare the volcanic activity manifested by the layered dolerites of Västergötland.)

The younger dolerite dikes have been cut by late faults along part of the Late Gothian thrust planes. These faults ought to have occurred either in Permian time, when the peculiar rocks of the Oslo field and the numerous northerly—southerly dolerite dikes in Bohuslän were born, or during the Tertiary, when there was a great upheaval of the Caledonides of Western Fennoscandia.

In Pl. 1 we observe the lack of dolerite dikes in the block to the east of the river Göta zone. As a matter of fact, no fissures seem to have been open there when the doleritic magmas intruded.

INLEDNING

Huvuddelen av den västsvenska berggrunden sammanfattades i äldre tider under beteckningen 'järngnejsformationen' eller rätt och slätt 'järngnejserna'. Kanske var det de många och ibland svårkarterade småvariationerna inom detta komplex, som åstadkom den alltför långt gående förenkling av problemen, en dylik schablonbeteckning otvivelaktigt innebär. Till belysning av detta påstående behöver man blott jämföra det gamla Säröbladet i skala 1 : 200 000 (S. G. U., ser. Ab, nr 9, av år 1883) med de motsvarande moderna 1 : 50 000-bladen Onsala och Särö (S. G. U., ser. Aa, nr 192 och nr 195, 1952—53), där antalet bergartsbeteckningar ökat från två till ett femtontal.

Termen järngnejs leder sitt ursprung från den merendels obetydliga halt av magnetit, som kännetecknar vissa av de i komplexet ingående bergarterna, särskilt då de röda eller rödaktiga gnejserna. Ställvis ökar magnetitindividen i mängd. Så är exempelvis fallet i fästningsberget vid Kungälv (Bohus fästning) där flera ibland mer än cm-stora magnetitaggregat och en mängd mindre korn av samma mineral kan iakttagas.

En stark känsla för betydelsen av variationerna i den västsvenska berggrunden framträder i H. E. Johanssons omsorgsfullt utförda kartering av Göteborgstraktens berggrund, publicerad 1924 i ett särtryck av Göteborgs jubileumspublikationer. Till beskrivningen av 1 : 50 000-delskartbladet Göteborg (S. G. U., ser. Aa, nr 173, 1931) komponerade Johansson sedermera en berggrundskarta, vilken täcker samma område som kartan i den nu föreliggande beskrivningen (plansch 1). Även här frapperas man av den långt gående och för ögat elegant gestaltade petrografiska uppdelningen, som dock är något väl konstnärlig beträffande grönstenarna och som dessutom störs av en alltför stark schematisering av kartans nordvästra del.

Johansson anknöt emellertid i sin genetiska tolkning av Göteborgstraktens berggrund nära till den i åldershänseende sammanpressade uppfattning, som redan beteckningen järngnejsformationen inrymmer i sig. Han ville i Göteborgstraktens bergarter se resultatet av en långt gången och genom syngenetisk tektonisering¹ ofta nog så komplicerad differentiation av en enda magma. Han såg därvid bort från de vittnesbörd om en annan och mera komplicerad petrologisk utvecklingsgång, vilka bl. a. ges av de basiskt tuffitiska kvartsitbollkonglomeraten, kvartsiterna själva och de delvis skifferartade tvåglimmergnejserna. Han bortsåg också från P. J. Holmquists (1906, sid. 219) synnerligen viktiga påpekande av Göta älv—Vänern—Byälvslinjens betydelse som västgräns för den egentliga järngnejsformationen, ett påpekande vars konsekvenser skall ytterligare beröras längre fram i detta arbete.

I en nordligare belägen del av Västsverige kom N. H. Magnusson redan på 1920-talet att träda i opposition mot Johanssons av Holmquist där delvis understödda, extrema magmatism och framlade i sin avhandling om Gill-

¹ En tektonisering, som arbetat samtidigt med att bergarterna bildats,

Tabell I. Aldersschema för berggrunden i norra Dalsland och sydvästra Värmland, sammandraget efter W. Larsson (1947, s. 322)

Diabasgångar		
Yngsta sedimenten i Tisselskog		
<hr/>		
Diskordans		
Pegmatit- och aplitgångar	}	Blockrörelser
Bohusgranit		
Kvartsbreccior	}	Överskjutningar
Kvartsgångar		
Fältpatförande kvartsgångar	}	Veckning
Pegmatit, gångar och massiv		
Slirgnejsbildning		
Förgnejsning		
Mylonitförskifring		
Björnö—Storöbreccian		
Dalformationen (sediment och basiska vulkaniter)		
<hr/>		
Diskordans	}	Tektoniska rörelser
Kappeboformationen (sediment och sura vulkaniter)		
<hr/>		
Stor diskordans		
Åmål—Kroppefjällsgranitserien (med inledande grönsten samt med pegmatitgångar)	}	Veckning
Åmålformationen (sediment, väsentligen kvartsiter, samt vulkaniter)		
<hr/>		
Stor diskordans		
Äldsta gnejskomplexet (tidiga sediment och vulkaniter, ultrabasiter och gnejsgraniter, sen ådergnejsbildning jämte täljstensomvandling av ultrabasiterna, sena pegmatitgångar)	}	Veckning
Underlag okänt		

bergaskålens byggnad (Magnusson 1929) bevis för existensen av geologiskt olika byggda komplex inom järngnejsformationen. Men Magnusson påpekar också, att de olika komplexen genom en sen regionalmetamorfos smitts samman med varandra i strukturellt hänseende. Man får således inom Gillbergaskålen följande petrologiska utveckling:

IV. Sen orogenes

III. Åmål—Kroppefjällsgranitgruppen

II. Åmålserien

Stor diskordans

I. Äldsta gnejskomplexet

Vid sin revision av karteringen inom geologiska bladet Värвик (S. G. U., ser. Aa, nr 187) kom W. Larsson fram till ett i stora drag likartat men avsevärt mera detaljerat schema över den petrologiska utvecklingen i Dalsland och sydvästra Värmland (Larsson 1947). Detta schema återges i tabell I.

Sydvästsveriges berggrundsutveckling före Dalformationen bildning sammanfattades av Magnusson (1933) till en cykel, vars veckningsfas W. Wahl (1936) benämnde den gotiska. Detta namn upptogs och utvecklades

av Magnusson (1936, 1949). Dalformationen (jämte Kappebo-serien) och Bohusgraniten hänfördes av Magnusson 1949 till den karelska cykeln — urbergets yngsta, under det att samme forskare i ett föredrag vid Nordiska vintermötet i Oslo år 1956 föredrog att för nämnda bildningar liksom även Spinkamåla- och Karlshamnsgraniterna i Skåne och Blekinge använda det av J. J. Sederholm 1932 införda begreppet *dalslandium* (jfr Magnusson 1957). Sederholm hade dock begränsat *dalslandium* till att omfatta tiden för Dalformationen bildning. Magnusson motiverar detta ingrepp i cykelterminologin med att begreppet *karelium* vid sin användning kommit att tillämpas även på sådana bergarter, som kan vara gotiska eller ännu äldre. I sin beskrivning till bladet Vårvik, berggrunden, ansluter sig W. Larsson (1956) till Magnusson vad gäller bruket av ordet *dalslandium*, medan Larsson däremot undviker termen *gotium*.

Vid mina egna undersökningar inom trakten söder om Göteborg (Onsala-halvön och Säröbladet), har jag funnit stöd för den av Magnusson inom Gillbergaskålen och av W. Larsson på bladet Vårvik (med omnejd) gjorda uppdelningen av järngnejsformationen (P. H. Lundegårdh 1952 och 1953). I Säröbeskrivningen (Lundegårdh 1953) uppdelas berggrunden i två cykler — äldre och yngre *gotium*, varvid äldre *gotium* kommit att omfatta bl. a. skärgårdens kvartsit och tvåglimmergnejs, medan yngre *gotium* täcker Ämålserien och Ämål-Kroppefjällsgranitgruppen jämte en avslutande pegmatit- och ådergnejsbildning. Magnusson inskränker i senaste upplagan av Sveriges geologi (1957, s. 98) det egentliga *gotium* till att omfatta vad som svarar mot yngre *gotium* i mitt Säröschema (op. cit. 1953). Den äldre berggrunden benämner Magnusson här *gammalgotium*.

I ett arbete över Uppsalatraktens berggrund (P. H. Lundegårdh 1956—57, s. 69) berör jag flyktigt cykelindelningen i västra Sverige. Här avskiljes som *pregotiska* de bergarter, vilka är äldre än Göteborgsskärgårdens kvartsit och tvåglimmergnejs. Dessa sedimentbergarter, liksom till dem knutna vulkaniter, har W. Larsson och jag under år 1956 enat oss om att utskilja som Stora Le—Marstrandsserien (jfr W. Larsson 1956, s. 10 och 12 ff.¹, och P. H. Lundegårdh 1956—57, s. 69). Enligt det schema jag givit i beskrivningen till kartbladet Särö (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 14), kan även termen *tidiggotiska* ytserien användas.

Regionala undersökningar av W. Larsson (personligt meddelande 1956) har visat, att den *pregotiska* berggrunden i Sydvästsverige låter sig uppdelas i två skilda komplex, vilka han preliminärt velat beteckna som äldre resp. yngre järngnejskomplexet. Larsson förvisar i och med detta järngnejsbegreppet från den gotiska berggrunden — en på fältiakttagelser grundad vidareutveckling av Holmquists föreställning om Göta älv—Byälvslinjens betydelse som formationsgräns (se ovan och Holmquist 1906).

Bergarterna inom det äldre järngnejskomplexet är koncentrerade till södra och mellersta Halland, västra Småland och östra Västergötland, under det att det yngre järngnejskomplexets bergarter uppträder företrädesvis inom

¹ Se även fotnot å sid. 27.

Tabell II. Den petrologiska och tektoniska utvecklingen i Göteborgstrakten

		Förskjutningar längs skiffrihetsplanen	
		Olivinförande diabas (öst-västgångar)	
DALS- LAN- DIUM		Yngsta pegmatit Lätt tektonisering Uralitdiabas (nordöstgångar)	
		Yngre pegmatit (Högsbopegmatit) Yngre granit, bildning av skärande sprickor Pegmatit, bildning av mikroklinögon och ådergnejs, tektonisk avspänning och tänjning, förkastningar längs skiffrihetsplanen	
GOTTUM	Åmål— Kroppefjäll- granit- gruppen	Förskiffning, överskjutningar längs skiffrihetsplanen	
		Ögongranit (Askimgranit) Mikroklinggranit Intermediär granit (bl. a. Frölundagranit) Basisk granit (Åmålgranit) Kwartsdiorit, diorit Gabbro Ultrabasit	Tekt. avspän- ning
YNGRE	Åmålserien	Norit, ofta diabaslik (delvis amfibolitiserade lagergångar)	
		Intermediär och basisk gnejs, metabasit (sannolikt huvudsakligen omvandlade vulkaniter, möjligen även gråvackor) Sur, vanligen alkalin gnejs. Metaarkos (sällsynt) Konglomerat (sällsynt) Konglomeratisk basisk tuffit, basalttuff. Metabasit (delvis omvandlad basaltlava) Kwartsit, delvis oligoklasrik Gnejs, metabasit (omvandlade sediment och vulkaniter)	Veckning
ÄLDRE GOTTUM	Stora Le— Marstrands- serien ¹	Ultrabasiska intrusivbergarter (sannolikt blott utanför kartområdet)	
		Biotit- och biotithornblandegnejs, metabasit (till övervägande del omvandlade vulkaniter, i stor utsträckning dock med inblandning av lermaterial) Tvåglimmergnejs (skiffergnejs) Kwartsit	Svag veckning i norr
PRE- GO- TTUM		Bildning av syenitliror (äldsta ådergnejsbildning) Äldsta gnejskomplexet (granitgnejs; gnejs, delvis bandede; metabasiter)	

¹ Bergarternas inbördes åldersförhållanden i stor utsträckning ovissa. Huvudparten av kvartsiten ligger dock i botten.

norra Halland, västra Västergötland och västra Värmland. (Jfr den nya översiktskartan över Sveriges berggrund, S. G. U., ser. Ba, nr 16, 1958.) Plastisk deformation av särskilt det äldre järngnejskomplexet har dock lett till, att strykningens riktningarna varierar starkt från en trakt till en annan. (Jfr även W. Larssons berggrundskarta till bladet Halmstad, S. G. U., ser. Aa, nr 198. Ännu ej distribuerad.) I det stora hela kan man dock säga, att öst—västliga strykningar överväger inom äldre och nord—sydliga inom yngre järngnejskomplexet.

De cykler, som namngivits i det ovanstående, anger blott relativ ålder. Dock har även absoluta åldersbestämningar utförts i sydvästra Sverige, hos professor F. E. Wickman på Riksmuséet. Därvid har framkommit, att den

avslutande gotiska pegmatiten synes ha en ålder av mellan 1 300 och 1 400 miljoner år (ny men dock ej slutgiltig bestämning från Högsbo kvartsfältspatbrott öster om Särövägen), medan den avslutande dalslandiska (kareliska) pegmatitens ålder varierar mellan 900 och 1 000 miljoner år (Parwel och Wickman 1954).

Vid en jämförelse mellan berggrunden i sydvästra och mellersta till norra Sverige får man under hänsynstagande till senaste forskningsrön följande schema (yngsta cykler överst):

SYDVÄSTRA SVERIGE	MELLERSTA OCH NORRA SVERIGE
(Algonk)	(Algonk)
Dalslandium (900 à 1 000 — 1 300 à 1 400 milj. år)	
Yngre gotium (1 300 à 1 400 —? milj. år)	Bottnium Karelium (synes innehålla mer än en cykel)
Äldre gotium	
Yngre järngnejskomplexet	Svekofennium, eller svionium
Äldre järngnejskomplexet	(1 800 —? milj. år)

Man bör icke göra några förhastade parallelliseringar de båda uppställningarna emellan, eftersom redan förhållandet mellan dalslandium och delar av karelium är oklart. Det skall dock framhållas, att stora likheter finns mellan flera bergartsled i gotium och bottnium. (Jfr P. H. Lundegårdh 1957.)

Göteborgstraktens berggrund låter sig uppdelas i trenne komplex — yngre gotiska bergarter, äldre gotiska bergarter och pregotiska bergarter. Dessutom synes något dalslandisk pegmatit förekomma. Hit hör dock icke Högsbopegmatiten, som av mig före den ovan nämnda åldersbestämningen antogs vara karelisk (= dalslandisk). (Jfr P. H. Lundegårdh 1953.) Postgotiska är också de diabasgångar, som uppträder på flera håll.

De yngre gotiska bergarterna uppfyller större delen av kartområdet (pl. 1). De bildar ett nord—sydligt stråk genom västra delen av Göteborg och breder på Hisingen ut sig mot Torslanda för att i Inland norr därom nå så långt västerut som till havskusten. I Inland finns stora inneslutningar av äldre gotiska bergarter i yngre gotiska, men i övrigt ligger den äldre gotiska berggrunden huvudsakligen väster och öster intill yngre gotium, dels i västligaste delen av Hisingen och i skärgården utanför, dels i den del av Backa församling, som ligger närmast Göta älv.

Det stratigrafiska förhållandet mellan äldre och yngre gotium bestäms dels av lagerföljden inom den senare cyklens ytbildningar (Åmålserien), dels av utseendet på de tidigast uppträdande (primorogena) ungotiska intrusivbergarternas (Åmål—Kroppefjällsgranitgruppen) kontakter. Ytbildningarnas petrografi pekar på nedbrytning av och materialtransport från de västerut belägna delarna av detta komplex till de österut liggande partierna. (Genom veckning har bergartslagren blivit mer eller mindre brantställda.) Längst västerut ligger Stora Le—Marstrandsseriens som tidiggotiska tolkade bergarter. De primorogena ungotiska intrusivbergarterna breccierar äldre gotiums bergarter.

Pregotiska bergarter finns i kartområdet endast längs i öster. I Göteborgs centrum går gränsen mellan gotium och pregotium i östkanten av Skansparken, mellan Oskar Fredriks och Haga kyrkor. Den fortsätter mot Mölndal i sydöst och Tingstad i nordnordöst för att där sedan följa Göta älv vidare norrut. Gränsen är i sin nuvarande utformning tektonisk betingad. Slutresultatet av de tektoniska rörelserna har blivit, att det västra blocket, i vilket Hisingen ingår, sänkts i förhållande till det östra blocket — Västgötablocket.

De pregotiska bergarterna i Göteborgstrakten skall enligt W. Larsson (meddelande 1956) räknas till det yngre järngnejskomplexet. Man får då det schema för Göteborgstraktens berggrund, som visas i tab. II.

I detta schema är de äldsta bergarterna, de pregotiska, tillika de starkast omvandlade, enär de påverkats av de efterföljande gotiska orogenerna. I den sengotiska orogesen kan, liksom i de flesta andra orogener, urskiljas tre huvudfaser, nämligen veckning, överskjutningar och blockrörelser av typen avglidningar (förkastningar).

Först sammanveckades de gotiska bergarterna till det nord—sydliga stråket väster intill Göta älv och därefter åstadkom den fortsatta laterala sammanpressningen överskjutningar kännetecknade av krossning (mylonitisering) av de berörda bergarterna. Sammanpressningen har starkt påverkat den pregotiska berggrunden, något som icke minst kan iakttagas i den centralvärmländska mylonitzonen (Magnusson 1937) men som även framträder i uppdelningen och dislokationen av de tidigt sengotiska basitintrusionerna i Västgötablockets närmast Göta älv belägna del.

Efter överskjutningarna följde en avspänning, som snart förbyttes i tänjning med avglidningar (förkastningar) som följde. Den största förkastningen i Göteborgstrakten har skett längs den redan nämnda zonen Göta älv—Göteborgs centrum—Mölndal (—Kungsbacka).

Den dalslandiska orogesen i norr torde i någon mån även ha drabbat Göteborgsberggrunden men synes där i stort sett ha följt den sengotiska orogensens linjer.

Berggrundskartan i slutet av boken grundar sig till övervägande del på framlidne statsgeologen H. E. Johanssons noggranna fältarbeten. Hela kartområdet har dock med beaktande av de ovan givna indelningsprinciperna genomgått på nytt, dels av fil. lic. Lars Bergström, dels av förf. Den förre har rekognoscerat hela skärgården, Inland utom Överöarna och trakten nordöst om Harestads k:a, samt dessutom partier av Hisingen, nämligen större delen av Torslanda s:n, mindre delar av Björlanda s:n och vissa markområden inom Lundby församling, Göteborgs stad. Återstående trakter har undersökts av förf.

Genom ett tekniskt missöde har på berggrundskartan en bred NNÖ-lig pegmatitgång längst ut i väster på Hisingen kommit att täckas med diabasens svarta färg. Dessutom har i större delen av kartupplagan ett nord—sydligt, rött ådergnejsstecken fallit bort från den inom kartan belägna delen av Rivö. Denna består alltså icke av alkalina gnejs.



Fig. 1. Planstruktur (skiktning, skiffriighet, slirighet) och lineärstruktur (stänglighet) inom berggrundskartans område (pl. 1). Konventionella symboler (—o— betyder horisontell stänglighet). För publicering godkänd i Rikets allmänna kartverk den 28 november 1956.

Plane and linear structures (stratification, common schistosity, schlieren and lineation) in the mapped region. (Compare Pl. 1.) Conventional symbols (—o— means horizontal lineation).

Skala — Scale 1 : 150 000.

Av tekniska skäl har kartan måst kantställas.

Pregotiska bergarter

Översikt

Göteborgstraktens pregotiska bergarter träffas längs med och öster om Göta älv, vilket vattendrag de i Göteborg synes lämna under Skeppsbrokajen. Deras västgräns går sedan mellan Skansen Kronan och Skanstorget mot Toltorpsdalen och Mölndals centrum.

De pregotiska bergarterna utgöres av gnejser och grönstenar. Gnejserna upptar huvudparten av berggrunden, medan grönstenarna bildar längs strykningen efter varandra följande, lins-, ägg-, eller skivformade inneslutningar, s. k. boudiner.

Gnejserna är av två slag, dels granitiska gnejser, vilka kan utgöra förskiffrade och omkristalliserade graniter, dels egentliga gnejser (suprakrustalgnejser), vilka genom omvandling bildats ur sediment (vittringsprodukter och vulkanisk aska) och lavabergarter. På grund av den starka omvandling, som Göteborgstraktens pregotiska berggrund blivit utsatt för i gotisk tid, är det i fält dock oftast omöjligt att avgöra, vilket ursprung varje särskilt slag av gnejs har. Det är uppenbart, att en starkt förskiffrad och därefter genom glidningar efter skiffrihetsplanen (överskjutningar och liknande rörelser) helt krossad (mylonitiserad) granit som följd av senare omkristallisation kan bli helt lik en ur sediment eller lavor bildad gnejs. Det är också uppenbart, att t. ex. en homogen lavabergart av granitsammansättning genom omkristallisation lätt kan överföras i en granit.

Basiterna (grönstenarna) utgöres av hornbländerika, småkorniga, svarta eller grönsvarta omvandlingsbergarter (metabasiter), vilka i litet större massiv oftast innehåller pyroxenförande, gärna diabasliknande, noritiska kärnor av anmärkningsvärd friskhet. Dessa visar antingen ursprungsbergarten eller ett tidigare led i bergartens metamorfos men synes i varje fall vara yngre än omgivningens gnejser.

De granitiska gnejserna är antingen grovt ögonstruerade eller homogena. I det senare fallet innehåller de dock merendels ljusa sliror (fig. 4 och fig. 6), dels, och oftast, syenitiska (relativt kvartsfattiga, kalifältspatrika, hornbländeförande, se fig. 4), dels pegmatitiska (fig. 6). De egentliga gnejserna är gärna bandade (fig. 2—3).

Karakteristisk för de olika pregotiska bergarterna i Göteborgstrakten är den i stort sett bandformade fördelningen, vilken tydligt framträder på berggrundskartan (pl. 1). Denna fördelning synes ha en tidig anläggning. Man får räkna med att gnejsbanden representerar skärningarna mellan den nuvarande jordytan och genom veckningsrörelser såväl snedställda som böjda och ibland tillknycklade lager av ytbergarter med mellanliggande skivformade intrusioner av magma.

Inom berggrundskartans område (pl. 1) stupar det pregotiska gnejskomplexet närmast Göta älv medelbrant (30—55°) mot väster och har där genom sina synnerligen väl utvecklade, av senare glidningsrörelser (överskjutningar



Fig. 2. Skiffrig bandgnejs. Infartsvägen till Kortedala ÖSÖ om Lärjeholm, Gamlestadens församling, Göteborg. Foto P. H. Lundegårdh 1953.
Schistose band-gneiss. 2.5 km NE of Backa church.

och förkastningar) tillskärpta skiffrighetsplan bidragit till att skapa förutsättningarna för den skredkänsliga utbildningen av Göta älvdal. Mot öster och sydöst blir gnejsernas stupning ofta flackare. Vid Almanacksvägen (vägen till Kortedala) väster om Kvibergs kaserner är sålunda stupningen endast 20° mot nordväst. Förflyttar man sig längre mot sydöst, mot Mölnlycke, Hyssna och Kinna, finner man, hurusom lagerställningen i stor utsträckning blir nära nog, eller ibland helt, horisontell. Härigenom kommer en och samma bergart att täcka stora arealer utan att därför behöva ha någon större mäktighet.

Egentliga gnejser

Största utbredningen av Göteborgstraktens egentliga gnejser av pregotisk ålder har den s. k. Utbygnejser, en skär, vanligen småkornig, på borst oftast massformig men i övrigt mer eller mindre starkt stänglig¹ bergart sammansatt av såväl rundade som mera oregelbundet formade mineral Korn. Pegmatitiska sliror av yngre ålder (se vidare nedan) finns på sina håll. Huvudmineral är kvarts, kalifältspat (klar mikroklin, i regel ej pertitisk²) och kalciumhaltig

¹ Mycket flackt liggande stänglar, 300 m SSÖ om Utby kapell t. o. m. horisontella i nord-sydlig riktning (se vidare sid. 78).

² Termförklaring, se granitgnejserna, tredje stycket.



Fig. 3. Delvis småveckad bandgnejs. Konsumhusets bakgård, Trollhättan.
Foto P. H. Lundegårdh 1953.

Folded band-gneiss. Trollhättan between Göteborg (Gothenburg) and Lake Vänern.

natronfältspat (lätt sericitkorroderad oligoklas) i nu nämnd rangordning. Mikroklinhalten är således mycket hög, enligt geometriska analyser mellan 40 och 45 % (jfr H. E. Johansson 1931, sid. 20). Småmineralen utgöres av granat, magnetit, mörk glimmer (biotit), ljus glimmer (muskovit) och zirkon.

Den rödaktiga färgtonen beror på en lätt, stofffin impregnation av hämatit (Fe_2O_3) i fältspaten.

Utbyggnaden synes utgöra antingen en omvandlad sur lava eller ett metamorft surt sediment. En ur granit genom krossning bildad bergart av denna karaktär borde ha visat större kornstorleksvariationer i sina bäst bevarade delar. Nu finner man de grövsta, mest granitlika varieteterna i de starkast omvandlade delarna av Utbyggnaden.

Av andra slags 'egentliga' gnejser må nämnas bandgnejs, en i de pregotiska gnejskomplexen mycket vanlig bergart, som består av sina emellan parallella, tunna lager av gnejs av olika kemisk sammansättning och oftast även av olika gry och färg (fig. 2—3). Denna bergarts suprakrustala karaktär bestrides numera merendels icke, och växellagringen av tunna skikt tyder på ett komplext sedimentärt ursprung. Vittringssediment, vulkaniska sediment och i vissa fall även kemiska sediment torde alltså ingå i bergarten.

Bandgnejs förekommer bl. a. i trakten av Gibraltargatan (Nya Chalmers med omnejd), i Krokslätt och sydöst om Almedals station. På berggrundskartan (pl. 1) ingår bandgnejsen i den sliriga, intermediära, granitiska gnejsen.

Mycket ofta har småveckning, plastiska deformationer och partiella mobiliseringar stört bandgnejsernas regelbundenhet (fig. 3). Där förändringarna av gnejsens ursprungliga karaktär innefattar sönderslitningar av banden i mera betydande omfattning, använder man ofta termen blandgnejs (jfr fig. 21, sid. 47).

Ett tredje slags pregotiska gnejser av suprakrustalt ursprung är ådergnejserna, till dels en variant av bandgnejserna kännetecknad av oregelbundna men i stort dock konforma (parallellt med lagringen inordnade) sliror av pegmatit, syenit e. d., till dels i övrigt homogena gnejser utrustade med enahanda sliror (fig. 6). Beskaffenheten av ådrorna och sättet för deras bildning skall dock icke diskuteras här utan i närmast följande avsnitt, då detta slag av omvandling i Göteborgstraktens pregotiska berggrund arealt sett har långt större utbredning i granitgnejserna än i de egentliga gnejserna.

Granitgnejs

De vanligaste gnejserna i Göteborgstrakten är de granitiska. Två huvudtyper kan här urskiljas, dels intermediär men gärna slirig granitgnejs, dels intermediär, mycket grovt porfyrisk granitgnejs.

Den förra bergarten är allmänast. Den har grå, ibland rödgrå, färg, medeltill finkornigt gry och tydlig skiffriighet. Dels rör det sig om planförskifring, främst kännetecknad av en inordning av biotiten i bladpackar parallellt med skiffriigheten (packarna dock aldrig samlade till sammanhängande skikt), dels om lineärförskifring eller stänglighet.

Mineralkornen är i regel oregelbundet konturerade (xenomorfa). Vanligast är kvarts, oligoklas (15—20 % An = halten av kalkfältspat i mineralet), mikroklin (ibland pertitisk, d. v. s. utrustad med mer eller mindre regelbundet anordnade, långsmala sägringar av plagioklas, som ursprungligen varit inbyggd i mikroklinen själv), samt biotit med sent bildad klorit. Epidot, ett annat sent omvandlingsmineral, kan också uppträda rikligt. Dessutom finns mindre mängder av titanit, apatit, ortit (allanit), svavelkis, magnetit (sannolikt titanförande) och zirkon. Hornblände förekommer flerstädes, särskilt i de arealt underordnade, mera basiska varieteterna av granitisk gnejs. Granat uppträder sporadiskt, bl. a. i Kortedala.

Oligoklasen är ojämnt men i regel lätt sericitiserad. I samband med sericitiseringen har något Fe_2O_3 utfällts som stoffin impregnation. Där oligoklasen gränsar mot mikroklin, kan 'myrmekitiska' kvartsfingrar (jfr fig. 5) iakttagas här och var. Mikroklinen är yngre än oligoklasen och har delvis bildats på nnas bekostnad. I samband därmed har myrmekitfingrarna uppkommit.

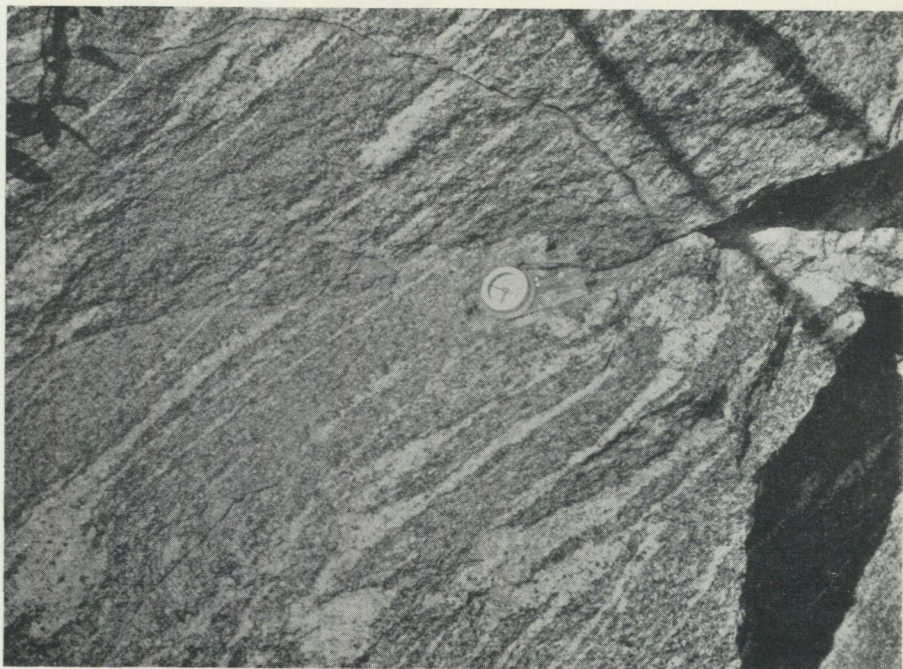


Fig. 4. Granitgnejs med syenitiska sliror. Bergarten innehåller såväl hornblände som granat. Eriksbo vid Gråbovägen, Angereds s:n. Foto P. H. Lundegårdh 1953.

Granite-gneiss with syenitic schlieren. The rock contains both hornblende and garnet. About 5 km NE of Backa church.

Ortiten är icke sällan omgiven av ett tunt epidotskal. Den är antingen anisotrop och i tunnslip pleokroitisk i grönt—gult, eller isotrop till följd av omvandling.

Som nämnts, är sliror av syenit vanliga i den jämnkorniga granitgnejsen. Dessa sliror ligger i skiffrihetsplanet men är samtidigt vanligen utdragna längs stängligheten. Deras gry är grovt till medelkornigt, strukturen massformig, texturen hypidio- till xenomorf, med enstaka idiomorfa individ (kristaller med utvecklade begränsningsytor). Sammansättningen är i regel mikroklin > kvarts \approx oligoklas (15—20 % An) > hornblände \gg biotit \geq titanit \gg epidot > ortit > apatit. Sporadiskt uppträder granat. Närmast intill slirorna iakttar man ibland en viss anrikning av granitgnejsens mörka mineral, inklusive hornblände. Syenitslirrika granitgnejsar är också oftast i sig själva hornbländerikare än mindre slirrika.

Mikroklinen är merendels pertitisk (se ovan) och tydligt genomväxande. Den innehåller gärna helt eller delvis myrmekitiserade (med kvartsfingrar försedda) plagioklasindivid (se fig. 5). Hornbländepismorna är stora, gärna cm-långa, och i tunnslip medelstarkt pleokroitiska i blåaktigt grönt, olivgrönt och gulgrönt.

Intressanta är de stora, ibland vackert idiomorfa titanitkristallerna. Dessa träffas dels samman med hornblände och biotit, dels som solitärer ute i den

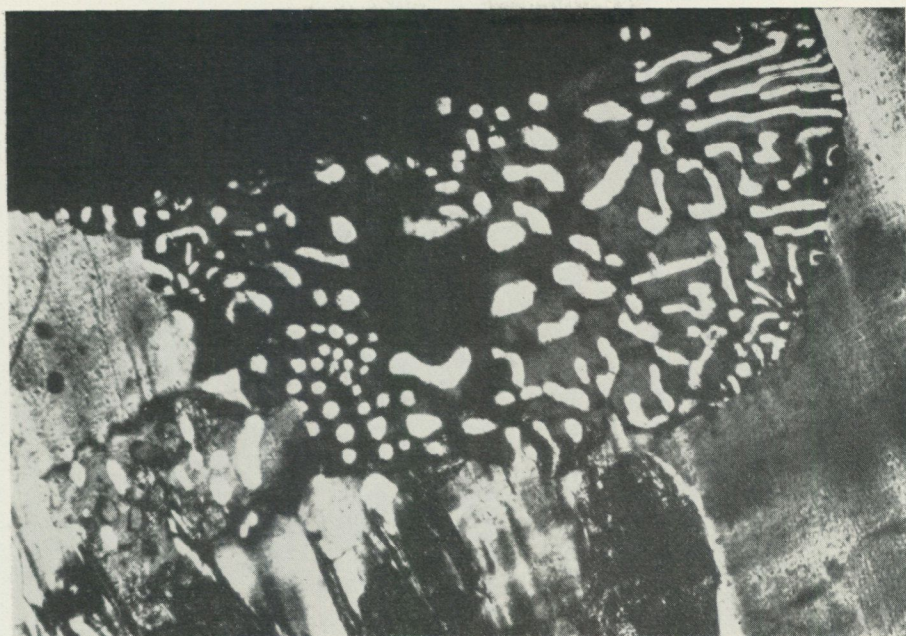


Fig. 5. Myrmekitiserad plagioklasrest i mikroklin ur syenitslira i granitgnejs. Korsade nicoller, 46 × förstoring av slipprov. Södra delen av Kortedala, Gamlestadens församling, Göteborg. Foto C. Larsson och P. H. Lundegårdh 1958.

Myrmecitic plagioclase remnant in microcline from syenitic schlieren in granite-gneiss. × nicols, magnification 46 ×. 3 km to the east of Backa church.

felsiska mineralmassan. Minaeralet bringar i erinran P. Geijers (1913) iakttagelser över titaniten i Stockholmsgranitens sporadiskt uppträdande svärmar av omvandlingsfläckar och underbygger hos betraktaren den föreställningen, att en del av de vid syenitslirbildningen tillförda ämnena kan ha befunnit sig i gasfas (pneumatolytisk omvandling).

Slirorna synes ha bildats på bekostnad av granitgnejsen själv under den sista pregotiska orogenesens avslutande migmatitiseringsperiod, trots titanitens vittnesbörd om gastillförsel sannolikt väsentligen genom av lösningar förmedlade vandringar och utbyten av joner (metasomatos) längs de ursprungliga S-ytorna (de pregotiska skiffrihetsplanen). På grund av närvaron av mineralisatorer¹ synes lösningarnas genomträngningsförmåga ha varit stor.

I gotisk tid har slirorna drabbats av stark strukturell omvandling åtföljd av omkristallisation och sannolikt även av ytterligare metasomatos. Vi får nämligen icke bortse från närheten till gotiska magmaintrusioner, manifesterade redan genom uppträdandet av unga grönstenar i det nu betraktade området (se vidare sid. 24), ävensom till sengotisk granitbildning av ansenlig omfattning i väster. Mångenstädes har det kunnat påvisas, hurusom en gång sammanhängande, större och mera oregelbundna sura ådror har genom

¹ Mineralisator är en i bergarts- eller malmbildande lösningar förekommande, relativt lättflyktig kemisk förening, som sänker kristallisationstemperaturen, t. ex. en bor- eller fluorförening.



Fig. 6. Granitgnejs med pegmatitsliror. 200 m SÖ om Almedals station, Göteborg.
Foto P. H. Lundegårdh 1953.

Granite-gneiss with pegmatitic schlieren. Almedal in Southern Göteborg (Gothenburg).

skärande förskifring och differentialrörelser längs de nya S-ytorna uppdelats i grupper av regelbundet fördelade och till omfånget mindre sliror, vilka dessutom utdragits längs stängligheten.

Vid metasomatosen har framför allt oligoklas men även biotit och kvarts konsumerats. Biotitens kalium har deltagit i mikroklinbildningen, under det att dess magnesium, järn och övriga beståndsdelar tillsammans med ur den upplösta oligoklasen och kvartsen hämtat natrium, kalcium och SiO_2 har givit upphov till hornbländet. Större delen av de för kalifältspatbildningen erforderliga kaliumjonerna torde härstamma från granitgnejsens egen mikroklin, men åtskilligt kalium måste ha transporterats långt bort ifrån, från en djupare belägen migmatitiseringshärd, där större delen av berggrunden överförts i flytande fas. Närvaron av syenitsliror har nämligen visat sig innebära en ökning av bergartens totala kaliumhalt. En mot dessa utifrån tillförda kaliumjoner svarande mängd av frigjorda natriumjoner måste dock i så fall ha tvingats ut på långvandring i motsatt riktning. Främsta skälet härtill är kravet på konstant bergartsvolym vid metasomatos på de djup, det här uppenbarligen varit fråga om (jfr E. Wegmann 1935 och H. G. Backlund, exempelvis 1943).

När man tagit del av de belägg för en regional metamorfos, vilka lämnats av de syenitiska slirorna, blir man tveksam ifråga om ursprunget av granitgnejsen själv. Den påtagliga homogeniteten hos bergarten i stort liksom också

den gnejsgranitiska karaktären av dess bäst bevarade led synes dock tala till förmån för ett granitiskt ursprung.

Utöver de syenitiska slirorna finns pegmatitiska (fig. 6). Dessa är yngre och kan på flera håll i Göteborgs östra delar ses penetrera syenitlirorna. De är koncentrerade till Göta älvdal, Göteborg och Mölndal och står uppenbarligen i ett nära samband med den sengotiska ådergnejsbildningen inom Stora Le-Marstrandsserien (sid. 64 ff). De innehåller sällan hornblände men synes i stället vara intimt förknippade med den epidotbildning, som mångenstädes kan iakttagas i värdbergarten. Dessa sliror, liksom också deras förhållande till den bergart de förekommer i, har samtidigt med att föreliggande beskrivning utarbetats varit föremål för en detaljerad analys av P. Ljunggren (1957). Denne författare har inom sitt arealt starkt begränsade undersökningsområde dock icke haft möjlighet att skilja dem från den äldre syenitgenerationen. Samma svaghet vidlåder författarens tidigare publicerade undersökning av Säröbladets berggrund (P. H. Lundegårdh 1953), där pregotiska bergarter med såväl äldre som yngre slirighet finns representerade längst i nordöst, i östra delen av Mölndal. Härigenom har dessa bergarter i beteckningshänseende blivit sammanförda med Stora Le—Marstrandsserien (op. cit., pl. I).

Ljunggren (1957, sid. 129) har å andra sidan, i likhet med författaren, funnit ett genetiskt samband mellan pegmatitlirorna och vissa överskärande pegmatitgångar. Redan härigenom skiljer sig pegmatitlirorna från de syenitiska slirorna. Pegmatitlirorna är i motsats till dessa icke heller orienterade längs stängligheten i berggrunden. Särskilt instruktiv i nu nämnda hänseenden är en håll nära S:t Pauli kyrka, 1700 m ÖNÖ om Posthuset vid Drottningtorget. Pegmatitlirorna skall beskrivas närmare i ett följande kapitel (sid. 64 ff).

I de på berggrundskartan (pl. 1) markerade, av kraftig förskiffring kännetecknade rörelsezonerna är icke blott granitgnejsens glimmer S-reglerad utan även kvartsen och större delen av fältspaten krossad och inordnad i zoner längs skiffrigheten, på liknande sätt som jag tidigare skildrat för Askimgraniten vid Kungsbackafjorden (P. H. Lundegårdh 1952, sid. 27—30). En del oligoklasindivid har visserligen räddats undan krossning men ibland i gengäld blivit böjda. Mikroklinen har liksom vid Kungsbackafjorden i rätt stor omfattning kristalliserat om efter förskiffringen och framträder därför som penetrativa, ställvis genomväxande individ. Denna omkristallisation har, liksom den nyss skildrade pegmatitlirbildningen, ägt rum under den sengotiska orogenesens slutfas och är ofta förknippad med en stark, avslutande epidotbildning (jfr sid. 48).

Även granitiska ögongnejser — porfyriska granitgnejser, har stor utbredning inom berggrundskartans östligaste del. Dessa kännetecknas av en mörkgrå, mer eller mindre starkt gnejsig, medel- till finkornig grundmassa med stora men stråkvis i betydande utsträckning krossade och linspressade eller till sliror utvalsade, rödaktiga kalifältspatögon. De porfyriska gnejserna bildar breda band genom berggrunden (pl. 1), i vilka ögonens storlek varierar från

ett par, tre cm och till någon dm. De bättre bevarade ögonen visar ofta skiktformig byggnad, med en småkornig, glimmer- och kvartsförande, om sur rödgnejs erinrande kärna och ett skal av ren, mera grovkristallin mikroklin.

Mellanmassans sammansättning är lik den intermediära granitens ehuru mikroklinen här är starkt tillbakaträngd och plagioklasen kalciumrikare (25—30 % An).

Ögonen har bildats sekundärt, d. v. s. de utgör s. k. porfyroblaster, något som klart visas av den redan skildrade byggnaden av deras kärnor, där både glimmer (huvudsakligen biotit) och kvarts utgör relikter av den förut existerande mineralmassan, medan plagioklasen merendels upplösts helt. Rester av plagioklas kan dock ibland iakttagas. I dessa är myrmekejtiska kvartsfingrar vanliga.

Plagioklasens natrium och kalcium har förts bort i utbyte mot de tillförda kaliumjonerna. Den viktigaste källan för kalit torde ha varit ögonens omgivning, d. v. s. bergartens mellanmassa, där föga mikroklin nu kan iakttagas. Tänkbart är emellertid också, att kalium förts in i bergarten utifrån, liksom ifråga om de tidigare beskrivna, syenitiska slirorna. Härvid har dock motsvarande mängd natrium måst lämna bergarten för bibehållande av den konstanta volym, som krävs på de djup, där dessa processer förmodas ha ägt rum.

Den genom kalifältspatbildningen uppslukade plagioklasen har dock även innehållit kalcium. Det synes mest sannolikt, att detta kalcium i samband med en omkristallisation av grundmassans plagioklas har bundits där och givit upphov till den i jämförelse med andra granitgnejsjer (se ovan = 15—20 %) höga An-halten (25—30 %). Någon sekundär hornbländeföring har nämligen icke kunnat konstateras i de porfyriska granitgnejserna.

Det synes rimligt om man antar, att ögonens nu granulerade kärnor uppkommit i sent pregotisk tid, under det att skalen av större, posttektoniska mikroklinindivid, liksom även en ofta iakttagen omvandling av kärnans mineralmassa till grovkristallina mikroklinindivid, är följder av den sengtotska orogenesisen. Härigenom förklaras den abnorma storlek, som karakteriserar många av ögonen. En enda ögonbildande process brukar nämligen icke ge upphov till ögon av dm-storlek.

Regionala, mot norr och nordöst gående studier har givit vid handen, att den granitiska ögongnejsen både under tilltagande deformation kan gå över i ren ådergnejs och under avtagande förskiffring i porfyriska gnejsgraniter. De senare har vid Vargön samma utbildning som den sengtotska Askimgraniten (sid. 61 ff) och torde ha bildats på likartat sätt. Göteborgstraktens pregotiska, porfyriska granitgnejs skulle i så fall ha uppkommit ur en granit utrustad med under granitbildningens slutfas metasomatiskt bildade mikroklinögon.

Basiter (grönstenar)

Basiterna inom Göteborgstraktens pregotiska berggrund utgöres, som redan blivit nämnt, av i den bandformade arkitekturen inordnade lager, skivor och ägg- eller linsformade massiv (se pl. 1). Skivorna och massiven synes ha bildats

genom längs de gamla S-ytorna förlöpande eller snett överskärande (jfr syenitlirorna sid. 21 — 22) sönderslitningar (dislokationer) av ursprungligen sammanhängande horisonter. Basiterna utgör dels noriter, ofta diabasartade, dels hornbländeomvandlade bergarter (uralitnorit, amfibolit o. a. metabasiter).

De ännu bevarade lagren av basit är antingen breda, självständiga eller tunna, i bandgnejs inordnade. I det senare fallet är omvandlingen städse så stark, att intet kan sägas om ursprungsbergartens karaktär. Man kan sålunda icke ens avgöra, om ett kalkrikt sediment eller en vulkanisk tuff från början förelegat. Vad man nu ser, är merendels en småkornigt xenomorf, gärna sockerkornigt omkristalliserad (granoblastisk) mineralmassa, där andesin (30—45 % An), hornblände och biotit dominerar men där också en icke obetydlig kvartshalt vanligen kan iakttagas.

En liknande bild får man vid en mikroskopisk undersökning av de mindre, skiv-, ägg- eller linsformade inneslutningarna av basiska bergarter i den pregotiska berggrunden liksom vid ett studium av de marginala delarna av de något större basitkropparna. Grytet kan dock här ibland bli grövre, så att en dioritlik bergart erhålles.

Större intresse väcker de centrala delarna av de mera betydande basitförekomsterna (med en längd av 100 m eller mer). Här möter man merendels en gabbroid, ofta diabasliknande (ofitisk) bergart — en hyperitisk norit rik på såväl klino- som ortopyroxen (augit och hypersten) och med en tavel- eller ibland listformad (ofitisk textur), mera basisk plagioklas (45—60 % An). I denna bergart har kvartsen en underordnad ställning. Icke sällan saknas mineralet till och med helt. Titanförande oxidjärnmalm (magnetit) är i gengäld ett vanligt mineral. Bland småmineralen lägger man märke till apatit.

Den hyperitiska noriten övergår i metabasit genom ökning av halten av i första hand sekundärt hornblände (uralit) men även biotit. Dessa mineral har bildats framför allt på bekostnad av pyroxenen men i viss utsträckning även ur delar av angränsande plagioklasindivid. Ofta har samtidigt granat uppkommit i bergarten. Närvaron av detta mineral tyder på ett högt tryck under omvandlingen. Det höga trycket synes icke endast ha sin grund i en lateral kompression — granat saknas i regel väster om Göta älv, utan också, och sannolikt framför allt, i ett djupare läge av Västgötasidans berggrund jämfört med Hisingssidans vid tidpunkten för omvandlingen.

Det viktigaste beviset för riktigheten av detta antagande lämnas av basiten själv. I sin hyperitnoritiska dräkt överensstämmer denna nämligen helt med gabbrobergarterna i Hisingssidans berggrund och söder därom (den s. k. Slottsskogsgården). Vad mera, basit av denna typ finns varken längre mot väster eller längre österut. Det är i själva verket här fråga om en till grannskapet av Göta älv—Kungsbackalinjens bergartsgräns knuten gabbrosvit, som intruderat först när den yngre gotiska ytserien — Åmålserien, förelegat utbildad och som sedan omskapats till sin nuvarande dräkt under den sengotiska orogenesens huvudfas, i övrigt kännetecknad av bildningen av Åmål—Kroppefjällsgraniterna och åtföljande sammanpressning av berggrunden. Det

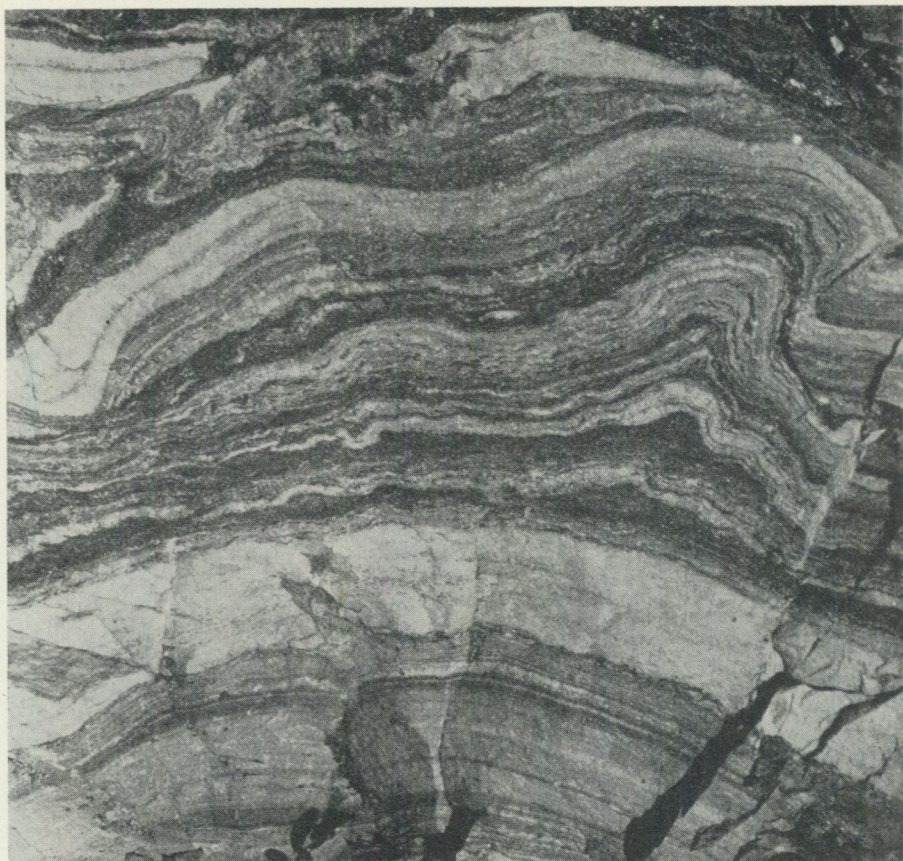


Fig. 7. Växellagrande kvartsit och glimmerskiffer, vilken senare genom sin lägre kompetens vid sekundär upphettning delvis underkastats i oregelbunden småveckning utmynnande plastisk deformation (jfr fig. 11). Brunskär i Torsby s:n, NV om Nordre älvs mynning.

Foto P. H. Lundegårdh 1955.

*Interstratified quartzite and mica-schist, the latter in part plastically deformed. (Compare Fig. 11.)
Brunskär 7 km W.S.W. of Torsby church.*

nuvarande, högre relativa läget av Hisingssidans berggrund jämfört med Västgötasidans, har, som redan nämnts, sin orsak i senare tektoniska rörelser.

Det är med utgångspunkt från det nu sagda rimligt, om man infogar den närmare behandlingen av Västgötasidans hyperitiska gabbro i avsnitten om de sengotiska intrusivbasiterna (sid. 52 ff). Vad som sedan återstår, är en del av de inledningsvis beskrivna, högmetamorfa grönstenarna — bergarter av lika svårtolkat ursprung som delar av de pregotiska gnejserna själva.

Utöver vad som nu anförts skall nämnas sällsynta små överskärande metabasitgångar (någon eller några dm breda), vilka kan äga samband med diabasgångarna på Hisingssidans och söder därom (sid. 70 ff). Gångarnas bergart är svart till gråsvart och finkornig, huvudmineral är plagioklas och hornblände.

Äldre gotiska bergarter

Översikt

Västkustens äldre gotiska bergarter utgöres dels av den tidiggotiska yserien, eller Stora Le—Marstrandsserien¹, dels av i denna serie intrusiva ultrabasiter av peridotitkaraktär samt, sannolikt, även graniter. Stora Le—Marstrandsserien bildar ett mäktigt nord—sydligt stråk av vanligen ådergnejsomvandlade sediment (tvåglimmergnejs) och vulkaniter, vilket från Onsalalandets sydände genom Göteborgsskärgården sträcker sig in i västra Dalsland och Värmland (jfr W. Larsson 1956). Seriens bäst bevarade bergarter träffas dels i form av kvartsiter (jfr fig. 7) i Bohusläns yttersta kustband (t. ex. på ön Slängerumpan, jfr B. Askund 1947, sid. 40—41), dels som glimmerskiffer i trakten Ö—ÖNÖ om Marstrand (fig. 8).

Ådergnejsomvandlingens ålder är ofta mycket svår att fastställa. I norra Dalsland och sydvästra Värmland har W. Larsson (1956, sid. 21—22) funnit, att den av allt att döma bildar avslutningen på vad jag kallar den äldre gotiska cykeln. I Göteborgstrakten talar fakta däremot till förmån för den uppfattningen, att de väsentliga dragen i Stora Le—Marstrandsseriens nu synliga åderförgnejsning har sengotisk ålder. Jag vill dock icke förneka, att under denna omvandling kan dölja sig en äldre slirbildning. Jag skall återkomma till detta spörsmål i slutet av kapitlet.

Den tidiggotiska yserien, eller Stora Le—Marstrandsserien, omfattar dels ur transporterade vittringssediment bildade bergarter sådana som de ovan nämnda (kvartsit och glimmerskiffer), dels vulkaniter samt tuffitiska blandbergarter sammansatta av såväl vittringssediment som vulkanisk aska. Genom den starka, oftast i ådergnejs utmynnande omvandlingen av huvudparten av seriens bergartsinnehåll har detta dock mången gång kommit att bli svårtolkat vad ursprungskaraktären angår.

Kvartsit

I beskrivningen till kartbladet Särö (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 15) nämnes ett fåtal fynd av äldre gotisk kvartsit, dels vid Gottskär sydligast på Onsalalandet, dels på Vinga (brottstycken i plagioklasporfyrit). I Göteborgstrakten har äldre gotisk kvartsit större utbredning. Dock bildar bergarten ingenstädes mäktigare lager utan uppträder städe på det sätt, som visas av fig. 7, d. v. s. i växellagring med rent argillitiska² eller av vulkaniskt material förorenade sediment. Där metamorfosgraden är måttlig, föreligger i detta fall merendels en glimmerskifferartad bergart med bevarade om än veckade

¹ W. Larsson (1956, sid. 12—22) infogar i Stora Le—Marstrandsserien även de bergarter äldre än Åmålserien, som är intrusiva i densamma. På så sätt blir termen en synonym för äldre gotium sådan denna cykel redan tidigare definierats av förf. (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 14) och motsvarar knappast längre en serie i ordets bland urbergspetrologer vedertagna bemärkelse (jfr, t. ex., N. H. Magnusson 1957). Dock kan Larssons sålunda refererade användning av termen Stora Le—Marstrandsserien förklaras genom den arealt sett mycket obetydliga utbredningen av de tidiggotiska intrusivbergarterna även i norra Dalsland och sydvästra Värmland.

² Argillit är en sedimentbergart uppkommen ur lera.

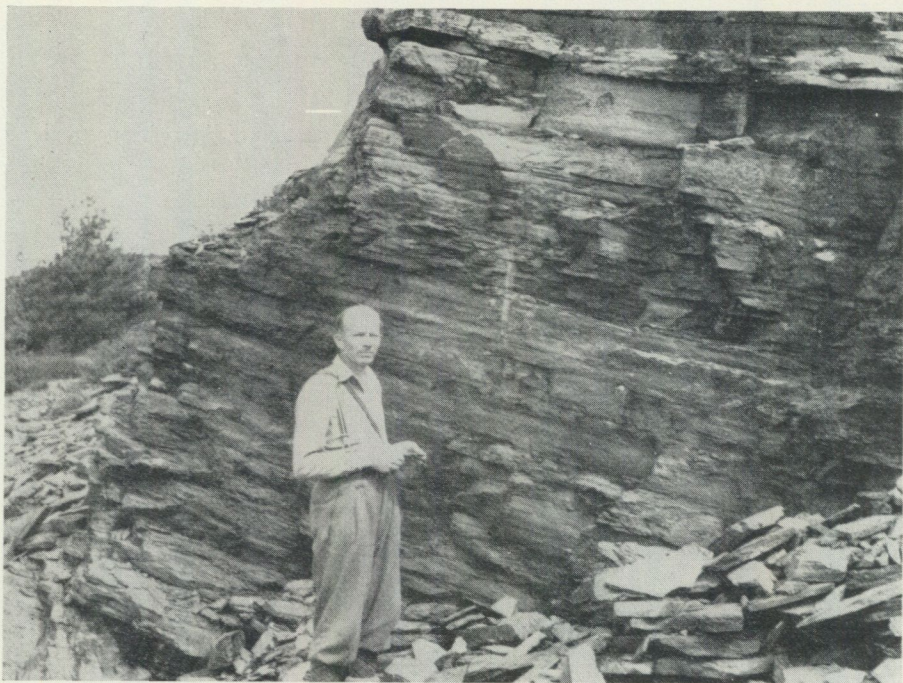


Fig. 8. Sedimentskiffer. Rörtången, Solberga s:n. Foto P. H. Lundegårdh 1950.
Mica-schist. E.N.E. of Marstrand, to the north of the Göteborg (Gothenburg) region.

lager av tämligen ren kvartsit, medan i fall av starkare metamorfos kvartsit-skikten ingår som mer eller mindre starkt fältspatiserade led i en ofta svårt deformerad ådergnejs (jfr fig. 11). Kvartsitens färg pendlar vanligen mellan vitt och ljusgrått.

I slipprov visar sig kvartsiten bestå av en småkornig, övervägande sockerkornig (rundade korn) men icke sällan genom rekrystallisation starkt förgrovd massa av kvarts, mindre mängder kalifältspat och plagioklas med låg kalciumhalt (An c. 10 %) samt växlande mängder glimmer, såväl ljus (muskovit) som mörk (biotit). Det sistnämnda mineralet saknas dock ofta (jfr L. Bergström 1957).

De fältspatiserade typerna utmärkes främst av att kvarts i viss utsträckning genom jonutbyten (metasomatos) ersatts med kalifältspat. I vissa fall kan halten av det senare mineralet öka till så mycket som 50 % eller mer. Det är icke sällan svårt att skilja en på så sätt omvandlad kvartsit från sura vulkaniter eller från krossade och omkristalliserade, sura graniter.

Kvartsit finns inom hela det västra, som ådergnejs betecknade kustområdet. Väl bevarade kvartsitskikt kan studeras på Brunskär i Torsby s:n (fig. 7). Fältspatiserad kvartsit uppträder bl. a. nära kusten på fastlandet ÖNÖ om Fjällsholmen, i samma socken.

På sina ställen innehåller kvartsiten upp till ett par, tre cm långa, mer eller mindre godtyckligt orienterade, svarta hornbländenålar (jfr fig. 15),

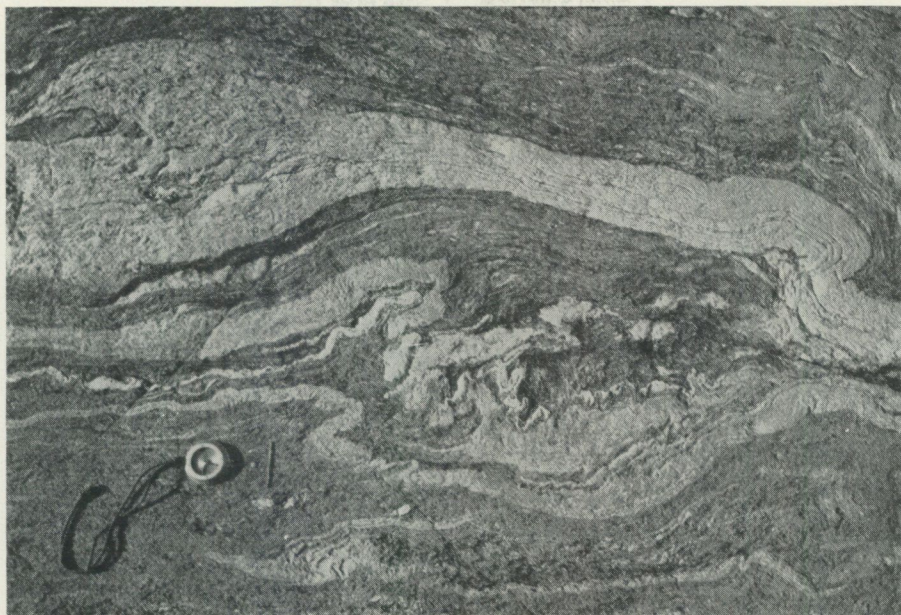


Fig. 9. Sedimentgnejs med pegmatitiska sliror (ådergnejs). Lilleby havsbad, 2.5 km NNV om Torslanda k:a, i Björlanda s:n. Foto P. H. Lundegårdh 1953.

Sedimentary gneiss with pegmatitic schlieren. 2.5 km N.N.W of Torslanda church.

vilka bildats sekundärt genom jonutbyten med närliggande metabasitlager. Denna typ av metasomatos skall skildras närmare i nästa kapitel (sid. 40).

Tvåglimmergnejs

Vanligast bland de tidiggotiska ytbergarterna i Göteborgstrakten är en grå, sur till intermediär, merendels finkornig men ofta starkt förgrovad, vanligen pegmatitådrad men ibland aplitgranitlirig tvåglimmergnejs (fig. 9—10), vilken utgör ett högmetamorft derivat av sedimentskiffern längre norrut (fig. 8). Tvåglimmergnejsen är gärna uppdelad i ljusare, mikroklintrika, granitiska och mörkare, mikroklintfattiga, glimmerrikare skikt (se P. H. Lundegårdh 1953, sid. 18). Medan skiktens mineralsammansättning undergått stora förändringar (se sid. 65), synes skiktningen själv återspegla sedimentets ursprungliga lagring, enär kvartsithorisonterna alltid följer den. Merendels har den dock tillskärpts av förskiffring. Ibland skär förskiffringen snett över lagringen, varvid bergarten i samband med omkristallisation har blivit utpräglat flasrig. Stundom kan i förskiffringsplanen finnas en tydlig lineärstruktur — stänglighet (se vidare sid. 75 ff).

I mikroskopet visar tvåglimmergnejsen en till övervägande del sockerkornig (granoblastisk) mineralmassa, där kvarts, mikroklin, oligoklas (natronrik plagioklas), biotit och muskovit dominerar. I övrigt lägger man märke till apatit, titanit och små korn av oxidmalm (av allt att döma magnetit) ävensom på sina håll kysgnistor. Sent bildad epidot har ibland en icke obetydlig utbredning.

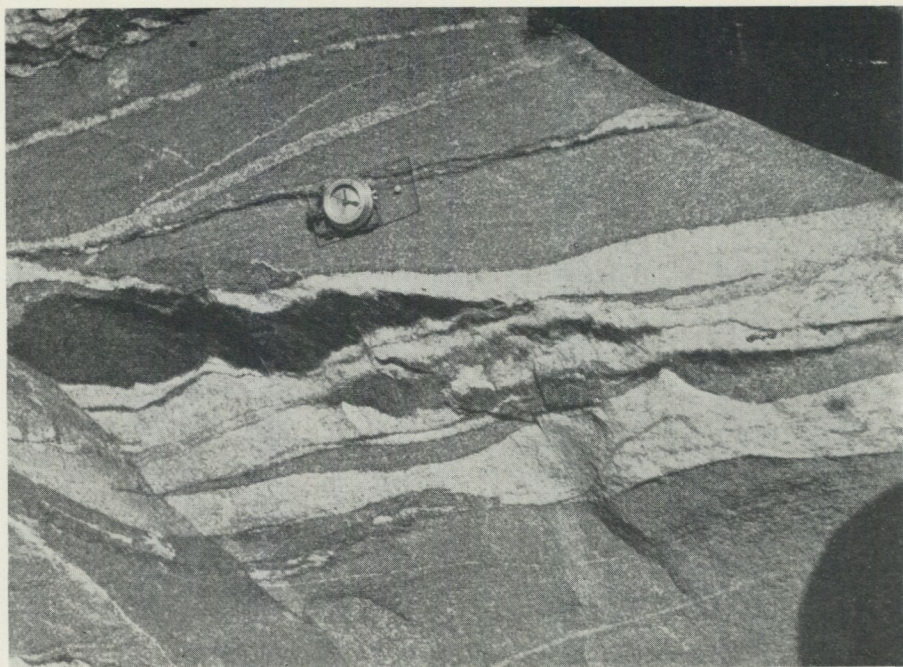


Fig. 10. Sedimentgnejs med aplitgranitiska sliror (ådergnejs). Hjuviksvägen väster om Kärr, Torslanda s:n. Foto P. H. Lundegårdh 1953.

Sedimentary gneiss with veins of aplite-granite. 2 km S.S.W. of Torslanda church.

De pegmatitiska och granitiska eller aplitgranitiska slirorna skall behandlas i ett följande avsnitt (sid. 64).

Biotit- och biotithornbländegnejs

Flerstädes ersätts den sliriga tvåglimmergnejsen med dess kvartsitinlagringar av mörkare och mera basiska, kalifattigare gnejser. Sålunda finner man i den tidiggotiska ytbergartslins, som bildar berggrunden i östra delen av Backa församling på Hisingen, förutom tvåglimmergnejs en svartgrå, finkornig gnejsbergart huvudsakligen bestående av sur andesin (plagioklas med 30—35 % An) eller basisk oligoklas (plagioklas med 25—30 % An), kvarts, biotit och hornblände, vartill fogar sig icke oväsentliga mängder av epidot samt en del oxidmalm, titanit och apatit jämte något ortit (allanit). Ortiten visar medelstark dubbelbrytning med pleokroism i brunaktigt gula toner, en ljusbrytning = 1.7 — 1.8 samt en optisk axelvinkel = 77° ($2V_a$, universalbordsbestämning). Denna gnejs är en god representant för sin bergartsgrupp.

De mera basiska, tidiggotiska gnejserna synes utgöra omvandlingsprodukter av såväl vulkaniska bergarter som med basisk vulkanisk aska bemängda vitt-ringssediment. De växellagrar icke sällan med rent basiska omvandlingsbergarter — metabasiter (se nedan).

De nu skildrade gnejserna visar mindre intensiv slirighet än tvåglimmergnejsen.

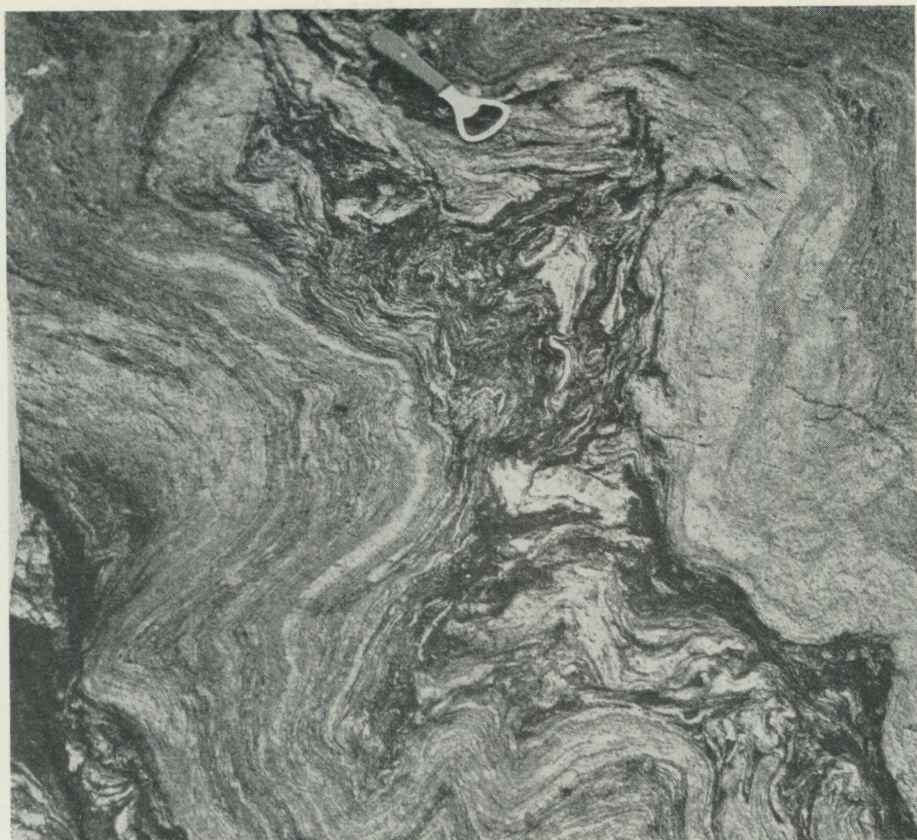


Fig. 11. Plastiskt deformerad och småveckad sedimentgnejs med lager av växlande samman-sättning (jfr fig. 7). Lilleby havsbad, 2,5 km NNW om Torslanda k:a. Foto P. H. Lundegårdh 1957.

Sedimentary gneiss with plastically deformed layers of variable composition. (Compare Fig. 7.) 2.5 km N.N.W. of Torslanda church.

Metabasiter

De tidiggotiska metabasiterna utgöres huvudsakligen av svarta, finkorniga bergarter, vilka bilda dels någorlunda sammanhängande men ofta veckade lager av starkt varierande mäktighet (fig. 12) i bättre bevarade delar av Stora Le—Marstrandsserien, dels genom isärslitning (boudinagering) uppkomna, gärna linsformade kroppar (fig. 13) eller vid sönderbrytning (brecciering) bildade stycken (fig. 14) i starkt deformerade och partiellt mobiliserade delar av ytserien. Metabasiterna utgör så gott som uteslutande vulkaniska tuffer och lavor, men i någon liten utsträckning kan bergarter av annat ursprung ingå. Vi skall inleda det närmare studiet av de tidiggotiska metabasiterna med att betrakta en bergart av det sistnämnda slaget.

I trakten av Äggdal i Lycke s:n, på fastlandsudden vid kartkanten norr om Fjällsholmen och öster om Långö, finns i en ganska ren kvartsit en zon av basisk, kalkrik plagioklas — en bytownit med 70—75 % An jämte stora mängder av

det kalkrika, med epidot nära besläktade mineralet klinozoisit. Dessutom uppträder det kalciummagnesiumrika hornbländeminalet tremolit, kalciumtitanilikatet titanit, samt kalkspat och kalkgranat. Här synes sålunda ursprungligen ha förelegat en horisont av relativt ren kalksten, vilken genom reaktion med kvartsitens SiO_2 och genom metasomatisk tillförsel av natriummagnesiumaluminat fått sin nuvarande petrografi.

Dolomitinlagringar och orena kalkstenar — märgliga sediment eller kalkspatrika vulkaniter, har i motsats till den nu beskrivna bergarten orsakat lokaliseringssvårigheter därigenom att de vid sin omvandling blivit pyroxen- eller hornbländerika och till utseendet följaktligen lika metabasiter av annat ursprung. Det är i första hand de mörka ultrabasiska (ultramafiska) bergarterna, som här kommer i blickfånget. Frågan skall därför på nytt tas upp i samband med behandlingen av dessa (se nedan).

I det stora hela är dock kalkstenslager mycket ovanliga i Stora Le—Marstrandserien. Från västligaste Värmland är en liten förekomst nordväst om Töcksfors känd (J. Lundqvist, personligt meddelande), men i övrigt finns i närvarande stund intet att rapportera utöver sparsamma fynd av omvandlingsprodukter liknande de nu beskrivna.

Den vanliga typen av tidiggotisk metabasit är en svart, småkornig, hornbländerik bergart, icke sällan av amfibolittyp (där hornblände är det vanligaste mineralet). Gnejsiga, merendels randade, hornbländerika typer, s. k. amfibolitgnejsjer, har stor utbredning (fig. 12). Helt eller delvis grövre, dioritiska (ibland gabbroida) och porfyritiska varieteter finns också, medan ultrabasiter liknande dem W. Larsson (1956, sid. 16—21) beskrivit från kartbladet Vårvik endast uppträder som mycket sporadiska småförekomster.

Huvudparten av de nu berörda typerna av metabasit förmodas leda sitt ursprung från vulkaniter, dels tuffer, dels lavar. Några vulkaniska drag finns dock oftast icke bevarade (jfr nedan). Huvudmineral är förutom hornblände (vanligt grönt) plagioklas (An vanligen = 25—45 %). Dessutom förekommer biotit, ofta i betydande kvantiteter. Kvartshalten är heller icke alltid obetydlig. Vanliga omvandlingsmineral är epidot och klorit (pennin). I övrigt träffar man oxidmalm (titanomagnetit eller vanlig magnetit), spridda kisgnistor och apatit.

Den vid mikroskopering av tunnslip iakttagna texturen är merendels xenomorf, gärna med sockerkornigt rundade (granoblastiska) korn av plagioklas och kvarts. Hornbländet bildar i många fall stora, sent bildade, genomväxande individ, varigenom bergarten får en porfyritisk prägel (uralitporfyrit). I vissa metabasiter påträffar man gamla och stora, starkt omvandlade plagioklaskrystaller, som synes kunna utgöra primära strökorn i en lavabergart (plagioklasporfyrit).

Pyroxen är mycket ovanlig, men i tunnslip blott mycket svagt färgade, aktinolitiska kärnor i vissa hornbländeindivid visar, att hornbländet här har uppkommit genom omvandling av nämnda mineral. Naturligtvis är allt hornblände, liksom även metabasitens nuvarande mineralkorn i övrigt (frånsett plagioklasögonen och, möjligen, vissa av småmineralkornen), bildade i



Fig. 12. Tidigt småveckad metabasit med tunna sura inlagringar, genomsatt av mobiliserad pegmatitrik ådergnejs. Hyppels kalv (ön närmast söder om Hyppeln), Öckerö s:n.
Foto Lars Bergström 1953.

Intrusions of mobilized veined gneiss in folded metabasite. The isle a little more than 5 km N.N.W. of Öckerö church.

samband med metamorfos av den ursprungliga bergarten, men primärmineralens sammansättning och lägen kan i dessa senare fall icke anges.

De randade typerna av metabasit, vanligen kallade amfibolitgnejsjer, visar ljusa, av kvarts och fältspat och ibland glimmer mer eller mindre starkt dominerade, ofta tunna skikt, vilka ligger parallellt med den tektoniska planstrukturen (S-ytorna) i bergarten och gärna på bestämt avstånd från varandra. Det synes antagligt, att många av de randade metabasiterna en gång utgjort basiskt vulkaniska asklager med mellanliggande skikt av arenitiska eller argillitiska sediment, d. v. s. sandiga eller leriga avlagringar. Även genom kisel-syrerika kemiska utfällningar kan sura skikt ha bildats. I flera fall får man heller icke bortse från den möjligheten, att bergartens S-yltor bildat transport-

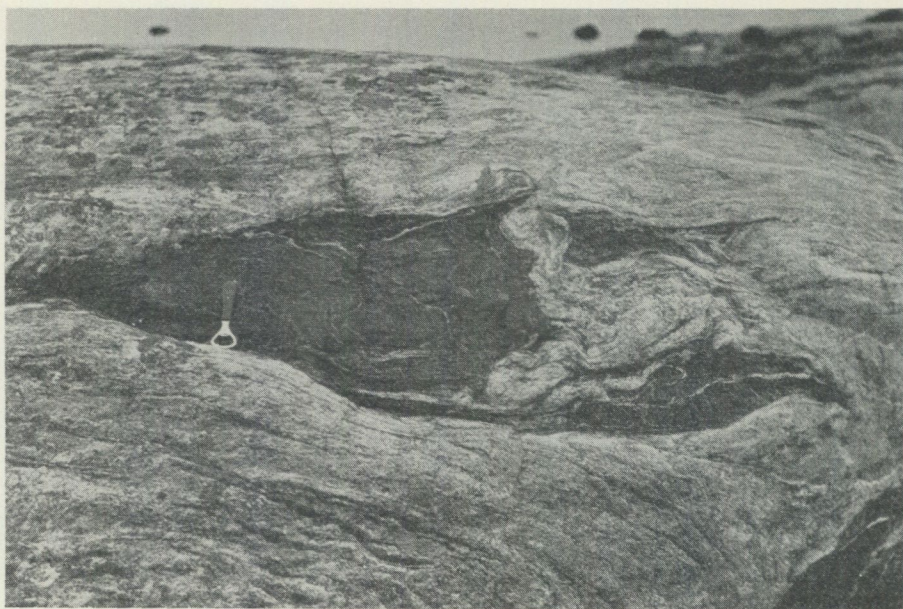


Fig. 13. Sönder slitna lager, sannolikt av omvandlad basisk tuff, i plastiskt deformerad sedimentgnejs. Lilleby havsbad. Foto P. H. Lundegårdh 1957.

Remnants, probably of interbedded basic volcanics, in sedimentary gneiss plastically deformed. 2.5 km N.N.W. of Torslanda church.

vägar för sura lösningar från den omgivande berggrunden — lösningar, ur vilka kvarts och fältspat kristalliserat i samband med en utrymmesberedande tänjning i riktningen vinkelrätt mot S-ytorna, eller som följd av att metabasit-mineralen närmast intill S-ytorna lösts upp och avlägsnats. Basiska mineral-komponenter på detta eller liknande sätt överförda i lösning har i surare miljö kunnat ge upphov till företeelser sådana som de sekundära hornbländenaålarna i många av Göteborgstraktens kvartsitförekomster (se vidare sid. 40).

Ultrabasit

På några ställen i skärgården utanför Göteborg har grönsvarta, ultrabasiska (ultramafiska) bergartskroppar iakttagits i den tidiggotiska ådergnejsen. Dessa inneslutningar har litet omfång — de fyller i hälltytor blott några få kvm. I allmänhet är det fråga om hornbländedominanta bergarter, där gärna en del av hornbländet är genomväxande, så att skillrande ljusreflexer uppstår i friska brottytor (skillersten). Klorit (pennin) är också ett vanligt mineral i denna typ av bergarter, medan oxidmalmhalten är obetydlig och apatit vanligen saknas.

600 m väster om Öckerö gamla kyrka har en annan typ av ultrabasit iakttagits, nämligen en väsentligen av ljusgrön, kalkrik (diopsidisk) pyroxen och röd granat sammansatt bergart av s. k. eklogitisk typ. Denna mineralkonstella-

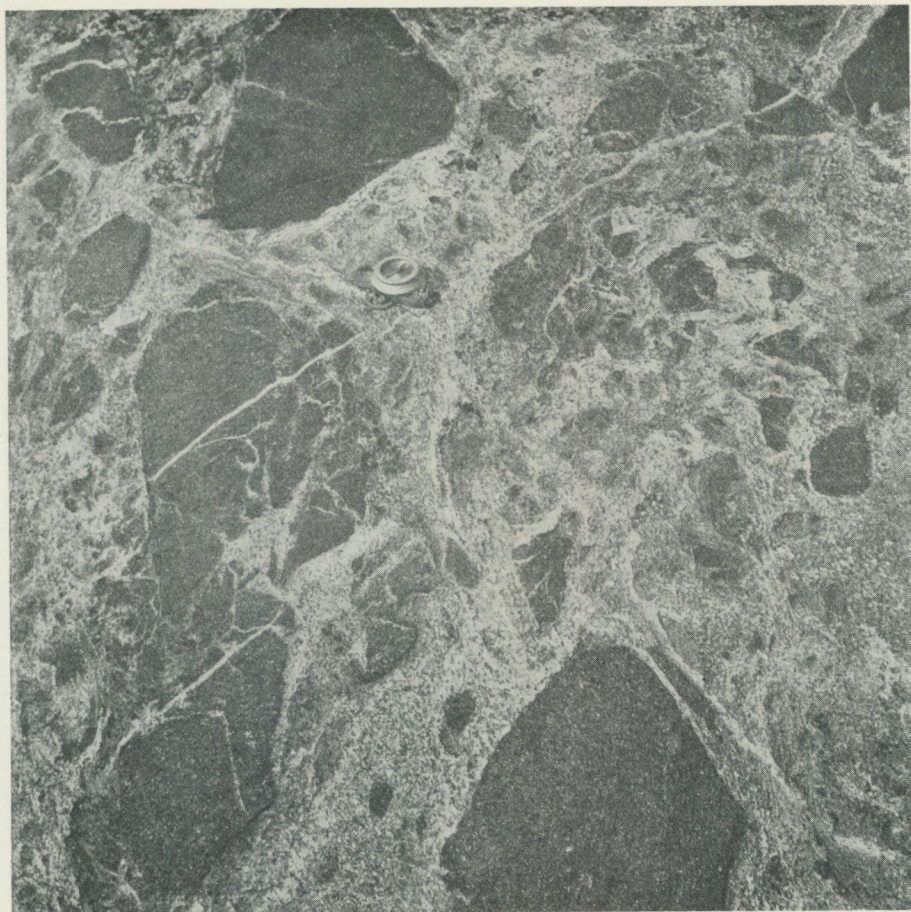


Fig. 14. Metabasit som sönderbrutits av mobiliserad gnejs (breccia). Sydligaste delen av Stora Överön, Torsby s:n. Foto P. H. Lundegårdh 1956.

Metabasite brecciated by mobilized gneiss. Southern part of St. Överön, 6 km W.N.W. of Björlanda church.

tion (paragenes) anses vara ett kännetecken på högt tryck vid tidpunkten för mineralens bildning, men de närmare förhållandena vid uppkomsten av en så liten bergarts kropp som denna kan naturligtvis icke klarläggas.

Rent allmänt kan man däremot förmoda, att de ultrabasiska bergarts kropparna en gång ingått i större massiv, vilka i samband med den tektoniska omvandlingen av berggrunden spjälkats sönder i ett antal smärre klumpar. Genom differentialrörelser har dessa klumpar sedan fjärmats från varandra.

I vissa fall, främst när det gäller kalkrika ultrabasiter, får man räkna med, att en mer eller mindre oren, sannolikt magnesiumrik (dolomitisk) kalksten kan ha utgjort ursprungsbergarten. Särskilt vad angår varieteter av ultrabasit sådana som eklogiten på Öckerö torde det vara uppenbart, att de leder sitt ursprung från något slag av kalciummagnesiumrikt sediment — likheten med

granatdiopsidskarn knutet till dolomitisk kalksten (och oxidjärnmalm) i Bergslagens leptit-hälleflintserie är också påfallande.

Lokala förändringar av tryck och temperatur har i förening med metasomatiska jonutbyten kunnat skapa betingelserna icke blott för bildningen av ultrabasiter liknande den på Öckerö ur kalksten utan även för uppkomsten av eklogitiska bergarter ur normala silikatbasiter, t. ex. basalt (se H. G. Backlund 1936). Sådana omvandlingar kan i Göteborgstrakten ha ägt rum såväl i tidiggotisk som i sengotisk tid.

I åldershänseende bör det sist skildrade slaget av ultrabasiska bergarter hänföras till Stora Le—Marstrandsserien, där de åtminstone en gång anlagts, om som kalksediment eller som basiska vulkaniter må dock vara osagt. De fordom massivbildande men nu sönderspjälkade och hornblände- eller hornbländekloritdominanta ultrabasitkropparna synes däremot leda sitt ursprung från intrusioner i Stora Le—Marstrandsserien. I andra delar av seriens förekomstområde är de merendels utbildade som täljstenar. De utgör alltså i stor utsträckning derivat av olivinstenar (peridotiter), så som ock tidigare betonats av förf. (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 31) och W. Larsson (1956, sid. 17). Hornbländerika typer av den art, som finns representerad i Göteborgsskärgården, torde härröra från pyroxeniter (jfr Lundegårdh, loc. cit., och Larsson, loc. cit.). Detta antydes särskilt av de i slipprov svagt färgade, aktinolitiska kärnorna i spridda hornbländeindivid.

Det skall å andra sidan betonas, att man i Göteborgstrakten icke med säkerhet kan avgöra, huruvida de ultrabasiska intrusionerna ägt rum i äldre eller yngre gotisk tid. I det senare fallet skulle de utgöra förelöpare till Åmål—Kroppefjällsgraniterna.

Må därmed vara hur som helst — de intar dock i sin cykel samma position som t. ex. peridotiterna i den skandinaviska fjällkedjans veckningscykel — den kaledoniska orogensen. De bildar sålunda tidigorogent intruderade och tidigt ur sin modernmagma differentierade grönstenar med en väsentligt större halt av magnesium än av järn samt med låga fosfor- och titanhalter (jfr P. H. Lundegårdh 1950 b).

Täljstensomvandlingen av ultrabasiterna i norra Dalsland och sydvästra Värmland sättes av W. Larsson (1956, sid. 18—20) i nära samband med en avslutande tidiggotisk ådergnejsbildning och kan därigenom lämna ett indirekt stöd för antagandet, att även Göteborgstraktens till Stora Le—Marstrandsserien lokaliserade ultrabasiter skulle vara tidiggotiska.

Ådergnejs

Den ådergnejsbildning, som av W. Larsson (1956) i norra Dalsland och sydvästra Värmland har hänförts till den tidiggotiska cykelns avslutande migmatitiseringsfas, kan icke med säkerhet urskiljas i Göteborgstrakten. Detta beror främst på att Stora Le—Marstrandsserien här har underkastats ådergnejsbildning i sengotisk tid och att denna senare omvandling merendels är kraftig. Man måste alltså för en bedömning av styrkan och karaktären av en

äldre gotisk ådergnejsbildning i första hand studera lokaler, där Stora Le—Marstrandsseriens bergarter träder i kontakt med sengotiska bergarter äldre än den sengotiska ådergnejsbildningen, t. ex. Åmål—Kroppefjällsgruppens graniter. Ett par sådana hälltytor visas i fig. 25 och 26 (sid. 56 och 58). Det framgår både av dessa och av andra lokaler, att en tidiggotisk migmatitisering i Göteborgstrakten icke kunnat vara förknippad med nämnvärd pegmatitbildning. Pegmatiten i Göteborgstraktens Stora Le—Marstrandsserie har nämligen ingenstädes med säkerhet kunnat visas vara äldre än Åmål—Kroppefjällsgruppens graniter. Slirbildningen i de av nämnda bergarter genomslagna delarna av Stora Le—Marstrandsserien är tvärtom så beskaffad, att de mycket väl kan stå i samband med framträngandet av de lösningar eller magmor, vilka givit upphov till Åmål—Kroppefjällsgraniterna. Det råder också en petrografisk överensstämmelse mellan å ena sidan de sliriga inneslutningarna av tidigsvetikofennisk (tidigsvionisk) Mälarserie (sedimentgnejs) i den primorogena svekofenniska (svioniska) graniten (urgranit) och å andra sidan inneslutningarna av tidiggotisk ytserie i den primorogena sengotiska graniten (Åmål—Kroppefjällsgranitgruppen). (Jfr P. H. Lundegårdh 1956—57, fig. 20, sid. 43, samt fig. 25 i nu föreliggande arbete.)

Vid karteringen av Vinga iakttoogs i den där anstående plagioklasporfyriten (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 29—30) talrika brottstycken av främst kvartsit ur Stora Le—Marstrandsserien men även andra bergarter, däribland en rödgråvit pegmatit. Å andra sidan påträffades inga ådergnejsinneslutningar. Pegmatitens ålder är därför oviss. Det kan röra sig om en tidiggotisk pegmatit, men det kan också vara fråga om en ännu äldre bergart.

I det stora hela kan man säga, att den tidiggotiska orogenesens verkningar torde ha varit obetydliga i Göteborgstrakten, något som också understrykes av det faktum, att den sengotiska ytserien (Åmålserien) i detta område är i stort sett konformt pålagrad Stora Le—Marstrandsserien. Samma förhållande råder i trakten söder om Göteborg (P. H. Lundegårdh 1953 b, sid. 24). Så nära norrut som i västra Inland har däremot tecken på tektonisering i äldre gotisk tid kunnat konstateras (se sid. 78—79).

Yngre gotiska bergarter

Översikt

Redan vid rekognosceringen av kartbladen Onsala och Särö uppstod stora svårigheter i samband med särskiljandet av de båda gotiska ytserierna (P. H. Lundegårdh 1952 och 1953). Samma problem har mött under arbetet i Göteborgstrakten och i Inland. Särskilt i Björlanda och Harestads socknar har gränsen mellan de båda serierna många gånger varit svår att följa.

Vid mina undersökningar på kartbladet Särö (P. H. Lundegårdh 1953) kunde jag emellertid slå fast, att en horisont av basisk tuffit (en med vittrings-sediment bemängd, basisk vulkanisk askbergart) sträcker sig från trakten öster om Vallda k:a i söder till Högsbo fältspatbrott nära Järnbrott i norr.



Fig. 15. Fältspatkvartsit med sekundärt, stråligt hornblände. 2 km VNV om Björlanda k:a.
Foto P. H. Lundegårdh 1954.

Felspar-quartzite with secondary hornblende. 2 km W.N.W. of Björlanda church.

Denna tuffit är konglomeratisk så till vida som den innehåller bollformade små inneslutningar av en kvartsit, vilken ofta är mycket oligoklasrik (fig. 16—17).

Kvartsiten anstår längre mot väster, enligt fynd av rester av de forna lagren. Tillsammans med en grupp av småkorniga gnejser och metabasiter (sannolikt omvandlade vulkaniska bergarter) synes den bilda understa delen av den yngre gotiska yterien (P. H. Lundegårdh 1953 b, sid. 24).

Inom Göteborgsbladet kan den konglomeratiska tuffiten följas från Högsbo förbi Masthuggskyrkan till trakten sydväst om Tuve k:a. Gör man ett språng västerut från denna senare trakt, träffar man samma konglomerat på ön Välkommen, $2\frac{1}{2}$ km väster om Björlanda k:a. Denna dislokation har av allt att döma orsakats av den kraftiga veckningen och de omfattande granitintrusionerna i sengotisk tid.

Kvartsiten kan i spridda förekomster följas från Sillfarsholmen öster om Köpstadsö (på Säröbladet) via Långholmen (pl. 1), trakten öster om Tors-

landa k:a, Lillebybadet söder om Torholmen samt trakten VNV om Björlanda k:a till ett stråk, som i NNÖ-lig riktning sträcker sig förbi Harestads k:a. På berggrundskartan (pl. 1) har invid icke alltför obetydliga förekomster Kv utsatts där kvartsiten är någorlunda ren och H där den är fylld av sekundärt hornblände (fig. 15). Smärre, av de sengotiska granitintrusionerna disloce-erade förekomster finns även annorstädes, t. ex. öster om Långedrag (H. E. Johansson 1931, sid. 28). Stråket åtföljes av småkorniga gnejser och metabasiter, sannolikt av vulkaniskt ursprung. Hela komplexet synes någorlunda konformt underlagras av Stora Le—Marstrandsseriens bergarter (jfr pl. 1).

Högre upp i Göteborgstraktens sengotiska ytserie träffas också omvandlade vulkaniter, men den dominerande bergarten är här en röd alkalisk gnejs, som på sina håll avslöjar ett sedimentärt ursprung genom att den övergår i arkos underlagrad av konglomerat.

De primorogena sengotiska graniterna utgöres av såväl basiska som intermediära och sura, övervägande intrusiva bergarter. Till dem knyter an en grupp av grönstenar, varibland märks en norrisk gabbro (Slotsskogsgreenstenen).

Den sengotiska cykeln avslutas genom en kraftig migmatisering, som i första hand träffat Stora Le—Marstrandsseriens skifferbergarter men även skapat en massivbildande pegmatit och en gångbildande småkornig granit.

I det följande kommer, oavsett de inbördes åldersförhållandena, de suraste bergarterna att skildras först och de mest basiska sist. Undantag göres endast för den konglomeratiska basiska tuffiten, på grund av dess intima genetiska samband med oligoklaskvartsiten.

Kvartsit, konglomeratisk basisk tuffit

Utbredningen av kvartsiten och den konglomeratiska basiska tuffiten i undre delen av Göteborgstraktens sengotiska ytserie har angivits redan i den inledande översikten. Den följande framställningen skall därför i främsta rummet ägnas åt de nämnda bergarternas utseende, sammansättning och omvandlingar.

Kvartsiten är en vit till ljusgrå eller grå, finkornig bergart, ofta med tydligt framträdande uppdelning i ljusare och mörkare skikt. En skiffrighet, som merendels är parallel med skiktningen, kan iakttagas på flera håll.

De ljusare, i regel helt vita, sockerkorniga skikten består i huvudsak endast av felsiska mineral (kvarts åtföljd av oligoklas och, ibland, muskovit, eller kvarts enbart), medan de mörkare, ljusgrå till grå skikten är sammansatta av kvarts, oligoklas och epidot åtföljda av mindre mängder titanit, apatit, oxidmalm (magnetit, sannolikt titanförande) och klorit (pennin). Titanhalten kan ibland bli betydande. Mera sporadiskt uppträder kalkspat, ortit och zirkon.

De mörkare skiktens sammansättning pekar på en inblandning av vulkanisk aska. Kvartsitens sedimentation synes alltså ha försiggått under en tid kändetecknad av stark vulkanism.



Fig. 16 a. Konglomeratiska kvartsitneslutningar i basisk sedimentbergart (tuffit). 2.7 km väster om Björlanda k:a (västudden av ön Välkommen). Foto Lars Bergström 1955.
Basic tuffite with small pebbles of quartzite. 2.7 km to the west of Björlanda church.

Hornblände, i många fall åtföljt av biotit, förekommer ofta ymnigt, både i de ljusare och i de mörkare skikten (fig. 15 samt H på pl. 1). Medan bergartens övriga mörka mineral, icke minst epidoten, gärna är samlade längs skiktningen och skiffriheten, visar hornblände- och biotitindividen godtycklig orientering (fig. 15). De omges i regel också av aureoler av starkt omkristalliserad kvarts och oligoklas, aureoler i vilka bergartens parallellstruktur blivit helt upplöst. Detta beror på att hornbländet och biotiten icke endast har bildats långt efter bergartens uppkomst utan delvis också ur joner, vilka under partiell upplösning av bergarten tillförts utifrån (se nedan). Även den skiktbildande epidoten är ju en omvandlingsprodukt, men en sådan som hämtat sitt elementbestånd ur värdbergarten själv.

Längden av de sekundära hornbländeindividen, vilka är utpräglat stråliga (fig. 15), växlar vanligen mellan 0.5 och 3 cm. Ofta är huvudparten av hornbländena i ett visst skikt eller en viss del av kvartsiten av ungefär samma storlek.

Hornbländet är i stufprover grönsvart eller svart, medan det i mikroskopiskt undersökta tunnslip visar pleokroism i klara gröna och blå färger av måttlig styrka. Den optiska axelvinkeln har bestämts till omkring 90° och utsläckningen $c: \gamma$ till 15 à 16° . Lågtemperaturomvandling till epidot och till klorit av typen pennin är vanlig.



Fig. 16 b. Kvartsitneslutningarna omges av tunna hornbländeskal.
2.7 km väster om Björlanda k:a. Foto Lars Bergström 1955.

The quartzite pebbles are enclosed in thin shells of hornblende. 2.7 km to the west of Björlanda church.

Hornbländets utbildning för tanken till den skandinaviska fjällkedjans kärvskiffrar och får, som jag redan tidigare påpekat (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 26), tillskrivas en metasomatisk process innebärande jonutbyten mellan kvartsiten och någon basisk bergart i omgivningen, vanligen en vulkanit ur samma ytserie, som kvartsiten själv tillhör. Metasomatosens ålder skall behandlas i ett följande avsnitt (sid. 46—48).

Det är uppenbart, att ju mer basisk vulkanisk aska, som kvartsiten blivit bemängd med under sin sedimentation, desto mindre omfång har krävts av det metasomatiska jonutbytet i samband med hornbländebildningen.

Den konglomeratiska basiska tuffiten har, som nämnts både i detta arbete och i beskrivningen till Säröbladet (P. H. Lundegårdh 1953), hämtat sina bollar från förvittrade partier av ovan skildrade kvartsit. Därför består bollarna antingen av kvarts enbart eller av kvarts, oligoklas, ibland muskovit, samt växlande mängder mörka mineral. De är städe små, oftast 1 à 1.5 cm i längd men gärna ännu mindre (0.5—1 cm). Bollar längre än 2 cm är mycket sällsynta. I samband med värdbergartens förskiffring har bollarna ofta blivit lätt tillplattade (fig. 17).

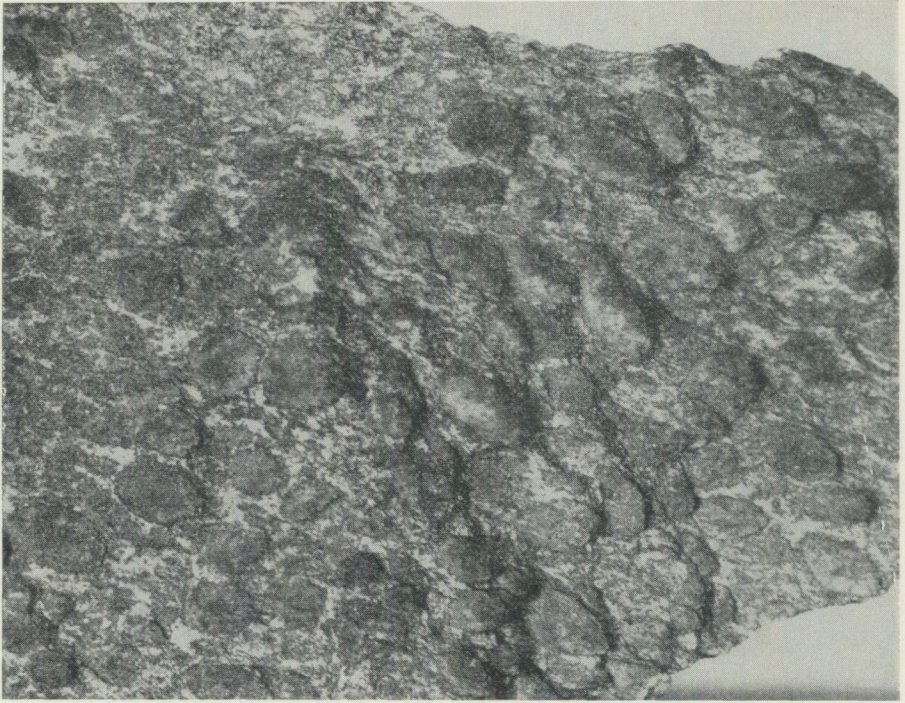


Fig. 17. Kvartsitbollar i basisk tuffit (basiskt tuffitiskt konglomerat). Naturlig storlek. Högsbo kvarts-fältspatbrott öster om Särövägen i södra Göteborg. Foto C. Larsson 1952.

Basic tuffite with pebbles of quartzite (basic tuffitic conglomerate). Natural size. Högsbo quartz-felspar quarry in Southern Göteborg (Gothenburg).

Frekvensen av kvartsitbollar i tuffiten växlar starkt, så som visas av fig. 16—17. Detta innebär, att kontinuerliga övergångar mellan konglomeratiska och icke-konglomeratiska tuffiter är en regel.

Mellanmassan i den konglomeratiska tuffiten är finkornig och består väsentligen av basisk oligoklas eller sur andesin samt hornblände. Stora mängder av kvarts och biotit ingår också, liksom åtskilligt epidot, klorit (pennin), oxidmalm och titanit. Dessutom påträffas apatit, kis och kalcit samt ibland något zirkon och ortit. Hornbländet har ofta helt eller delvis omvandlats till klorit (av typen pennin) och epidot. Det är här fråga om en rekristalliserad och i samband därmed lätt förgrovd bergart, vars ursprungliga mineralsammansättning icke låter sig överblickas. Att mycket av grundmassans kvarts härrör från samma kvartsit, som givit upphov till kvartsitbollarna, står dock klart. Man kan till och med finna partier i mellanmassan, där kvarts är det vanligaste mineralet och där i vissa fall även muskovit ingår, så som på den i fig. 16 avbildade lokalen väster om Björlanda k:a.

Samtidigt som mellanmassan kristalliserat om och fått sin ursprungliga mineralsammansättning förändrad, har större delen av kvartsitbollarna klätts in i ett tunt hölje av hornblände jämte sent bildad epidot och klorit (fig. 16).

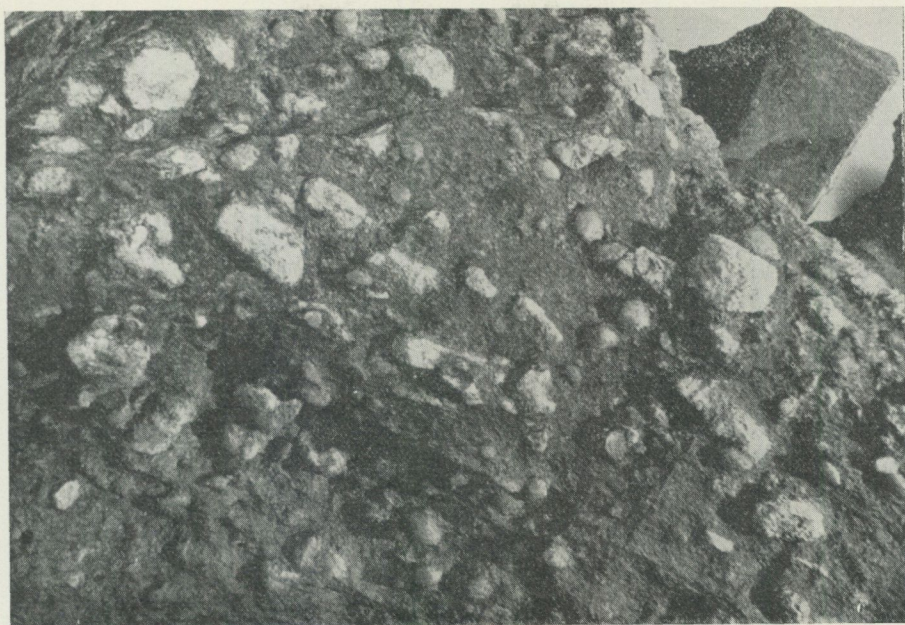


Fig. 18. Konglomerat (strandgrus omvandlat till bergart). 700 m VNV om Tuve k:a.
Foto S. Dahlén 1953.

Conglomerate. 700 m W.N.W. of Tuve church.

Härav framgår, att bergartens inre omvandling varit förknippad med jonvandringar. Hornbländeskalen utgör nämligen basiska metasomatosfronter i miniatyr, där järn, magnesium, kalcium och aluminium förts fram mot kvartsitbollarna samtidigt som kvartsen (och fältspaten) ytterst i dessa börjat lösas upp och vandra ut i mellanmassan.

Sur, oftast alkalin gnejs (jämte metaarkos och konglomerat)

Största utbredningen bland den sengotiska ytseriens bergarter har en rödgrå till röd, oftast småkornig men icke sällan grövre, sur och oftast alkalirik — alkalin — gnejs. Denna bergart är i de finkorniga varieteterna till stor del sockerkornig (granoblastisk) men i de grövre typerna oregelbundet, granitiskt xenomorf. Över huvud taget är dessa senare typer starkt granitlika och övergår på flera håll i mikroklingranit (se sid. 60).

I tunnslip frapperas man av bergartens friska utseende. Invid de stora förskiffringszoner, som utmärkts på pl. 1, är mineralmassan vanligen endast krossad i den mån sena rörelser ägt rum längs zonerna (se vidare sid. 48). Huvudmineral är kvarts (oftast hela korn), en obetydligt pertitisk mikroklin och en föga eller icke alls sericitomvandlad oligoklas till oligoklasalbit. En lätt impregnation av mikroskopiskt små hämatitkorn har förorsakat bergartens röda färgton. Mikroklinhalten är städse hög och stiger ibland till mellan 40 och 50 %.

De mörka mineralen intar en mera underordnad ställning. Viktigast bland dessa är biotit (ofta kloritiserad) och hornblände. De alkalirikaste varieteterna är tillika de hornbländerikaste och mest granitiska. Här minskar också biotithalten starkt, medan däremot alkalipyroxen ibland kan uppträda. I de utpräglat alkalina typerna träffas dessutom i regel flusspat och ibland granat som småmineral, medan epidot vanligen saknas. Normalt uppträdande småmineral är annars magnetit, epidot, hämatit (se ovan), apatit, titanit, zirkon och ortit. Magnetithalten kan i några fall bli hög, t. ex. i fästningsberget (Bohus fästning) vid Kungälv. Där är också magnetitindividen delvis mycket stora — ibland mer än centimetern i diameter.

Största uppmärksamheten tilldrar sig emellertid hornbländet. Som man kan vänta sig i en alkalirik och kalkfattig bergart, är det här oftast fråga om alkaliamfiboler. Dessutom finns i den alkalina gnejsen järnrikt hornblände av hastingsittyp.

Dessa olika amfiboler uppträder vanligen icke tillsammans, utan alkalihornbländena träffas, jämte ibland även alkalipyroxen, i de områden, som kännetecknas av den starkaste omvandlingen av gnejsen. Omvandlingsgången blir alltså biotit (+ magnetit + epidot) \rightarrow hastingsit \rightarrow alkalihornblände (+ alkalipyroxen eller granat). Följer man stråket från söder mot norr, finner man, att omvandlingen med många lokala variationer ökar ju närmare Göteborg man kommer för att nå sitt maximum i Änggården i södra Göteborg (där alkalipyroxen är vanlig). På norra Hisingen uppträder av amfiboler i regel endast hastingsit.

Vi ser alltså prov på en starkt växlande omvandlingsgrad i det sengotiska bergartsstråkets längsriktning. En dylik tendens, ehuru av arealt sett mindre dimensioner, kunde iakttagas redan vid karteringsarbetet på Onsalalandet (P. H. Lundegårdh 1952).

Omvandlingen inom ett veckningsstråk står i direkt beroende av vad H. G. Backlund (1936 b, sid. 352) velat kalla granitiseringshöjden — det är den nivå homogenisering av bergartsmaterialet och därav följande granitbildning når i varje särskilt avsnitt av veckningsstråket. (De högsta, före sin erosion topografiskt väl markerade delarna av veckningsstråk utgör vad man benämner bergskedjor. Ofta kallas veckningsstråk i deras helhet oegentligt bergskedjor, även om total nedbrytning av de över erosionsbasen uppstickande partierna ägt rum.) Backlund (loc. cit.) har också med skärpa understrukt, att 'granitiseringsgraden inom en och samma bergskedja i dess strykningsriktning är starkt varierande'.

Alkalihornbländena är i tunnslip vackert blåpleokroitiska men i stuff svarta. De utgöres dels av crossit, dels av riebeckit, dels, slutligen, av arvedsonit (crossit = natriumaluminiummagnesiumjärnhornblände, riebeckit = natriumjärnhornblände, arvedsonit = aluminiumrikt natriumjärnhornblände, ofta med kalcium, magnesium och titan). (Jfr H. E. Johansson 1931, sid. 34, och P. H. Lundegårdh 1953 b, sid. 26.) Av största intresse är, att den hornbländerika gnejsen vanligen saknar magnetit — från detta mineral har huvudparten av hornbländets järn tydligen hämtats (P. H. Lundegårdh, loc. cit.). Detta

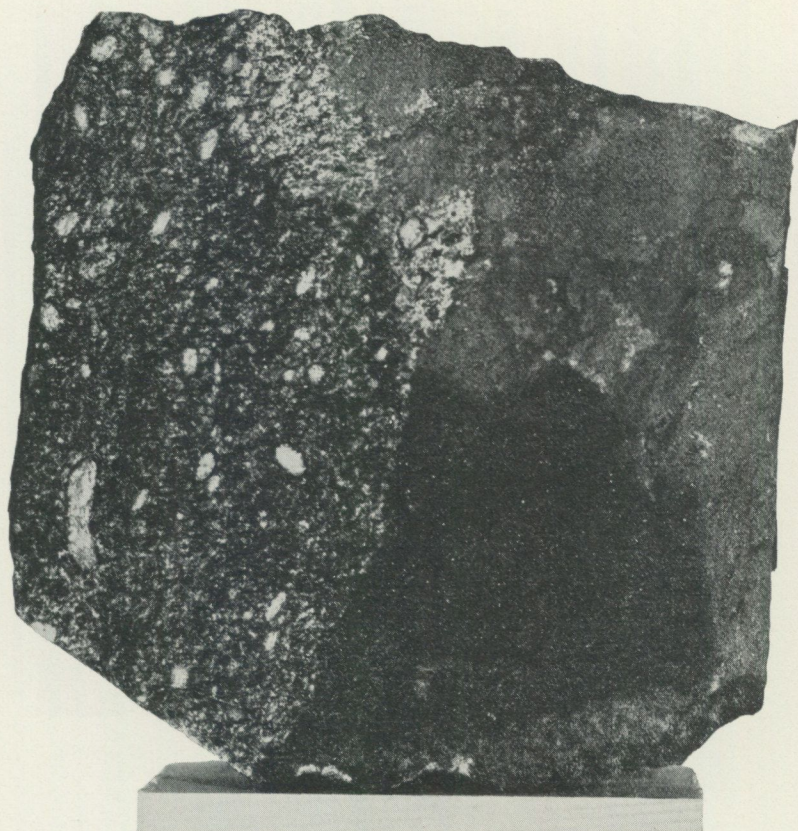


Fig. 19. Gräns mellan konglomerat (t. v.) och basisk vulkanisk bergart (t. h.). 2 km SV om Tuve k:a (nära Glöstorp). Foto C. Larsson 1956.
Conglomerate bordering upon basic volcanic. 2 km S.W. of Tuve church.

gäller även i de fall, då amfibolen utgöres av hastingsit. Crossitens magnesium härstammar av allt att döma från den biotit, som upplösts vid hornbländebildningen.

Den alkalipyroxen, som uppträder i södra delen av Göteborg och särskilt då i Änggården, utgöres av natriumjärnsilikatet ägirin. (Jfr H. E. Johansson 1931, sid. 34.)

Ytterligare en egendomlighet hos den alkalina gnejsen är dess starka benägenhet till selektiv grusvittring (se pl. 1 samt P. H. Lundegårdh 1953, sid. 28). Vittringen är lokaliserad till syd- och sydvästsidorna av hållarna i vissa områden. Den drabbar icke ens här hela bergarten. Rundade partier av tämligen frisk gnejs sticker därför ofta upp ur vittringsgruset. En termokemisk undersökning utförd av docent P. Ljunggren har visat, att vittringen är rent mekanisk.

Som redan H. E. Johansson påpekat (1931, sid. 34—35), synes de alkalirikaste typerna vara de mest vittringsbenägna. Likartad vittring är känd även

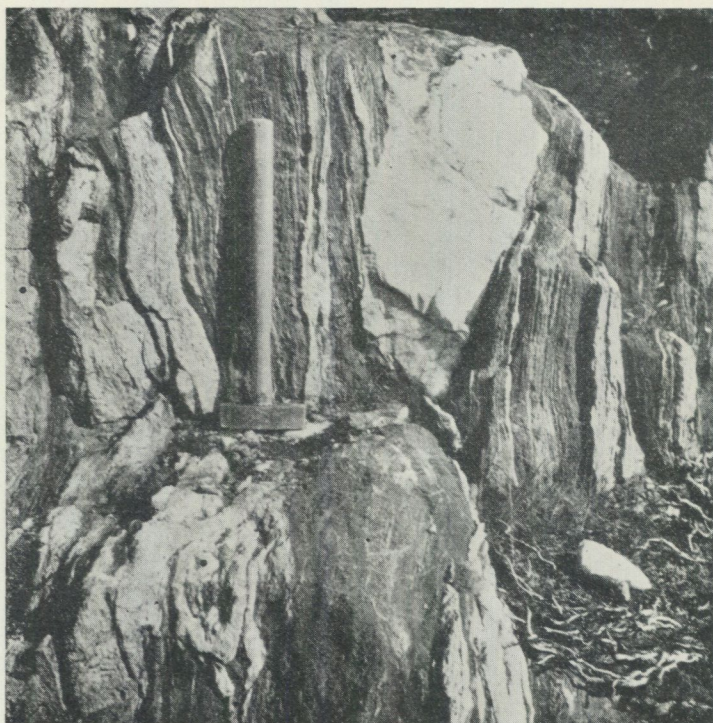


Fig. 20. Bandgnejs (sur gnejs växellagrande med metabasit och måttligt störd av plastisk deformation). 2 km VNV om Björlanda k:a.
Foto P. H. Lundegårdh 1954.

Banded gneiss (acid gneiss interstratified with metabasite) displaying moderate plastic deformation. 2 km W.N.W. of Björlanda church.

från andra förekomster av alkalirika bergarter, t. ex. Vaggerydssyeniten i Småland och rapakivgraniten i Finland. Vittringen ifråga beror sannolikt på vissa från bergartens senaste omkristallisation kvardröjande spänningar, vilka utlöser sprängning av kornförbandet vid temperaturväxlingar. Riktigheten av denna uppfattning bestyrkes av vittringens lokalisering till de under solskensdagar starkast uppvärmda, sydliga till sydvästliga delarna av hållarna. Här blir uppenbarligen differensen mellan dag- och nattetemperatur störst.

Som jag tidigare betonat (P. H. Lundegårdh 1953 b, sid. 28—30), måste den hornbländeförande alkalignejsen ha bildats genom alkalimetasomatos, sannolikt åtminstone till stor del vid hög temperatur. Medan den normala sura gnejsens mörka beståndsdelar vanligen inordnar sig i sina emellan parallella plan och sålunda markerar en av allt att döma primär skiktning (zirkonens parallellanordning är här särskilt signifikativ), har alkalihornbländena, liksom alkalipyroxenen, godtycklig orientering. Dessutom är kvarts-fältpatmassan runt ikring förgrovad, med ty åtföljande upplösning av den forna skiktningen. Likheten med den tidigare skildrade oligoklaskvartsitens hornblände är i dessa hänseenden påfallande.

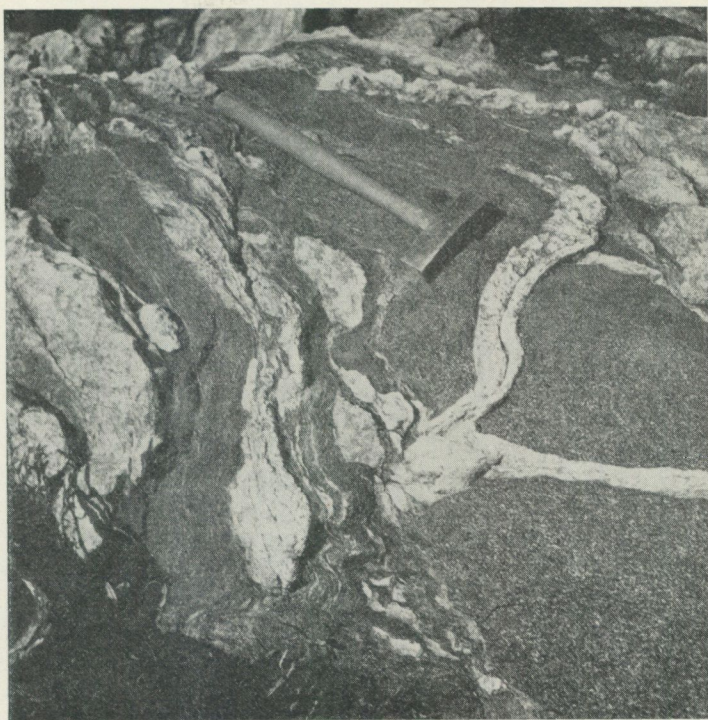


Fig. 21. Blandgnejs (lager av metabasit i sur gnejs starkt störd av plastisk deformation). 2 km VNV om Björlanda k:a. Foto P. H. Lundegårdh 1954.
Mixed gneiss (layers of acid gneiss in metabasite) showing strong plastic deformation. 2 km W.N.W. of Björlanda church.

Den sura sengotiska gnejsen visar icke allenast i sina bättre bevarade delar god skiktning, den övergår dessutom lokalt i en arkosartad bergart och ansluter sig i trakten väster om Tuve k:a till ett delvis granitiserat konglomerat med bl. a. kvartsitfragment (fig. 18). Vissa av grönsten (se nedan) från den alkalina gnejsen skilda, kvartsitbollrika konglomeratrest, t. ex. 2 km SSV om Tuve k:a (fig. 19) och vid Stigbergskajen i Göteborg, liksom den tidigare skildrade, konglomeratiska tuffiten (sid. 41), torde höra till samma formation. Gnejsens sedimentära ursprung kan alltså merendels knappast ifrågasättas.

Ett närmare studium av den alkalina gnejsens kemi visar, att bergarten först har träffats av kalimetasomatos, innebärande en ökning av mikroklinhalten. Denna metasomatos har varit samtidig med bildningen av den primogena Åmål—Kroppefjällsgruppens granit. En del av gnejsen har härvid överfört i mikroklingranit (se sid. 60). Under slutfasen av den sengotiska orogenesisen — migmatitiseringsperioden (sid. 64 ff), har sedan ett utbyte av alkalimetalljoner skett mellan den alkalina gnejsen och den angränsande Askimgraniten (pl. 1). Härigenom har frekvensen av mikroklinögon ökat i den senare, samtidigt som natriumhalten tilltagit i alkalignejsen och där i förening med en temperaturstegring åstadkommit hornblände- och pyroxenbildningen.

Uppträdandet av arfvedsonit och granat antyder, att jämte natrium även något aluminium trängt in i bergarten, sannolikt på bekostnad av SiO_2 . Förekomsten av flusspat (kalciumfluorid) i den hornbländeförande alkali-gnejsen visar antingen att en del av de omvandlande ämnena befunnit sig i gasform, eller att jonutbytena åtminstone vid någon fas i omvandlingen måste ha förmedlats av lösningar, vilkas kristallisationstemperatur nedsatts och genomträngningsförmåga följaktligen ökats på grund av närvaron av mineralisatorer.¹

Spåren av de stora överskjutningar, som följde efter de primorogena graniternas bildning (tab. II), har utsuddats genom den vid natronmetasomatosen inträffade, partiella upplösningen och starka omkristallisationen av den alkalina gnejsen. Däremot finns spåren av senare tiders förkastningar orörda kvar.

Det har redan nämnts, att epidot här och var förekommer i den mera lågmetamorfa sura gnejsen, men att denna epidot försvinner vid stigande metasomatos. Dess bildning måste följaktligen ha ägt rum före den hornbländebildande metasomatosens kulmination. Jag delar på denna grund P. Ljunggrens (1957, sid. 131) uppfattning, att det i Göteborgstrakten finns en sengotisk epidotgeneration äldre än den avslutande migmatitiseringsen.

Å andra sidan uppträder i de delar av den sura gnejsen, som på ett eller annat sätt kommit att beröras av de sena förkastningarna, både nybildad epidot och klorit (pennin). De första stora förkastningsrörelserna synes ha ägt rum i början av den avslutande gotiska ådergnejssepoken (se sid. 67), vid vilken tid lösningar befann sig i omlopp i stora delar av berggrunden. Redan vid mina undersökningar av mineralomvandlingarna i den förskiffrade Askimgraniten (sid. 61) kom jag också fram till, att den nu skildrade epidoten och kloriten får betraktas som lågtemperaturkristallisationer under inverkan av de ådergnejsbildande lösningarna (jfr P. H. Lundegårdh 1953 b, sid. 28).

Ljunggren (1957, sid. 131) har nyligen velat starkt förringa betydelsen av den till ådergnejssepoken knutna epidotomvandlingen. Genom att epidot bildats vid åtminstone ett par tillfällen i sengotisk tid (jfr ovan) och genom att graden av epidotbildning i regel starkt växlat från ett berggrundselement till ett annat, krävs dock omfattande undersökningar för en sådan bedömning. Om man, som Ljunggren tyvärr gjort, begränsar sina studier till ett mycket litet område, löper man i ett fall som detta stor risk att få en oriktig bild av det faktiska händelseförloppet.

Några äldre kemiska analyser av alkalin gnejs från Göteborg, hämtade ur P. J. Holmquist 1906 (sid. 268—69), återges i tab. III.

Intermediär och basisk gnejs

I Göteborgstraktens sengotiska ytserie har intermediära gnejser den största utbredningen näst efter de sura gnejserna (se östra delen av Hisingen i pl. 1). Färgen hos dessa bergarter pendlar mellan rödgrå, rent grå samt omväxlande ljusröd till ljusgrå och svart (i band- och blandgnejser).

¹ Se fotnot å sid. 21.

De basiska gnejserna är svartgrå till mörkgrå. De är koncentrerade till trakten sydväst om Backa k:a och till grannskapet av Nordre älv.

De intermediära och basiska gnejserna är fint medel- till, och övervägande, finkorniga. I mikroskopiskt uppförstorade slipprov visar de oftast sockerkornig (granoblastisk) omkristallisationstextur. En så stark förgrovning har emellertid många gånger inträffat under omkristallisationen, att bergarterna erhållit ett granitliknande utseende.

Strukturen kännetecknas av en mer eller mindre utpräglad planparallell anordning av särskilt den i bergarterna ingående biotiten. I de grövre, starkare granitiska varieteterna är parallellstrukturen mindre tydlig än i de finkornigare och saknas ibland nästan helt. Enär gränserna mellan olika i gnejserna ingående led vanligen följer strukturplanen (S-ytor) får man anta, att dessa mestadels återspeglar en primär skiktning. Strukturplanens nuvarande distinkta karaktär är dock en följd av den sengotiska orogenesisen, liksom ock den till S-ytor lokaliserade stängligheten. I bredare stråk av homogen gnejs med svag planstruktur, t. ex. i den intermediära gnejser på östra Hisingen, är det mycket svårt att avgöra, huruvida skiktning någonsin funnits och vilken orientering denna skiktning i så fall haft.

Huvudparten av de intermediära och basiska gnejserna är homogena inom ganska breda stråk. Detta gäller t. ex. för den redan nämnda, nord—sydligt orienterade, intermediära gnejser på östra Hisingen. Men band- och blandgnejsjer finns också. De förra består av alternerande lager av skiftande kemisk och mineralogisk sammansättning. En intermediär bandgnejs består gärna av omväxlande sura och basiska skikt (fig. 20). I blandgnejserna är den regelbundna växellagringen starkt störd av plastisk deformation och partiell mobilisering av de surare skikten (fig. 21). Man har velat tolka bandgnejserna som successivt avlagrade vittringssediment, vilka då och då övertäckts av och därigenom kommit att växellagra med vulkaniska utbrottsprodukter. I de föreliggande fallet skulle de sura lagren kunna utgöra sandiga sediment och de basiska lagren tuffer eller lavor. Man kan också tänka sig den möjligheten, att de sura lagren kan vara epivulkaniska, sedermera kristalliserade och metasomatiskt fältspatiserade kiselsyreutfällningar (och de basiska lagren fortfarande tuffer eller lavor).

De homogena, intermediära och basiska gnejsernas ursprung är det svårare att med ledning av bergarternas utseende säga något om. Särskilt gäller detta på östra Hisingen, där gnejserns parallellstruktur ofta är svag och omkristallisationen stark. De homogena gnejserna alternerar dock så ofta konformt med band- eller blandgnejsjer av delvis otvetydigt vulkaniskt ursprung, att man gärna vill tolka dem som omvandlade tuffer, särskilt när man vet, hur dåligt utvecklad skiktningen plägar vara även i väl bevarad vulkanisk aska. Endast gråvackor¹ skulle efter omvandling kunna förete en likartad utbildning, och dylika sediment kan givetvis ingå i denna del av det sengotiska gnejskomplexet.

¹ Osorterade sediment med mycket dålig eller ingen märkbar skiktning, avlagrade efter hastig vittring och transport av uppveckade bergartslager.

Tabell III. Kemiska analyser av bergarter från Göteborgstrakten
Chemical analyses of rocks from the Göteborg (Gothenburg) region

Bergartstyp <i>Kind of rock</i>	Röd alkalin gnejs <i>Red alkaline gneiss</i>	Röd alkalin gnejs <i>Red alkaline gneiss</i>	Askimgranit, sur ² <i>Askim granite, acid</i>	Norit <i>Norite</i>	Yngsta granit <i>Youngest granite</i>
Lokal <i>Locality</i>	Vegagatan, Göteborg <i>Vega street, Göteborg</i>	S:t Johannes k:a, Göteborg <i>S:t Johannes church, Göteborg</i>	Slottsskogen, Göteborg	1 800 m SSV om Tuve k:a <i>1 800 m S.S.W. of Tuve church</i>	Lilla Överön, Torsby s:n <i>L. Överön, parish of Torsby</i>
Analytiker <i>Analyst</i>	R. MAUZE- LIUS & O. BERG ¹	E. ÖSTLUND ¹	R. MAUZE- LIUS ¹	A. AAREMÄE	A. AAREMÄE
SiO ₂	75.69	75.34	73.30	51.48	70.30
TiO ₂	0.16	0.15	0.38	1.14	0.37
Al ₂ O ₃	11.64	12.51	12.77	16.36	15.62
Fe ₂ O ₃	1.30	0.62	1.87	1.16	0.76
FeO	0.84	1.52	0.74	7.92	1.81
MnO	0.21	0.23	—	0.14	0.05
MgO	0.20	0.20	0.44	7.23	0.86
CaO	0.75	0.40	1.32	9.28	2.98
BaO	—	—	—	0.03	0.03
K ₂ O	6.16	6.55	5.56	1.14	1.55
Na ₂ O	2.42	2.00	2.86	2.57	4.14
P ₂ O ₅	0.04	—	0.12	0.15	0.12
H ₂ O > 110°	0.66 ³	0.36 ³	0.90 ³	1.34	1.18
S	—	—	—	0.14	0.14
F	—	—	—	0.12	0.02
H ₂ O < 110°	—	—	—	0.18	0.08
Syre ersatt av S och F — <i>Oxy-</i> <i>gen replaced by</i> <i>S and F</i>	100.07	99.88	100.26	100.38	100.01
	—	—	—	0.10	0.03
Total				100.28	99.98

¹ Analysen hämtad från P. J. Holmquist 1906, sid. 268—69.

² Sannolikt ett granitiserat konglomerat.

³ Endast H₂O angivet i analysen — *Only 'H₂O' given in the original analysis.*

De nu behandlade gnejsernas mineralogiska huvudsammansättning varierar från kvarts, oligoklas, mikroklin och biotit i de intermediära till kvarts, oligoklas eller oligoklasandesin, biotit och hornblände i de basiska. I de senare är således oligoklasen mera basisk än i de förra. De sura lagren i de intermediära band- och blandgnejserna innehåller ofta oligoklasalbit.

Bland huvudmineralen ingår ofta också epidot eller klinozoisit (ett järnfritt mineral nära besläktat med epidoten). Varieteter rika på dessa omvandlingsprodukter saknar merendels hornblände änskönt de är basiska. Klorit träffas flerstades.

Småmineralen utgöres av titanit, apatit, oxidmalm (ren eller titanförande magnetit), ortit och zirkon.

De intermediära och basiska gnejserna i den sengotiska ytserien är icke ådergnejsomvandlade med genomsättes på sina håll av pegmatit av samma typ, som påträffas i skärgårdens sliriga tvåglimmergnejs (se vidare sid. 64).

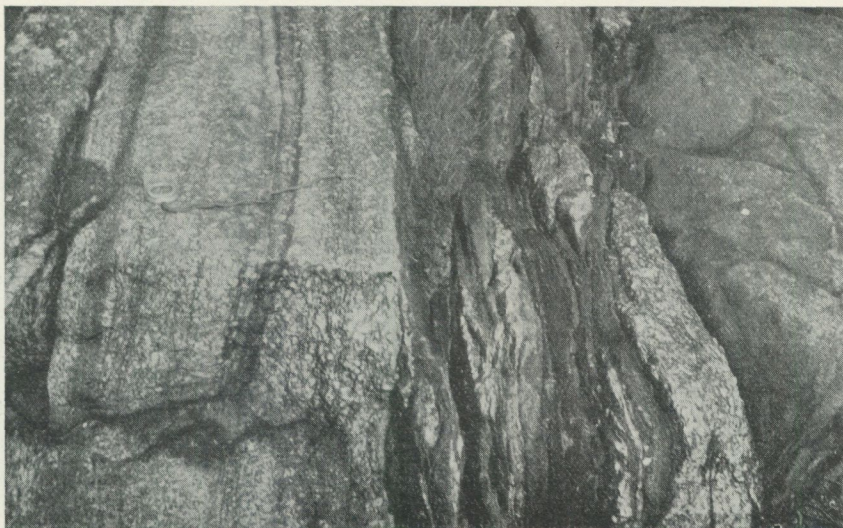


Fig. 22. Förskiffrade gångar av Askimgranit genom Slottsskogsgården (marginallt förskiffrad och uralitiserad norit). Masthuggskyrkan, Göteborg. Foto P. H. Lundegårdh 1953.

Schistose dikes of porphyritic granite (Askim granite) in partly schistose and uralitized norite. About 2 km S.E. of Lundby, in Göteborg (Gothenburg).

Basalttuff, basaltlava, metabasit, samt norit, ofta diabaslik

Redan vid karteringen av Onsalahalvöns berggrund kunde jag påvisa närvaron av basaltisk tuff i vad som sedermera kom att betecknas som den sengotiska ytserien (P. H. Lundegårdh 1950). På den först upptäckta lokalen, nära Meryt vid vägen mellan Kungsbacka och Onsala k:a, är tuffen agglomeratisk, vilket innebär, att den för fragment av i samband med vulkanutbrott söndersprängda bergarter.

Den basaltiska tuffen har sedermera tillsammans med likaledes basaltiska lavabergarter i ett vanligen starkt omvandlat skick kunnat följas norrut genom Säröbladets östra del fram till Göteborgstrakten. I triangeln Kungsbacka—Vallda—Släp är den någorlunda väl bevarad, liksom även 2 km SSV om Tuve k:a, men i övrigt har den helt amfibolitiserats och ingår nu bland metabasiterna.

Fig. 19 visar den skarpa gränsen mellan å ena sidan konglomerat med små kvartsitbollar och å andra sidan basalttuff med delvis bevarad primärstruktur, bäst synlig på vittrad yta. Detta konglomerat övergår i en arkos, som på några håll ansluter sig till den alkalina gnejsen (jfr sid. 47). Dock står konglomeratet också genetiskt nära den konglomeratiska basiska tuffiten (sid. 41), vilken senare på några ställen söderut, särskilt mellan Vallda k:a och Kungsbacka samt vid Högsbo fältspatbrott, gradvis lämnar rum för icke konglomeratisk basisk tuffit eller tuff¹.

¹ Det är på grund av omvandlingsgraden omöjligt att i varje särskilt fall avgöra, om det föreligger en ren vulkanisk aska, d. v. s. en tuff, eller en med vittringsmaterial bemängd aska, d. v. s. en tuffit.

Basalttufferna har, liksom de åtföljande basaltiska lavorna, ursprungligen bildat täcken (bäddar) men har vid den sengotiska orogenesisen dels blivit uppresta — mer eller mindre starkt brantställda, dels mycket ofta under plastisk deformation av sidostenen blivit sammanveckade till oregelbundet formade klumpar, dels, slutligen, i många fall slitits sönder (boudinagerats) genom mobilisering av sidostenen eller genom tånjning och differentialrörelser. I det sistnämnda fallet har längre och kortare skivor, linser, klumpar eller större massiv uppkommit.

Samma förhållande gäller beträffande de basiska lagerintrusioner med en ofta diabasartad (ofitisk) noritutbildning, vilka är vanliga i både den sengotiska ytserien och de pregotiska bergarterna närmast öster om förskjutningslinjen Göta älv—Göteborg—Mölnadal—Kungsbacka.

Basalttufferna, basaltlavorna och deras omvandlingsprodukter är grönsvarta, finkorniga eller, efter starkare metamorfos, fint medelkorniga bergarter. Metamorfosgraden studeras bäst på vittrad yta, där i de sällsynta någorlunda väl bevarade tufferna såväl asktextur som små agglomeratiska inneslutningar (jfr ovan) framträder. På de få platser, där lavorna är bättre bevarade, kan en av flytningsriktningen bestämd listanordning hos plagioklasen förmärkas. Helt omvandlade, amfibolitiska eller dioritiska tuffer och lavor dominerar dock. Sådana metabasiter träffas heller icke endast i det ovan skildrade, från östsidan av Onsalahalvön kommande stråket utan även i stratigrafiskt sett högre och lägre belägna delar av den sengotiska ytserien, t. ex. samman med något oligoklaskvartsit i trakten öster om Långedrag. I sitt nuvarande skick kan de icke skiljas från amfibolitiserade delar av de något senare nämnda, ofta diabasartade noritintrusionerna, och deras utbredning kan därför icke alltid närmare anges.

Huvudmineral är hornblände och en plagioklas, som vid omvandlingen oftast har avkalkats (ursprungligen andesin eller, ibland, labrador, nu oligoklas eller sur andesin). Avkalkningen synes ha orsakats av en natriumtillförsel utifrån, förbunden med en bortförsel av kalcium. Det skulle alltså här vara fråga om en metasomatisk process till tiden sannolikt samtidig med bildningen av hornblände och pyroxen i den alkalina gnejsen.

Dessutom iakttages sekundär kvarts, biotit och epidot liksom ofta även oxidmalm (titanförande magnetit), titanit, apatit, klorit (pennin) och sekundär kis (huvudsakligen svavelkis). Texturen är hypidiomorf till, och företrädesvis, xenomorf.

De som en ofta diabaslik norit utbildade, ursprungligen lagerformigt intruderade basiterna har stor utbredning inom Göteborgsbladets östra och södra delar, medan de däremot saknas norrut, österut samt söder om Kungsbackatrakten. De är alltså knutna till den sura, merendels alkalina gnejsen och dess omgivningar, liksom de har ett nära samband med de basaltiska lavorna och tufferna. I beskrivningen till Säröbladet (P. H. Lundegårdh 1953) tolkade jag dem dock som något yngre än den sengotiska ytserien men har vid de fortsatta undersökningarna norr om Säröbladet tvungits att i

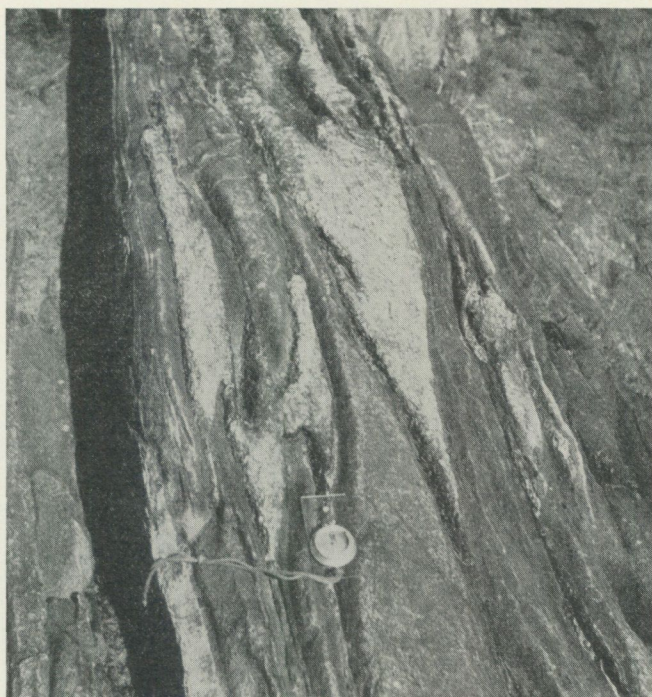


Fig. 23. Förskiffrade och sönderslitna gångar av Askimgranit genom Slottsskogsgrönsten. Masthuggskyrkan, Göteborg.

Foto P. H. Lundegårdh 1953

Disjointed dikes of schistose porphyritic granite (Askim granite) in schistose and uraltized norite. About 2 km S.E. of Lundby, in Göteborg (Gothenburg).

någon mån revidera denna min uppfattning. Som tab. II visar, förlägger jag nu deras intrusion till sista skedet av den tidiggotiska ytseriens bildning. De har uppenbarligen intruderat längs ytbergarternas skiktplan i n n a n veckningen blivit så stark, att svårare deformationer av komplexet hunnit inträffa, men efter det att komplexets av intrusionerna berörda delar nedsänkts så djupt i jordskorpan, att den av relativt långsam kristallisation kännetecknade, gabbroida norittexturen kunnat komma till utbildning.

De noritiska basiterna har särskilt stor utbredning i Slottsskogen och norrut förbi Stigbergskajen till andra sidan av Göta älv, i trakten sydväst om Tuve k:a, samt NNÖ om Backadalen, norr om Backa k:a. De har efter den förstnämnda förekomsten benämnts Slottsskogsgrönsten (H. E. Johansson 1924, sid. 48).

Smärre massiv är vanliga i den pregotiska gnejsen närmast öster om det alkalina gnejsstråket. De diabasartade, av tydligt listformig plagioklas (ofitisk textur) kännetecknade noritvarieteterna uppträder vanligen i anslutning till den normala noriten, gärna på så sätt, att den senare ligger innerst och diabasen utanför, närmare sidostenen, där lagerintrusionens avkylning börjat och kristallisationen följaktligen skett snabbast.

De noritiska och diabasartade basiterna har icke särskilt utmärkts på pl. I, enär deras omvandling till amfibolitiska sekundärbergarter är mycket ojämn och därför svår att avgränsa i fält.

Göteborgstraktens norit har gråsvart färg och finkornigt gry. Dess struktur är massformig, texturen xenomorf till hypidiomorf, som nämnt ofta med starkare eller svagare tendens till diabasutbildning (ofitisk resp. subofitisk textur, kännetecknad av mer eller mindre utpräglat listformig plagioklas).

Huvudmineralen utgöres av en frisk andesin ($An = 35-50\%$), som ofta är zonart kristalliserad, med surare skal ($An = 30-35\%$) och mera basisk kärna ($An = 45-60\%$), vidare av ortopyroxenen hypersten ($2V\gamma = 100-110^\circ$), en klinopyroxen utbildad som augitisk diallag ($2V\gamma = 60-65^\circ$, $c : \gamma = 42^\circ$), samt biotit (till stor del sekundär, bildad samtidigt med det nedan beskrivna hornbländet). Den höga hyperstenhalten i förening med den subofitiska texturen och ett i plagioklasen ofta uppträdande malmstoft utgör motiven för den redan tidigare i detta arbete (sid. 25) använda termen hyperitisk norit.

Allt efter omvandlingsgraden uppträder hornblände i större eller mindre mängd. Hornbländet är en blekpleokroitisk, ur pyroxen bildad uralit. De helturalitiserade varieteterna har ofta undergått förskifring (fig. 22—23).

Malm (titanomagnetit) uppträder dels som spridda större och mindre korn, dels som stoftsvärmar eller som spolformade, i vissa plan orienterade s. k. mikroliter i huvudmineralen, främst augiten. I övrigt träffas småkorn av apatit.

En kemisk analys av hyperitisk norit från trakten sydväst om Tuve k:a återfinnes i tab. III. Spektralanalys av samma bergart, utförd i S. G. U:s geokemiska laboratorium, har lämnat följande spårelementhalter:

Vanadium	320 g/ton
Krom	200 »
Kobolt	160 »
Nickel	130 »

Denna sammansättning erinrar starkt om det vid Vänerens södra strand belägna Rackebymassivets malmrika norit (P. H. Lundegårdh 1957, sid. 31):

Vanadium	1 100 g/ton
Krom	200 »
Kobolt	180 »
Nickel	150 »

Rackebymassivet, som nyligen ingående beskrivits av G. Stålhös (1958) visar både vad gäller den bevarade noritens och omvandlingsbergarternas petrografi stark överensstämmelse med den del av Göteborgstraktens norit, som anstår öster om Hisingen. Man finner sålunda lokal omvandling till granatamfibolit på båda hållen.

Omgivningen är i bägge fallen pregotisk, men sengotisk metamorfos har drabbat icke endast berggrunden öster om Hisingen utan även, enligt opublicerade undersökningar av W. Larsson, den del av Västergötland, i vilken Rackebymassivet ingår. Likhetera mellan metanoriterna i dessa områden är således ganska naturlig.

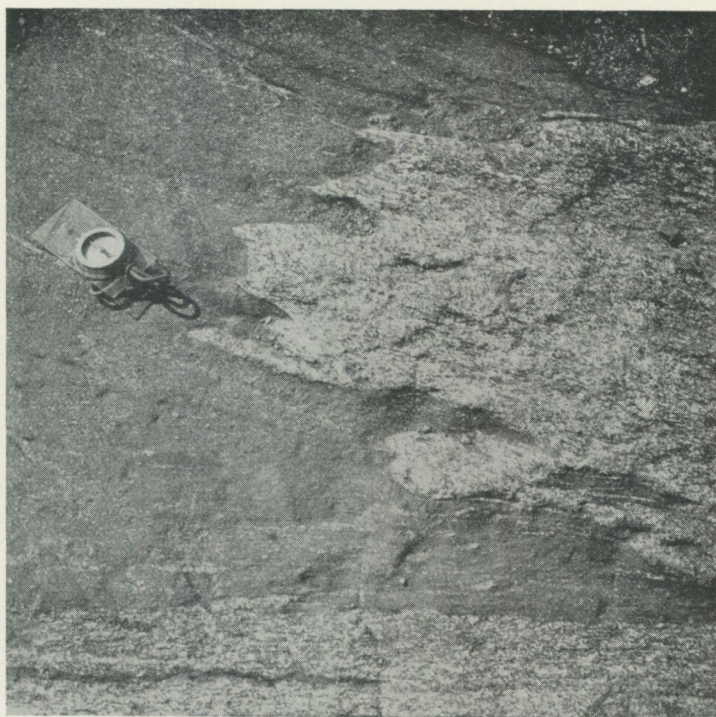


Fig. 24. Metabasit penetrerad av lätt förskiffrad plagioklasgranit (Åmålgranit). Högsbotorp ung. 4 km öster om Långedrag, i Göteborg.
Foto P. H. Lundegårdh 1956.

Metabasite penetrated by slightly schistose plagioclase-granite (Åmål granite). About 4 km to the east of Långedrag, in Göteborg (Gothenburg).

Ultrabasit, gabbro, diorit, kvartsdiorit

I stråket av sengotiska ytbergarter på östra Hisingen förekommer mellan 2 och 2½ km öster om Säve k:a en horisont av grönsvart, starkt pressad, ställvis ultrabasisk grönsten, i vilken hornblände nu dominerar. Denna amfibolitiska bergart går över i delvis mera massformiga, hornbländegabbroida och dioritiska basiter (jfr nedan). Grytet inom förekomsten växlar i regel mellan medel- och finkornigt, men hornbländet kan ibland bli genomväxande och bildar då grövre individ. Plagioklasen, som ursprungligen varit ganska kalkrik i massivets gabbroida delar, är nu starkt omvandlad.

Basiterna öster om Säve k:a genomsättes av grå, sengotisk granit av Åmåltyp (sid. 58) men synes själva tidigare ha intruderat i traktens ytbergarter.

På flera ställen inom Göteborgslandet uppträder svartgrå, medelkornig diorit och kvartsdiorit, oftast med massformig struktur, dels som smärre massiv i anslutning till basisk granit av Åmåltyp, t. ex. på Lilla Överön i Torsby s:n (fig. 35), dels som brottstycken i andra bergarter (fig. 31 och 36), dels, slutligen, som omvandlingsprodukter av basiska vulkaniter och noritiska lagergångar. I det sistnämnda fallet blir grytet gärna något småkornigare.

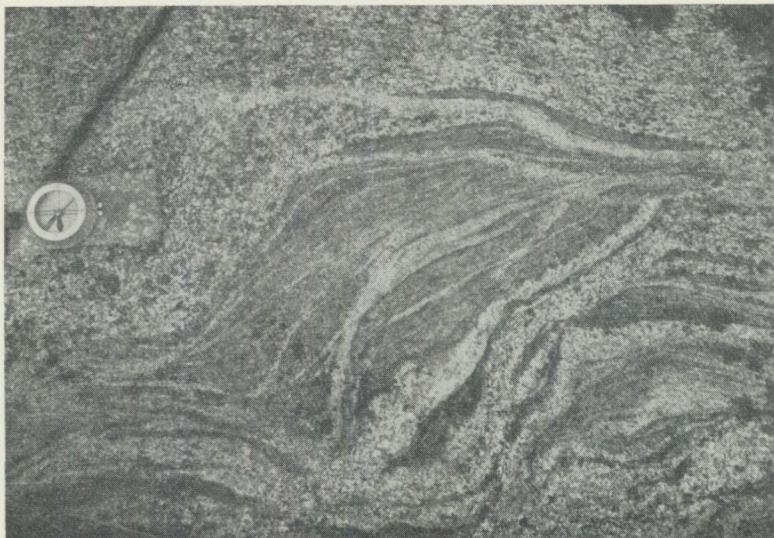


Fig. 25. Sedimentgnejsrester i basisk granit (Åmålgranit). 4 km VSV om Säve k:a (vid Kvillehed). P.H. Lundegårdh 1953.

Remnants of sedimentary gneiss in basic granite (Åmål granite). 4 km W.S.W. of Säve church.

Dioritbergarterna består av hornblände, andesin, biotit, kvarts (mycket underordnad i dioriten, vanligare i kvartsdioriten), titanit, oxidmalm (sannolikt titanomagnetit), kis och apatit i nu nämnd rangordning. Sekundär epidot har ofta stor utbredning, liksom ibland även klorit av pennintyp.

De nu skildrade bergarterna intar i fråga om bildningstiden en position mellan de sengotiska ytbergarterna och Åmål—Kroppefjällsgruppens graniter. I tab. II har det synts mig rimligt att hänföra dem till Åmål—Kroppefjällsgranitgruppen bland annat av den anledningen, att de vad texturen beträffar har djupbergartskaraktär — till skillnad från de ovan betraktade, ofta diabaslika noriterna. Kvartsdioriten övergår dessutom på sina håll mjukt i basisk granit av Åmåltyp.

Dioritbergarternas härkomst låter sig icke alltid fastställas. Oomtvistligt intrusiva drag saknas i regel. Vissa dioriters och kvartsdioriters nära samhörighet med den intrusiva Åmålgraniten kan dock ge skäl till förmodan om ett eruptivt ursprung. Andra förekomster av dessa basiter ansluter sig däremot till suprakrustala grönstensstråk på ett så intimt sätt, att man i dem får se blott och bart produkterna av en starkt mineralomvandling och rekristallisation av forna tuffer och lavar eller av lagerformigt intruderade noriter. Så är exempelvis fallet på sina håll öster om Långedrag. Denna metamorfos får i tiden lokaliseras till den primorogena fasen av den sengotiska veckningen, d. v. s. till det utvecklingskede, som i övrigt kännetecknas av Åmål—Kroppefjällsgranitgruppens bildning.

Primorogen granit och gnejsgranit

De graniter, som bildats under huvudfasen av den sengotiska orogenesisen och därför benämnes primorogena eller synkinematiska, låter sig uppdelas i fyra huvudgrupper:

Gråröd till rödgrå, grovt mikroklinporfyrisk, halvsur till intermediär granit (ögongranit benämnd Askimgranit).

Gråröd till röd, sur, vanligen medelkornig granit.

Rödgrå till grå, intermediär, fin- till medelkornig granit (bl. a. småkornig Frölundagranit och fint medel- till medelkornig plagioklasgranit).

Mörkgrå, basisk, medelkornig granit (Åmålgranit), som ibland går över i kvartsdiorit.

De inbördes åldersförhållandena anges på ett ungefär av den ordning, i vilken bergarterna följer i detta schema. Dock gäller de reservationerna, att i Askimgraniten endast ögonen är yngre än schemats övriga bergarter, samt att graniter av olika sammansättning i stor utsträckning har bildats samtidigt genom omvandling (granitisering) på den plats, där de ännu träffas (*in situ*), ehuru givetvis på betydande djup under den dåtida jordytan.

Genom att den sengotiska orogenesisen ingalunda var avslutad i och med att de nu behandlade graniterna bildats, har dessa i stor utsträckning drabbats av förskiffring, d. v. s. överförts i gnejsgraniter. Längs överskjutningsplan i berggrunden är förskiffringen särskilt stark, så som redan tidigare visats vara fallet vid Kungsbackafjorden (P. H. Lundegårdh 1952).

De sengotiska primorogena graniterna i Sydvästsverige sammanfattas, som nämnts redan i inledningen, under namnet Åmål—Kroppefjällsgranitgruppen. Till denna grupp räknas också de primorogena djupgrönstenarna. Gruppens namn härleder sig från den grå basiska graniten i trakten av Åmål och den röda sura graniten på Kroppefjäll i Dalsland.

Åmål—Kroppefjällsgraniterna bildar inom Göteborgsbladet ett brett stråk mellan Stora Le—Marstrandsserien i väster och den sengotiska ytserien (Åmålserien) i öster. Båda dessa ytserier innehåller dessutom större och mindre granitförekomster och är i stor utsträckning sönderspjälkade av granit. Sålunda har den sengotiska ytseriens kvartsit jämte åtföljande bergarter skilts från serien i övrigt och träffas nu intill Stora Le—Marstrandsserien i väster.

Medan större delen av Askimgraniten samlar sig till ett stråk väster intill den alkalina gnejsen och Frölundagraniten är koncentrerad till sydvästra delen av Göteborg, uppträder de övriga primorogena granitvarieteterna mera oregelbundet (pl. 1). En mycket stor del av den intermediära graniten utgöres av grå plagioklasgranit, som under tilltagande halt av mörka mineral går över i Åmålgranit.

Huvudparten av de sengotiska primorogengraniterna har ett intrusivt utträdande, vilket belyses av fig. 22—27. Frölundagraniten och den sura graniten utgör emellertid väsentligen *in-situ*-omvandlade ytbergarter. Den förra har sålunda visat sig vara ett derivat av Stora Le—Marstrandsseriens bergarter (P. H. Lundegårdh 1953 b, sid. 40), medan den senare härrör från samma sediment, som givit upphov till de sura gnejserna (*op. cit.*, sid. 42). Delar av Askimgra-



Fig. 26. Intermediär grå granit med sedimentgnejsrester. 1.5 km VNV om Torsby k:a (nära Råckeröd). Foto P. H. Lundegårdh 1955.

Intermediate grey granite with inclusions of sedimentary gneiss. 1.5 km W.N.W. of Torsby church.

niten har också avslöjat sig som produkter av *in-situ*-granitiseringar. Både vid Högsbo fältspatbrott, vid Stigbergskajen och i trakten av Tuve k:a övergår sålunda det till den alkalina gnejsen knutna konglomeratet (fig. 18) i Askimgranit.

Den basiska primorogengraniten — *Åmålgraniten*, är hypidiomorf till, och företrädesvis, xenomorf. Den består huvudsakligen av basisk oligoklas ($An = 25-30\%$) eller, ibland, sur andesin, kvarts, biotit och hornblände jämte mindre mängder av titanit, oxidmalm och apatit. Mera sporadiskt uppträder mikroklin, svavelkis, zirkon och ortit. Hornbländehalten är icke sällan låg. Sekundär epidot¹ förekommer i regel och ingår ofta bland huvudmineralen. Epidoten har bildats på bekostnad av hornbländet och plagioklasen. Klorit av pennintyp har i många fall också stor utbredning. Plagioklasen har flerstädes kristalliserat om under avkalkning, varvid kalken bundits i de svärmar av små idiomorfa epidotkristaller, som nu kan iakttagas i mineralet.

¹ Jfr sid. 48 samt avsnittet om Askimgraniten längre fram i detta kapitel.

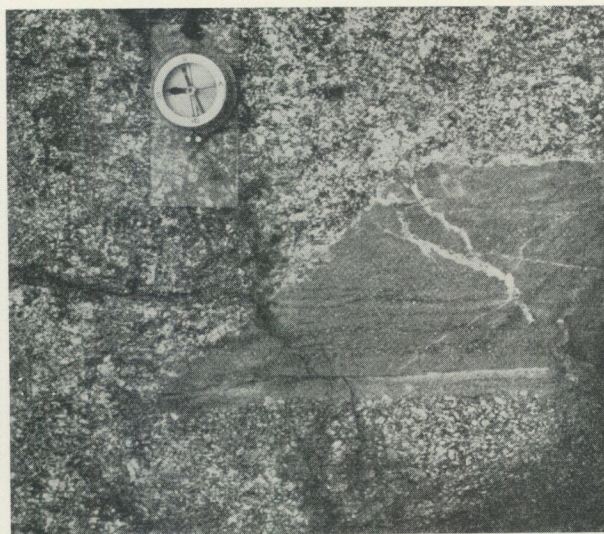


Fig. 27. Brottstycke av sedimentgnejs i ojämn intermediär granit. Vid landsvägen på Lilla Överön (NÖ intill Stora Överön), Torsby s:n. Foto P. H. Lundegårdh 1954.

Xenolith of sedimentary gneiss in intermediate granite of variable grain size. In the north-eastern vicinity of St. Överön.

Åmålgraniten är ofta förskiffrad — gnejsgranitomvandlad. Kvartsen har i dessa fall krossats och samlar sig vid svårare tektonisering, t. ex. vid Göta älv öster om Säve k:a, till skikt längs S-ytorna. Även de mörka mineralen följer skiffrihetsplanen. Plagioklasindividerna är ibland böjda.

Den vanligaste formen av gnejsgranitomvandling är dock icke planförskiffring utan lineärförskiffring (jfr fig. 30). Mineralen visar här en svagare eller starkare tendens till bildning av sinsemellan parallella stänglar. Strukturen kallas därför stänglighet.

Tektoniseringen skall behandlas närmare i ett följande avsnitt (sid. 75 ff).

Plagioklasgraniten är lik Åmålgraniten om än ljusare till följd av en lägre halt av mörka mineral. Hornblände saknas vanligen, medan i gengäld halten av mikroklin ofta ökat. Plagioklasen är också surare ($An = 20$ à 25%). Ortit och zirkon är något vanligare än i Åmålgraniten.

Plagioklasen kan ibland bilda små ögon av genomväxande natur, med inneslutna småkorn av andra mineral. Mikroklinen är sent kristalliserad och bildar därför gärna långsmala vindlande individ längs gränserna mellan kvartsen och plagioklasen, vilket senare mineral den i någon mån löst upp för att bereda utrymme åt sig.

Frölundagraniten är mikroklinrikare än plagioklasgraniten och innehåller dessutom muskovit. Den är sällan märkbart förskiffrad men innehåller här och var spöklika, sins emellan parallella rester av de till Stora Le—Marstrands-serien hörande ytbergarter, ur vilka den uppkommit. Muskovithalten antyder, att den väsentligen utgör ett glimmerskifferderivat. Sin största utbredning har



Fig. 28. Porfyrisk, lätt förskiffrad granit — Askimgranit. Säve k:a. Foto P. H. Lundegårdh 1953.

Porphyritic, slightly schistose granite — Askim granite. Säve church.

Frölundagraniten inom norra delen av Säröbladet (se vidare P. H. Lundegårdh 1953 b, sid. 39—40, där granitens natur närmare beskrives).

En annan typ av intermediär granit har grövre gry än Frölundagraniten och saknar muskovit men påminner i övrigt om denna. Delvis har den i likhet med Frölundagraniten uppstått genom granitisering *in situ*, men mestadels visar den ett tydligt intrusivt uppträdande.

Den intermediära granit, som förekommer i gnejsstråket norr om Göteborg, har ibland nästan helt granulerats genom förskiffning men har sedermera kristalliserat om, sannolikt under den sengtotska orogenesens slutfas. Den har härigenom blivit svår att skilja från den homogena intermediära suprakrustal-gnejsen i stråket, vilken senare dessutom genom en samtidig omkristallisation blivit granitisk.

Den *sura graniten* består av mikroklin, kvarts och oligoklasalbit, oftast i nu nämnd rangordning, vartill kommer växlande mängder av biotit. Ett vanligt mineral är också magnetit. Småmineralen utgöres av epidot, muskovit, zirkon, titanit och apatit. Någon gång förekommer dessutom ortit.

Bergarten är sålunda en mikroklingranit, och den visade sig redan vid undersökningen av Säröbladets berggrund utgöra omvandlad sur gnejs ur den sengtotska ytserien (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 36—37). Den har mestadels samma ursprung i Göteborgstrakten. På Hisingen finner man sålunda i alkali-gnejsstråkets östra del successiva övergångar mellan ordinär gnejs och mikroklingranit. De större förekomsterna av mikroklingranit inom Göteborgsbladets

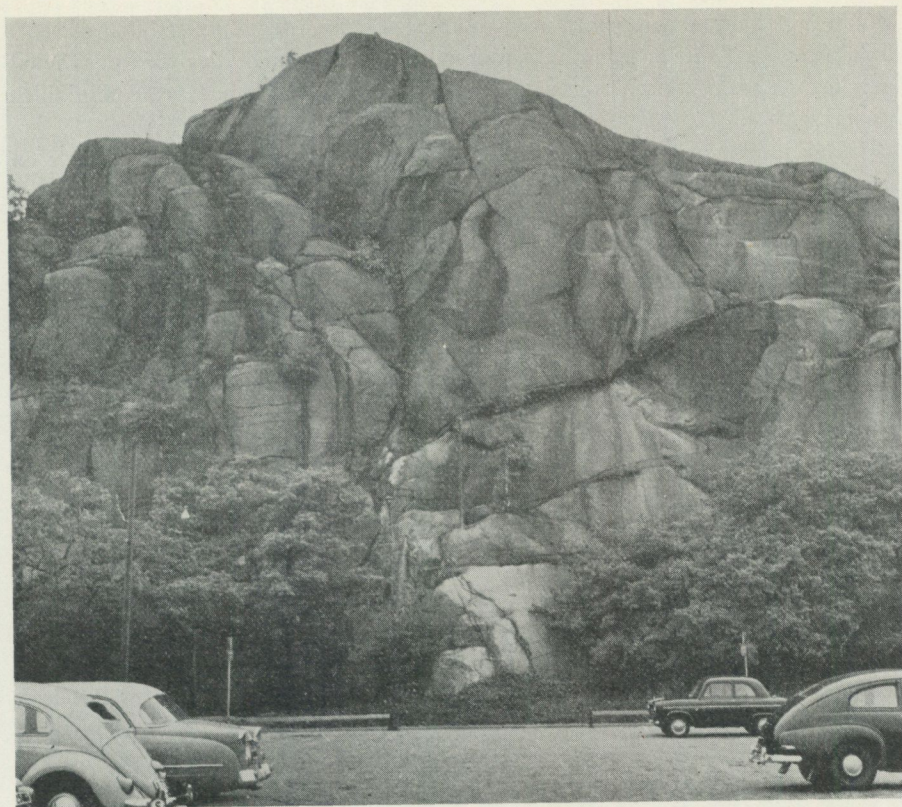


Fig. 29. Blotning av Askimgranit. Rambergets södra brant, drygt 1 km öster om g:la k:an i Lundby (den norra å pl. 1). Foto P. H. Lundegårdh 1957.
Outcrop of Askim granite (porphyritic granite). Ramberget about 1 km to the east of the northern church in Lundby.

område inordnar sig också gärna i ytbergarternas stryknings-stupningplan. Ställvis har dock mikroklinggraniten mobiliserats och slår igenom den äldre berggrunden, så som visas i fig. 35.

Askimgraniten kännetecknas först och främst av sina grova, skära eller röda mikroklinögon (fig. 28). Den är ofta starkt förskiffrad (fig. 22, 23 och 30). Förskiffringen är av samma karaktär som i den basiska graniten (se ovan), men genom att bergarten är porfyrisk, böjer planförskiffringen i regel runt ögonen, vilka samtidigt ofta pressats till linsform.

En ingående beskrivning av Askimgranitens förskiffring finns i beskrivningen till kartbladet Onsala (P. H. Lundegårdh 1952, sid. 27—30). Här visas också, att det finns en generation av ögon, som är yngre än förskiffringen. Dessa ögon växer igenom skiffrihetsplanen och är helt oskadade. De synes ha bildats under den avslutande gotiska ådergnejsomvandlingen (sid. 64 ff), delvis genom jonutbyten med den alkalina gnejsen (sid. 47).

De äldre ögonen hör intimt samman med graniten själv och utgör av allt att döma de sista kristallisationsprodukterna av de granitbildande lösningarna.

Genom att bergartens grundmassa förelåg färdig, när ögonen började att bildas, har dessa fått en genomväxande karaktär. De innehåller med andra ord rester av sådana mineral, som lösts upp vid ögonbildningen, främst plagioklas och kvarts.

Mikroclinögonen, som mäter mellan 0.5 och 5 cm i diameter, består av en eller ett par idiomorfa eller hypidiomorfa kristaller, ofta utbildade som karlsbadtvillingar och gärna pertitiska (termförklaring på sid. 19). De äldre ögonen har mestadels spräckts sönder i samband med förskiffringen.

Ögonen ligger utströdda i en finkornig, övervägande xenomorf grundmassa sammansatt av kvarts, oligoklas och biotit jämte växlande och icke alltid så stora mängder av mikroclin. Järnrikt, svart hornblände uppträder då och då, ibland i rätt stora kvantiteter, t. ex. vid Säve k:a, där också tidigt kristalliserad, starkt omvandlad, sur andesin iakttagits. Andesinen bildar förhållandevis stora, delvis tavelformade individ, som ofta omges av ett friskt, senare bildat oligoklashölje. Oligoklas finns i Sävetypen dessutom rikligt som smärre korn i grundmassan.

Omvandlingsmineralet epidot är alltid närvarande och flerstädes i stora mängder. Klorit av pennintyp förekommer också. I mycket stor omfattning har dessa mineral bildats under den avslutande gotiska ådergnejsjepoken (se sid. 64 ff).

Småmineralen utgöres av titanit, apatit, ortit, svavelkis, oxidmalm och zirkon.

De gamla andesinkristallerna i Askimgraniten vid Säve k:a har stort petrogenetiskt intresse. De visar, att bergarten ursprungligen utgjort en basisk granit, kanske till och med en kvartsdiorit. I samma riktning pekar även den relativt höga hornbländehalten.

Askimgraniten utgör i själva verket flera slags bergarter, huvudsakligen dock basiska och intermediära graniter, vilka påverkats av de sura granitiska restlösningarna och, något senare, av migmatitiseringsmetasomatosen. Som redan nämnts, har också ytbergarter drabbats av ögonbildningen och därigenom fått Askimgranithabitus, bl. a. konglomeratet väster intill den alkalina gnejsen.

Även om en del av de ovan beskrivna graniterna visar relikta ytbergartsdrag, har dock huvudparten av dem ett intrusivt uppträdande i förhållande till den äldre berggrunden och torde därför ha kristalliserat ur silikatmaterial i flytande fas, om som högtempererade magmor eller som lågtempererade lösningar kan dock oftast icke avgöras. I vissa fall får man emellertid räkna med intrusivliknande breccieringar åstadkomna genom lokala volymförändringar vid *in-situ*-granitisering genom jonutbyten (se Ljunggren 1954) eller genom sönderbrytning orsakad av tektoniska rörelser (rivningsbreccior).

De intrusiva magmorna och lösningarna har uppstått till följd av tektoniska processer. Nyare forskning inom skilda delar av vår jord har visat, att de väsentligen hämtat sitt silikatmaterial ur bergarter djupt nersänkta genom veckning, både ytbergarter och äldre djupbergarter. Sammansättningen av

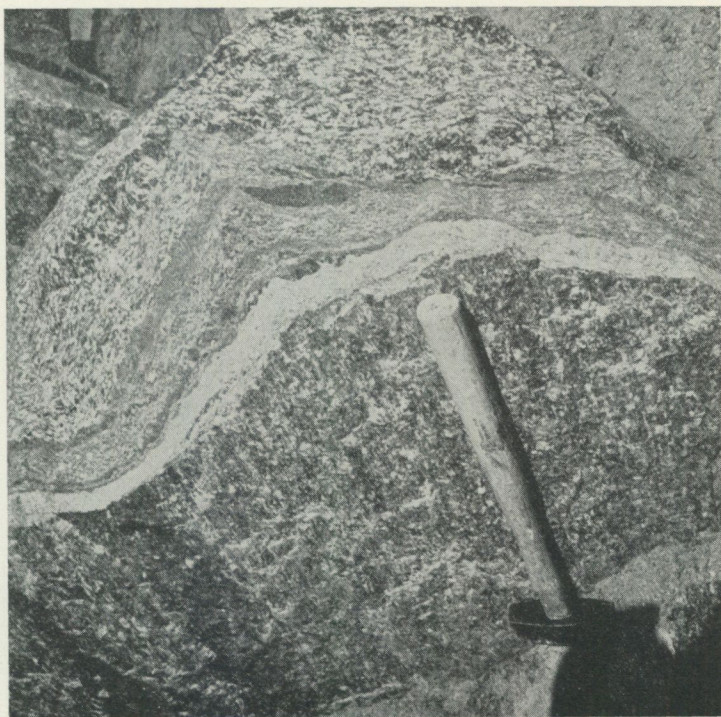


Fig. 30. Stark lineärstruktur (stänglighet) i Askimgranit med gnejsskiva längs den väl utvecklade planförskiffringen. Högsbotorp ung. 4 km öster om Långedrag, i Göteborg. Foto P. H. Lundegårdh 1956.

Strong lineation in Askim granite (porphyritic granite) with inclusion of gneiss parallel to the S-planes. About 4 km to the east of Långedrag, in Göteborg (Gothenburg).

dessa upplösta bergarter kan ha varierat starkt även inom varandra närbelägna formationsled, men genom upplösningen har en utjämning av de kemiska differenserna — en homogenisering — kommit till stånd.

De primorogena graniternas kristallisation skall ha ägt rum under sådana tryckförhållanden, att pegmatit icke kunnat avskiljas ur de sura, kalirika restlösningar, som är kännetecknande för varje granitbildningsepok. Dessa lösningar har därför tvungits att under upplösning av redan kristalliserade mineral bereda plats för en del av sitt elementinnehåll. Så har Askimgranitens äldre ögon tillkommit. Även angränsande bergarter, och särskilt då de omvandlingskänsliga sura sedimenten, har angripits, med partiell mikroklingranitbildning som följd.

Genom denna kalimetasomatos ökade givetvis halten av natrium starkt i de ännu kvardröjande lösningarna och skapade en av förutsättningarna för natronmetasomatosen under den sengotiska orogenesens sista skede — migmatitiserings epoken. Vad som nu kom att ske, skall skildras i det närmast följande kapitlet.

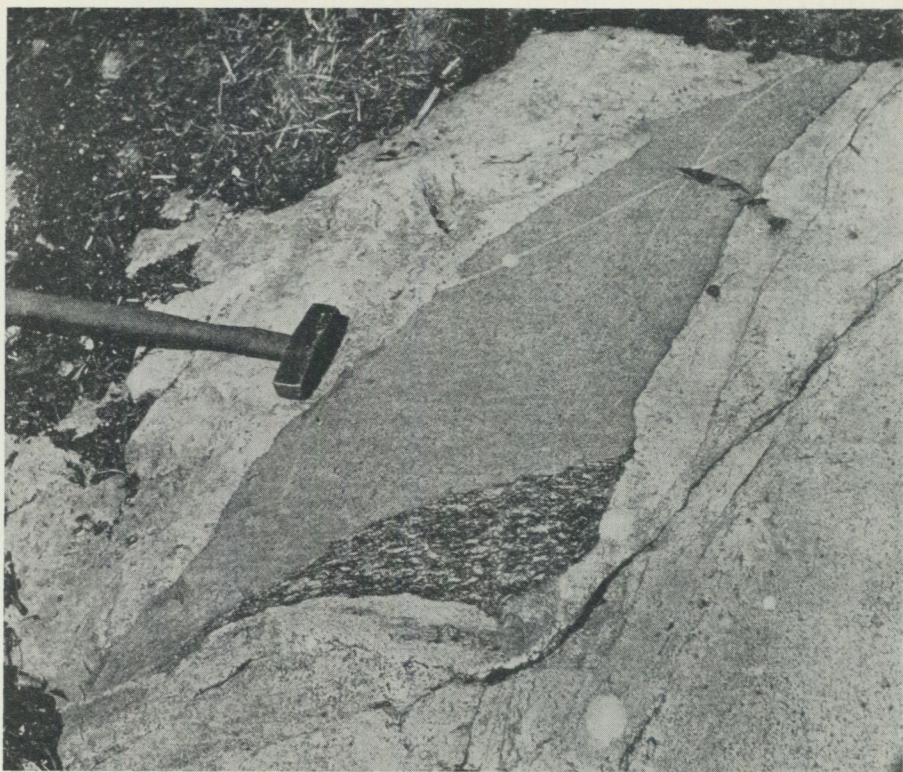


Fig. 31. Inneslutning i ljusare granit av mörkare, mobiliserad och homogeniserad gnejs med brottstycke av kvartsdiorit. 5 km SV om Torsby kyrka (på Härholmen).

Foto P. H. Lundegårdh 1955.

Inclusion in pale granite of dark, mobilized and homogenized gneiss with xenolith of quartz-diorite. 5 km S.W. of Torsby church.

Ådergnejs, serorogen granit, pegmatit

De bäst bevarade delarna av Stora Le—Marstrandsserien träffas i glimmer-skifferfacies (fig. 8) mellan Marstrand och Kungälv — i västra delen av Solberga s:n och norra delen av Lycke s:n. Mot norr och mot söder ökar metamorfosgraden. I Göteborgsskärgården och på västra delen av Hisingen är ådergnejsbildningen redan ett fullbordat faktum, medan övergångsbergarter har stor utbredning inom sydvästra delen av Inland.

Ådergnejsbildningen är av två slag, dels en småslirighet äldre än Åmål—Kroppefjällsgranitgruppens bergarter (fig. 26), dels en yngre, merendels kraftig granit-, aplitgranit- eller pegmatitådring (fig. 9—10), som står i ett intimt förhållande till intrusioner av pegmatit, granit och mobiliserad gnejs i Åmål—Kroppefjällsbergarterna (fig. 31—36). De senare har dock i övrigt motstånd migmatitisering, något som också är utmärkande för huvudparten av Åmålseriens bergarter.

Ådergnejsbildningen har uppenbarligen haft allt lättare att komma till stånd, ju kalirikare och ju mera skifferartad berggrunden varit. Därför har

Stora Le—Marstrandsseriens mikroklinrika glimmerskiffer blivit så starkt drabbad av ådergnejsbildningen, men därför har också kvartsiten, de basiska gnejserna och metabasiterna i denna serie bibehållits oförändrade i vida högre grad än den dominerande glimmerskiffern (jfr fig. 12).

I de till tvåglimmergnejs överförda delarna av sedimentskiffern har i första hand de surare skikten undergått migmatitisering. Tvåglimmergnejsen i sin helhet har också varit väl ägnad för plastisk deformation och småveckning under den avslutande fas av den sengtiska orogenesisen, som skapat förutsättningar för migmatiteringen (fig. 11). Kvartsiten och metabasiterna har däremot förhållit sig styvare. Därför har de ofta brutits sönder (fig. 13—14).

Ett närmare studium av den sliriga tvåglimmergnejsens byggnad visar, att bergartens kalifältspat samlats i de ljusare, pegmatitiska och granitiska ådrorna, medan de mellanliggande, mörkare och merendels småkorniga skikten är mycket fattiga på detta mineral. Kalium föreligger här huvudsakligen som beståndsdel i ljus glimmer (muskovit). Även den ljusa glimmern är dock koncentrerad till de pegmatitiska och granitiska ådrorna, varför det över huvud taget råder en stor skillnad mellan kalihalterna i bergartens ljusare och mörkare delar.

Då denna differentiation av kalium i olika horisonter av de ursprungligen lagrade och sedan förskiffrade ådergnejsbergarterna synes vara sekundär, måste man gå tillbaka till primärmaterialet för att få en bild av de omvandlingsprocesser, som ägt rum. L. Bergström (1957) har undersökt glimmerskiffern vid Tjuvkil mellan Marstrand och Kungälv — en av typlokalerna för den glimmerskiffer, som givit upphov till Göteborgstraktens tvåglimmergnejs. Han rapporterar huvudmineralen kvarts, kalifältspat, oligoklasalbit (i mängd underordnad kalifältspaten), muskovit och biotit. Kalihalten är alltså väsentligt högre än natronhalten, så som regeln är i lågmetamorfa, på lersubstans rika (argillitiska) sediment.

En natronmetasomatos måste alltså ha träffat glimmerskiffern för att man skall ha kunnat få den bergart, som nu representeras av de kalifattiga skikten i ådergnejsen. Studier av inneslutna skifferderivat i Åmål—Kroppefjällsgruppens graniter antyder, att natronmetasomatosen är yngre än granitbildningen. Den synes ha igångsatts av de natronrika restlösningar, som fanns kvar i berggrunden efter det att Askimgranitens första, och viktigaste, generation av mikroklinögon uppstått (se ovan). Samtidigt har dessa lösningar medverkat till bildandet av hornbländet i oligoklaskvartsiten (se sid. 40)¹ samt hornbländet och pyroxenen i den alkalina gnejsen (se sid. 44).

I oligoklaskvartsiten synes utvecklingsgången ha varit den, att angränsande metabasitbäddar fått ett natriumtillskott med ty åtföljande plagioklasbildning, varvid uppkommit en sekundär basisk front bestående av joner utstötta ur metabasiten. Denna front har med biträde av natriumjoner från de primära omvandlande lösningarna åstadkommit hornbländebildningen i oligoklas-

¹ För bedömningen av åldersfrågan är det synnerligen betydelsefullt, att N. H. Magnusson (1929, sid. 13) inom Gillbergaskålen iakttagit likartad hornbländebildning i sengtisk primorogengranit (granit tillhörande Åmål—Kroppefjällsgruppen).



Fig. 32. Mobiliserad sur gnejs med brottstycke av grå gnejsgranit (Åmålgranit). 2.5 km NNV om Björlanda k:a. Foto P. H. Lundegårdh 1954.

Xenolith of grey gneiss-granite (Åmål granite) in mobilized acid gneiss. 2.5 km N.N.W. of Björlanda church.

kvartsiten. Sannolikt har samtidigt även en höjning av oligoklashalten i kvartsiten ägt rum. Denna höjning kan dock icke ha varit stor, enär, som redan blivit nämnt, den stratigrafiskt ovanpåliggande basiska tuffiten innehåller väl bevarade små kvartsitbollar med ungefär samma oligoklashalt men utan sekundärt hornblände, bollar, som alltså synes ha undgått metasomatos.

I den alkalina gnejsen har, som också skildrats i det föregående, natronmetasomatosen väsentligen resulterat i bildningen av hornbländen sådana som riebeckit och arfvedsonit, samt lokalt av ägin.

I ett nyligen utkommet arbete betonar P. Ljunggren (1957, sid. 130) just denna händelseutveckling vad gäller sedimentens metasomatos i Göteborgstrakten — nämligen att den egentliga ådergnejsbildningen måste ha föregåtts av en natronmetasomatos (albitisering). Den egentliga ådergnejsbildningen är nämligen väsentligen produkten av en kalimetasomatos. Givet är också, att det omfattande utbyte av natrium mot kalium, som Askimgranitbildningen i den primorogena utvecklingens slutskede innebar, icke direkt kunde skapa förutsättningar för uppkomsten av ådergnejser. Natriumöverskottet i restlösningarna måste dessförinnan förbrukas.

Detta kunde dock icke ske, förrän den sent primorogena, i förskiffring och överskjutningar resulterande sammanpressningen av berggrunden upphört.

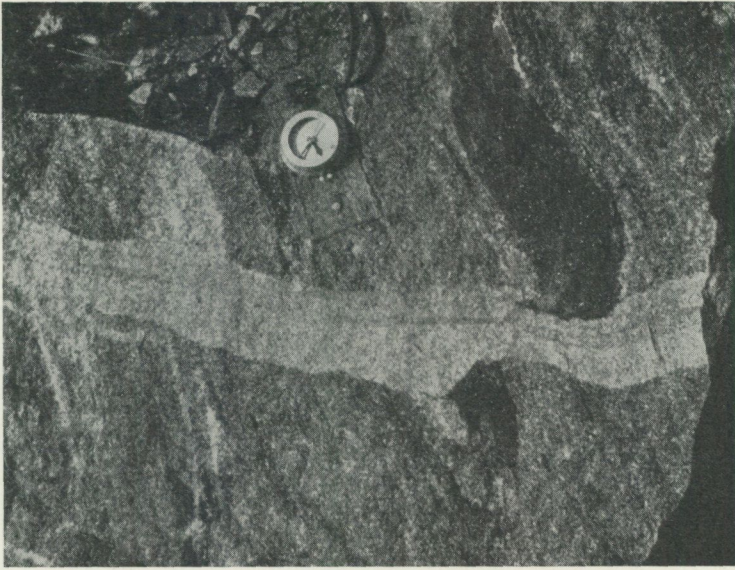


Fig. 33. Gång av gråvit sur småkornig granit genom sedimentgnejs med metabasitrester. 4 à 4.5 km SSV om Torsby k:a. Foto P. H. Lundegårdh 1953.

Dike of grey white fine-grained acid granite in sedimentary gneiss with remnants of metabasite. 4 à 4.5 km S.S.W. of Torsby church.

Det fanns helt enkelt icke plats för lösningarna tidigare. När trycket lättade, trängde de emellertid upp längs S-ytorna och bytte in sitt natrium mot andra joner i berggrunden. Hårdast drabbades glimmerskiffern, där S-ytorna var bäst utvecklade, och här frigjordes i första hand kalium. Småningom skapades på så vis i serorogen (sent orogen) tid förutsättningarna för en kalimetasomatos, som även den utnyttjade S-ytorna. Kompressionen hade samtidigt förbytt i tänjning med avglidningar (förkastningar) längs berggrundens svaghetszoner som följd (P. H. Lundegårdh 1952, sid. 35—36), och de till metasomatos strävande lösningarna hade genom assimilation i mycket stor utsträckning erhållit granitisk sammansättning. Därför kunde icke blott ådror bildas genom elementutbyten och partiell upplösning av de drabbade bergarterna utan även separata gångar och massiv av granit och pegmatit uppstå.

Ådrorna bildades först, och de följer i stort sett S-ytorna. Ju längre från djupet de omvandlande lösningarna (migmatitfronten) avancerade, desto starkare förändringar underkastades de partier av berggrunden, som tidigast invaderades av lösningarna. Plastiska deformationer inträffade här, och S-ytorna kom att vindla på det karakteristiska sätt, som iakttages i de flesta ådergnejsjer.

Gångarna och massiven bildades senare, när berggrunden på nytt hade begynt att stabiliseras. De yngsta gångarna är följaktligen de tektoniskt minst påverkade, så som jag påpekat redan i beskrivningen till kartbladet Onsala (P. H. Lundegårdh 1952, sid. 38). De har i Göteborgstrakten ofta västnord-

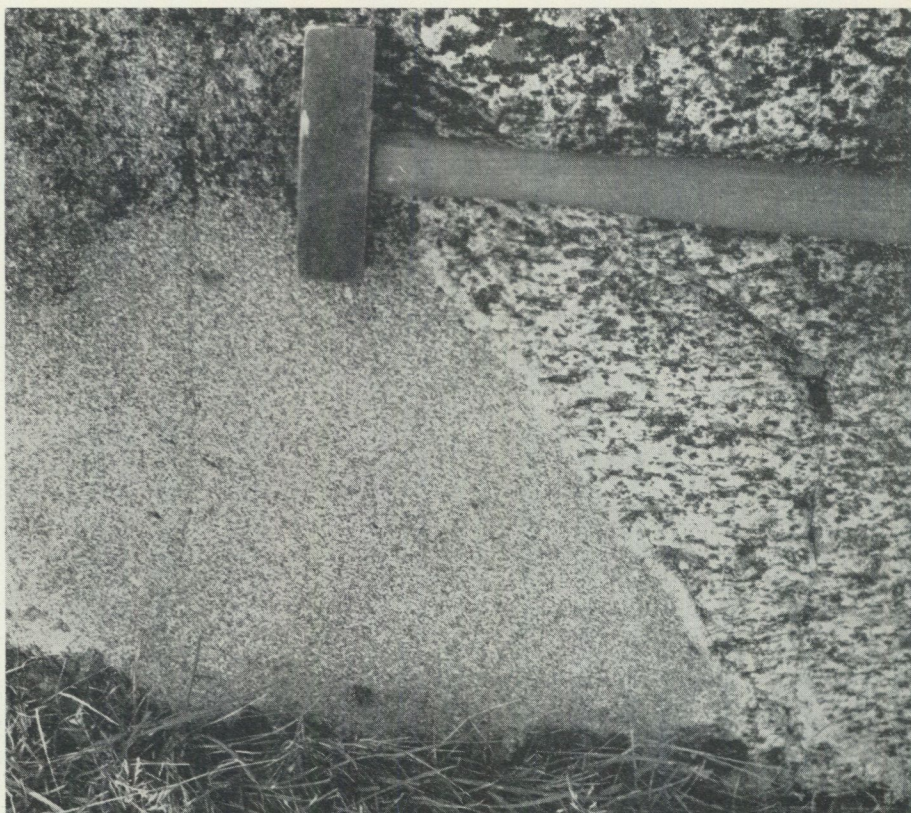


Fig. 34. Grå gnejsgranit genomslagen av grå sur småkornig granit. Kontakten markeras av en smal pegmatitisk rand. 2.5 km NNV om Björlanda k:a. Foto P. H. Lundegårdh 1954.
Grey gneiss-granite cut by fine-grained grey acid granite. The contact is marked with a narrow rim of pegmatite. 2.5 km N.N.W. of Björlanda church.

västlig eller nordnordöstlig orientering. Så löper t. ex. den stora pegmatitgången vid Högsbo i södra delen av Göteborg mot VNV och en annan bred pegmatitgång längst i väster på Hisingen mot NNÖ¹. De har alltså utnyttjat samma sprickor, i vilka diabasmagmorna trängt upp (se följande kapitel).

Göteborgstraktens sura gångar består dels av mobiliserad gnejs, dels av granit, dels, slutligen, av pegmatit. Gångarna av mobiliserad gnejs är äldst och följaktligen starkast tektoniserade. De uppträder på sina ställen i Åmål—Kroppefjällgranitgruppens bergarter, där dessa gränsar mot surare ytbergarter (fig. 32). Deras ålder framgår ur förhållandena på de lokaler, där de kommer i kontakt med de övriga gångbildande, sura bergarterna (fig. 31).

Granitgångarna (fig. 33—36) visar en småkornig sur, ofta lätt förskiffrad bergart av rödgrå eller grå färg. Huvudmineralen utgöres av kvarts, oligoklas, mikroklin, biotit och muskovit. Den sistnämnda beståndsdelens är ofta underordnad och kan ibland försvinna helt. Även halten av mikroklin kan sjunka,

¹ Genom ett tekniskt missöde har den sistnämnda gången på pl. I fått svart diabasbeteckning.

dock aldrig lägre än att mineralet fortfarande utgör en väsentlig beståndsdel. Epidot uppträder ofta i icke obetydlig mängd, medan de egentliga småmineralen består av apatit, oxidmalm och/eller titanit samt ortit.

Som framgår av växlingarna i muskovit- och mikroklinhalterna, varierar kali-natronförhållandet starkt i granitgångarna. Orsaken härtill torde vara följande. Medan pegmatitgångarna kristalliserat sist och ur ådergnejsepokens tämligen homogena, kalirika restlösningar, har granitgångarna bildats något tidigare, då ännu starka natronkoncentrationer lokalt kunde förekomma (se analysen i tab. III). Gånggraniten torde också på många håll ha tagit starka intryck av sidostenens sammansättning.

Pegmatiten är gråvit till röd, oftast dock rödgråvit. Huvudmineral är grå eller gråvit kvarts, gråvit, skär eller röd mikroklinpertit (ibland grön; se nedan) och vit natronbetonad plagioklas. Halten av den senare fältspaten växlar starkt och är i flera fall låg, t. ex. i gången vid Högsbo. Dessutom förekommer oftast glimmer, såväl biotit som muskovit.

Den sist kristalliserade pegmatiten bildar, som redan blivit nämnt, de skarpast avskärande och mest ostörda gångarna. I denna pegmatit träffas lokalt sådana mineral, vilkas beståndsdelar icke tidigare nått sådana koncentrationer, att de kunnat kristallisera separat. Så är framför allt förhållandet i Högsbo öster som Säröbanan i sydligaste delen av Göteborg, där kalifältspat och kvarts länge brutits och utskränts ur en pegmatit, som för beryll, columbit och monazit (jfr N. Sundius 1950). Det sistnämnda mineralet är starkt radioaktivt och innehåller bl. a. uran.

Karakteristisk för den sist kristalliserade pegmatiten i Göteborgstrakten är även en grön variant av mikroklin, som kallas amasonsten. Dessutom uppträder ibland flusspat.

Pegmatiten är produkten av en långsam kristallisation. Där kristallisationen gått snabbt, i regel genom att moderlösningen förlorat en del av sina mineralisatorer och därför nått sin eutektiska punkt¹, har i stället småkornig aplit bildats — en granitliknande men utpräglad sockerkornig bergart. På flera håll har kristallisationen börjat med pegmatitbildning och sedan övergått i aplitbildning.

Pegmatiten av Högsbotyp, liksom även den unga småkorniga graniten, betraktades tidigare som karelisk (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 40—41). De skulle alltså ha bildats samtidigt med Bohusgraniten, vilken nu hänföres till dalslandium (urbergets yngsta cykel i södra Sverige; jfr inledningen).

Mineralogiskt råder dock den skillnaden mellan Bohusgranitens pegmatit och Högsbopegmatiten, att den förra ibland innehåller magnetit i små mängder och i vissa fall även molybdenglans. Sedermera har också en betydande åldersdifferens kunnat konstateras (1 300 à 1 400 milj. år för Högsbopegmatiten och 900 à 1 000 milj. år för Bohuspegmatiten, så som meddelats redan i inledningen).

¹ Det skede i en bergartskristallisation, då de rådande koncentrations-, tryck- och temperaturförhållanden icke längre tillåter silikatkomponenternas existens i flytande fas.

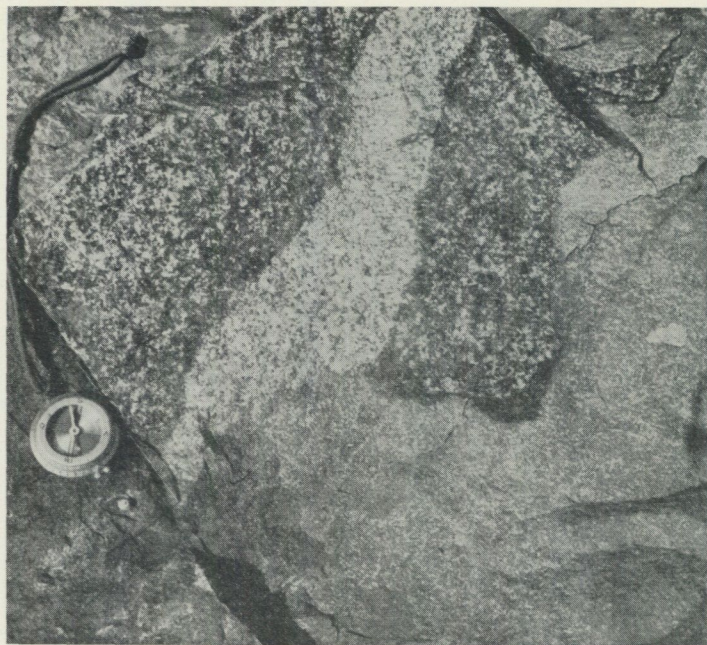


Fig. 35. Kvartsdiorit med ljus intermediär medelkornig granitgång avklippt av grå småkornig granit. Vid landsvägen på Lilla Överön (NÖ intill Stora Överön), Torsby s:n. Foto P. H. Lundegårdh 1954.

Quartz-diorite with dike of intermediate medium-grained pale granite cut by fine-grained grey granite. In the north-eastern vicinity of St. Överön.

Detta innebär naturligtvis icke, att dalslandisk pegmatit skulle saknas i Göteborgstrakten. Den relativa närheten till Bohusgraniten samt förekomsten av till denna bergart knuten pegmatit i skilda delar av sydvästra Sverige gör det tvärtom sannolikt, att även Göteborgstrakten träffats av sura intrusioner i dalslandisk tid. Man kan dock svårligen skilja dessa från de avslutande gotiska intrusionerna utan att noggrant studera de mineralogiska (jfr ovan) och tektoniska förhållandena. En tektonisk analys (sid. 81) leder till, att de mot NNÖ—NÖ orienterade pegmatitgångarna synes kunna vara dalslandiska. De unga granitintrusionerna genomslås däremot på några håll, t. ex. på Näset söder om Göteborg (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 40), av Högsbopegmatit och är alltså sen-gotiska.

Diabasgångar

Översikt

Två slags diabas förekommer i Göteborgstrakten (om man bortser från den tidigare skildrade, ofta diabasliknande noriten), dels äldre, mot NNÖ till NÖ orienterade gångar (fig. 37), dels yngre, VNV—ÖSÖ-liga gångar (fig. 38—39). (Jfr även pl. 1.)

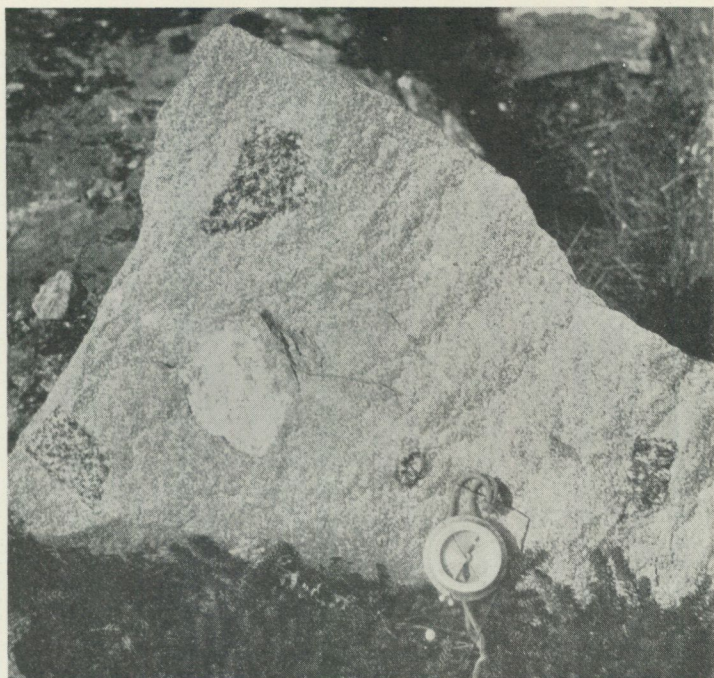


Fig. 36. Brottstycken av kvartzdiorit och sur medelkornig granit i grå småkornig granit. Vid landsvägen på Lilla Överön. Foto P. H. Lundegårdh 1954.

Xenoliths of quartz-diorite and medium-grained acid granite in fine-grained grey granite. In the north-eastern vicinity of St. Överön.

Gångarna stupar brant. De synes svara mot planen i ett Mohrskt system, som torde ha bildats under den gotiska erans avslutande skede. (Jfr pegmatitgångarna ovan.) Senare har dock sprickorna av allt att döma i huvudsak öppnats vid olika tidpunkter. Icke förty har i ett par fall den yngre diabasens magma trängt fram längs den äldre generationens sprickplan (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 45).

Diabasgångarna uppträder endast i den gotiska delen av Göteborgstraktens berggrund. Förskjutningszonen längs med och söder om Göta älv klipper av de yngre gångarna, medan de äldre gångarna upphör längre västerut (se pl. 1).

Äldre diabas

De äldre diabasgångarna är småförklyftade och samlar sig gärna till svärmar (fig. 37). Deras bredd uppgår sällan till mer än någon eller några m¹, och deras uthållighet är begränsad. Bergarten är grönsvart till svart, finkornig och vanligen tydligt ofitisk. Massformig textur överväger, men ut mot kon-

¹ Svärmar av tätt liggande gångar har slagits samman till enstaka bredare gångar i pl. 1. Den breda gången längst i väster på Hisingen består dock av pegmatit, som genom ett tekniskt missöde kommit att få diabasbeteckning.



Fig. 37. Gångar av äldre diabas (nordöst-diabas). Ung. 2.5 km VSV om Torslanda k:a (öster om Hästevik). Foto R. Sandgren 1923.

Dikes of older diabase (N.E.-diabase). About 2.5 km W.S.W. of Torslanda church.

takterna till sidostenen är förskifring en regel. Mineralomvandlingen är också stark. Av de ursprungliga huvudmineralen återstår endast den listformade men anfrädda plagioklasen (av sur andesinsammansättning), medan de mörka mineralen överförs i främst hornblände och biotit men även epidot och klorit. Av småmineral märkes titanit, oxidmalm, kalcit, kis, apatit och ibland även kvarts. Titanithalten är ofta ganska hög.

Brottstycken av äldre bergarter finns på sina håll i gångarna, särskilt på Rivö väster om Långedrag (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 43).

Nordöstgångarna har av H. E. Johansson (1931, sid. 45) jämförts med diabasen på Kosteröarna, som visar samma slags omvandling men i vilken kärnpartierna långt ifrån alltid är uralitiserade (B. Asklund 1950). Omvandlingen har enligt Johansson (1931, sid. 43) skett vid intrusionsepokens slut (deuterisk omvandling).

Kosterdiabasen har av A. Gavelin (1914) visats vara äldre än Bohusgraniten. Mycket talar för, att gångarna har bildats samtidigt med Dalformationens kloritstenar. Enligt undersökningar av W. Larsson (1956, sid. 76) utgör de senare basiska vulkaniter av spilitkaraktär, d. v. s. på havets botten stelnade, synnerligen gasrika lavar. Gasrikedom har också kännetecknat modernmagman till nordöstgångarna i Göteborgstrakten, om man, som H. E. Johansson med all rätt förmodat (se ovan), får tänka sig, att den kraftiga omvandlingen av dem är deuterisk.

Yngre diabas

Den yngre diabasen bildar delvis mäktiga gångar av stor uthållighet (pl. 1). Som redan blivit nämnt, träffas de dock ingenstädes öster om den stora förskjutningszonen Göta älv—Göteborgs centrum—Möln dal—Kungsbacka, trots att de utgör det yngsta inslaget i Göteborgstraktens berggrund. På flera ställen har de förkastats genom rörelser längs zoner parallella med den stora förskjutningszonen (jfr pl 1 och berggrundskartan i P. H. Lundegårdh 1953). De slutsatser, som kan dras ur dessa iakttagelser, skall behandlas närmare nedan.

Den yngre diabasen har svart färg och varierande gry. Närmast kontakterna är den finkornig till tät men, särskilt i större gångar, i övrigt fint medeltill medelkornig. Texturen är massformig och ofitisk, marginalt vanligen utpräglad, centralt ofta mindre deciderat (gabbrolignande, subofitisk textur).

Vittringsbenägenheten hos den yngre diabasen växlar starkt, en egenskap som den delar med mellersta och östra Sveriges jotniska (medelalgonkiska) Åsbydiabas. Därför bildar gångarna ömsom djupa rännor i berget (fig. 38) och ömsom uppstickande hållar (fig. 39). I hållarna iakttar man ofta rundade partier av bättre bevarad diabas omgivna av en lucker, rostig massa av grusvittrad bergart (klotvittring; se fig. 39).

Huvudmineral i den friska diabasen är plagioklas (labrador eller andesin), klinopyroxen (oftast augit men ibland pigeonit) och, i många fall, olivin jämte sekundärmineral (serpentin med magnetit och ofta även klorit). Vanlig är dessutom titanomagnetit. I övrigt träffas biotit, ibland i rätt stora mängder, samt apatit. Kvarts och kalkspat utgör mera tillfälliga beståndsdelar.

Plagioklasen är gärna zonar, med basisk kärna (labrador) och surare skal (andesin). I den bredaste delen av Tuvegången, norr om Stora Överön, samlar sig plagioklasen ställvis till anortositiska band.

Den yngre diabasens mörka primärmineral har ofta omvandlats, sannolikt av diabasmagmans sura restlösningar (se P. H. Lundegårdh 1953, sid. 45). Omvandlingen är dock mycket svagare än i den äldre diabasen. Marginal förskiffring iakttages heller icke.

Det viktigaste sekundärmineralet är uralit. Endast lokalt har plagioklasen i större omfattning deltagit i hornbländebildningen. Kalkspatomvandling av plagioklas har blott observerats någon enstaka gång, medan däremot bildning av epidot och klinozoisit är vanlig på sina håll.

Den ytterst genomgripande, även fältspaten hårt drabbande deuteriska omvandling, vilken W. Larsson (1956, sid. 118—120) skildrar som typisk för norra Dalslands nordvästligt orienterade diabasgångar, äger sålunda icke någon motsvarighet i Göteborgstrakten. Medan förf. i beskrivningen till kartbladet Särö (P. H. Lundegårdh 1953, sid. 45) föreslagit en tidigpaleozoisk ålder för västnordvästgångarna i Göteborgstrakten, finner W. Larsson en dalslandisk ålder mera sannolik för nordvästgångarna i norra Dalsland. Som stöd för sin uppfattning anför Larsson den rikedom på volatiler ägnade för långtgående deuterisk omvandling, som kännetecknade redan Dalformationens

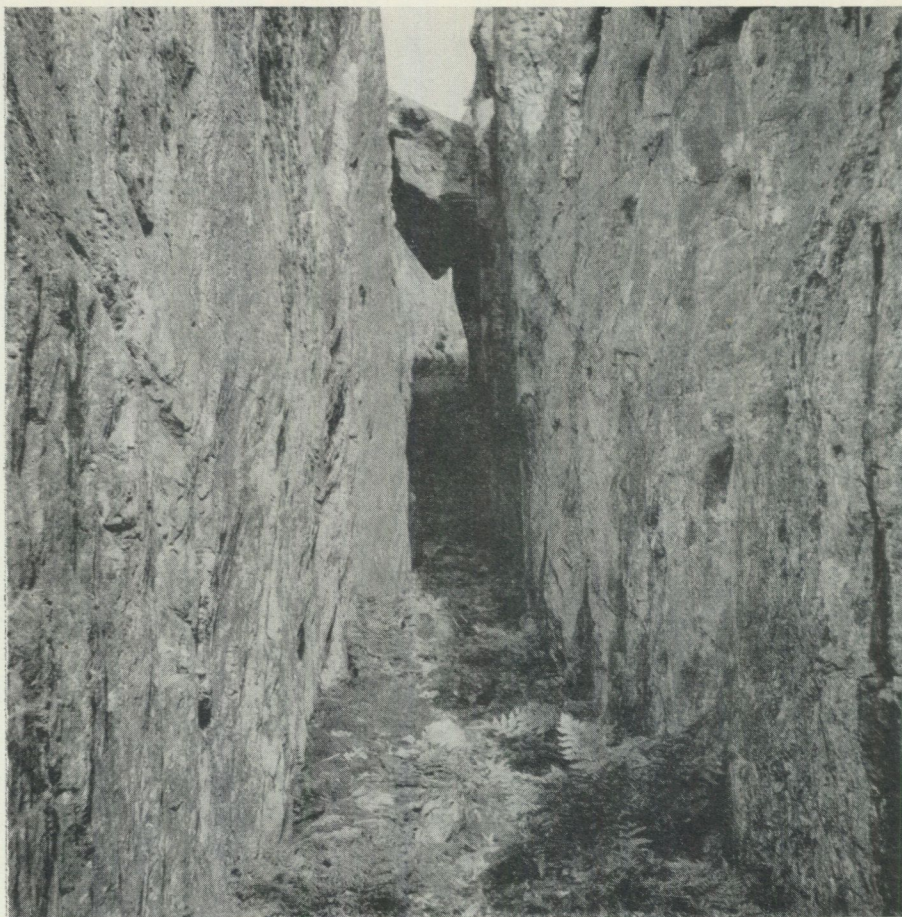


Fig. 38. Nedvittrad gång av yngre diabas (VNV-diabas). Trollö, 6.5 km SV om Torsby k:a.
Foto Lars Bergström 1955.

Strongly weathered dike of younger dolerite (W.N.W.-dolerite). Trollö, 6.5 km S.W. of Torshy church.

basiska lavar (nu i kloritstensdräkt efter ett spilitiskt mellanstadium). Larsson vill därför antyda möjligheten av ett genetiskt sammanhang mellan å ena sidan Dalformationens metabasiter och å andra sidan de nordvästliga gångdiabaserna.

Den omständigheten, att de senare och Göteborgstraktens yngre diabas synes följa samma spricksystem väger långt mindre tungt än de petrografiska olikheter, som nu konstaterats. Ett sprickplan kan öppnas på nytt många gånger i jordskorpans utveckling och därigenom bereda utrymme för olika slag av uppträngande magmor. Vi har också sett i den tidigare texten, huru som redan Högsbopegmatiten utnyttjade de västnordvästligt orienterade sprickorna.

Utöver alternativet tidigpaleozoikum ges för den yngre diabasen i Göteborgstrakten möjligheten av jotnisk (medelalgonkisk) ålder. De habituella



Fig. 39. Grusvittrande yngre diabas (Tuvegången). Norr intill Lilla Överön, Torsby s:n. Foto P. H. Lundegårdh 1956.

Younger dolerite showing weathering into gravel. In the north-eastern vicinity of St. Överön.

likheterna mellan den yngre Göteborgsdiabasen och Åsbydiabasen är icke obetydliga (mineralsammansättning, den delvis gabbroida texturen, den starkt varierande vittringsbenägenheten). Däremot torde icke permisk ålder komma ifråga. De till Oslofältets vulkanism knutna diabasgångarna i Bohuslän har genomgående nord—sydlig orientering (B. Asklund 1947, tavla 3, sid. 76—77).

De glidningar längs den gotiska berggrundens S-yltor, vilka orsakat de med förskifring och mineralomvandling förbundna krökarna och avbrotten i de yngre diabasgångarna, har ägt rum antingen i permisk eller tertiär tid. Den permiska aktiviteten är väl känd icke blott från Oslofältet utan även genom de nyss nämnda, nord—sydliga gångarna i Bohuslän. Under tertiär tid höjdes bl. a. den skandinaviska fjällkedjan på nytt, varigenom den erhöll sin nuvarande brutenhet.

Den tektoniska utvecklingen

I sina förslag till en åldersindelning av Fennoskandias urberg har såväl W. Wahl (1936) som H. G. Backlund (1936 b) understrukit den nord—sydliga längsutsträckningen av den zon av orogenetiskt samhöriga bergarter, som de velat utskilja i sydvästra Sverige. Som redan blivit nämnt (sid. 10), talade Wahl om de gotiska och kareliska veckningarna, medan Backlund sammanfogade urbergets yngre bildningar med algonk till gotokareliderna.

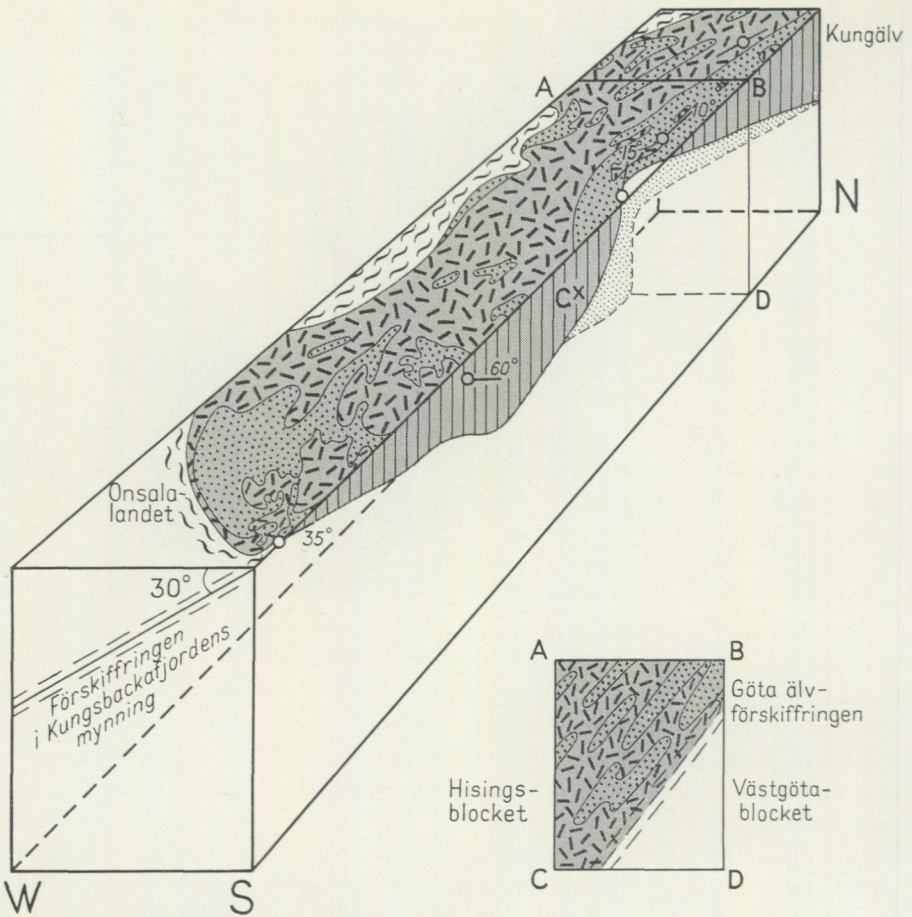


Fig. 40. Kungälv—Göteborg—Onsalavecket i blockdiagram. Rasterton utmärker yngre gotiska bergarter (prickar = ytbergarter, kråkspark = primorogena graniter). Stora Le—Marstrandseriens slirgnejsjer har markerats med ådergnejsstecken.

Block diagram of the Kungälv—Göteborg—Onsala fold. Grey = Late Gothian rocks (dots = supercrustal rocks, short irregular strokes = primorogenic granites). The veined gneisses of the Early Gothian Stora Le—Marstrand series have been marked with migmatite symbols.

Redan genom sitt påpekande av Göta älv—Vänern—Byälvslinjens betydelse som västgräns för den egentliga järngnejsformationen fäste emellertid P. J. Holmquist (1906) uppmärksamheten på ett nord—sydligt orienterat, tektoniskt element i Sydvästsverige. Undersökningar av R. Sandegren (1919), H. E. Johansson (1919, 1920) och N. H. Magnusson (sammanfattning 1937) har visat, att med denna zon parallella mylonitzoner förekommer i Värmland och Västergötland.

De veckningar, som drabbat de yngre bergarterna från Onsala landet i söder och till sydvästra Värmland i norr — d. v. s. de sengotiska och dalslandiska bergarterna, har i huvudsak skett längs nord—sydligt orienterade,

merendels flackt liggande axlar. (Jfr fig. 1 och pl. 1 med stänglighets- och berggrundskartorna i P. H. Lundegårdh 1952—1953 samt med profilerna och berggrundskartan i W. Larsson 1956.) Däremot har Stora Le—Marstrands-serien inom kartbladet Vårvik veckats längs öst—västligt orienterade axlar, med flack till medelbrant västlig stupning.

Redan en analys av stängligheten på Onsalalandet visar (P. H. Lundegårdh 1952, fig. 22), att den nord—sydligt orienterade axeln i det sengotiska vecket bevarats i ganska ringa omfattning. Av 175 stänglighetsobservationer på den inom Onsalabladet fallande, större delen av Onsalahalvön jämte närliggande öar är 151 mer eller mindre nordväst—sydöstligt orienterade, på ett undantag när med medelbrant nordvästlig stupning. 7 har ungefär öst—västlig orientering och 17 löper mot N 0° — 20° V. De sistnämnda representerar veckaxelriktningar och visar medelbrant nordlig stupning (30° — 70°). Tre av dem har rakt nordlig orientering. Dessa har uppmätts i veckets östligaste del, där S-yornas strykning är NNÖ—NÖ. Enär ytorna stupar brant till medelbrant mot NV, kommer axelriktningen följaktligen att lägga sig i S-planet. På samma sätt förhåller sig varje annan i Kungälv—Göteborg—Onsala-regionen uppmätt stänglighet till den på observationsplatsen iakttagna planstrukturen.

Veckaxelns stupning mot norr innebär, att vecket lyftes allt högre ju längre mot söder man kommer, för att till sist i sin helhet försvinna över de nuvarande erosionsytan. Berggrundskartan i Onsalabeskrivningen (P. H. Lundegårdh 1952) visar också, att en omböjning är belägen i södra delen av Onsalalandet. Vi skulle alltså här ha den sydligaste förekomsten av sengotiska ytbergarter i det nu betraktade bergartsstråket, något som också framgår av det i fig. 40 skisserade blockdiagrammet.

Huvudparten av stänglighetsobservationer på Onsalahalvön indikerar en yngre struktur. Denna synes sammanfalla med riktningen av de överskjutningar, vilka ägt rum under veckningsepokens slutskede, och bör alltså utgöra en s. k. transportstänglighet. Vid sina studier av den centralvärmländska mylonitzonen fann N. H. Magnusson (1937, sid. 222), att det västra gnejsblocket måste ha pressats mot öster och sålunda skjutits över det östra blocket. Likartat är förhållandet i Kungsbackafjorden. Här löper förskiffringszonen mot NNÖ, och överskjutningen bör enligt de utförda stänglighetsmätningarna ha gått snett uppåt från nordväst mot sydöst.

Ju närmare man kommer förskiffringszonen i öster, desto sällsyntare blir bevarad veckaxelstänglighet. Som redan blivit nämnt, finns på Onsalalandet blott tre observationer av sådan stänglighet i veckets östligaste del.

Likartad, vid överskjutningar bildad stänglighet har från Kaledoniderna i Norge och Skottland beskrivits av bl. a. A. Kvale (1948, sid. 248) och E. M. Anderson (1948).

Den öst—västliga stängligheten, som är förhållandevis sällsynt, kan härröra från den avslutande gotiska tånjning, som skapade bildningsbetingelserna för Göteborgstraktens yngre ådergnejsjer (P. H. Lundegårdh 1952, sid. 35 ff). Dess stupning är mestadels västlig.

Inom Säröbladet iakttages samma stänglighetsgrupper som på Onsala-landet. Här framträder dock än starkare minskningen i frekvens av veckaxelstänglighet invid överskjutningszonen (P. H. Lundegårdh 1953, fig. 5, sid. 13). Mellan Kungsbacka och trakten söder om Källered föreligger sålunda inom Säröbladets område blott två säkra veckaxelobservationer. Dessa har givit värdena 60° N 20° Ö och 55° N 10° Ö. I övrigt har stängligheten här nordnordvästlig till västnordvästlig orientering, oftast med medelbranta stupningar. Samma gäller fram till kusten i väster. På tånjningsstänglighet finns endast ett exempel: 50° S 60° V.

I Säröbladets norra del är förhållandena mindre klara. Dock kan på fastlandet två huvudriktningar urskiljas, en västlig och en nordvästlig. Den förra synes här utgöra överskjutningsriktningen, den senare veckaxelns riktning. Stupningen är i båda fallen mestadels medelbrant. På öarna i väster finns även en sydväst- till sydsydvästlig riktning (stupning 40 — 60°), som måste åter spegla den sista ådergnejsepokens tånjning av berggrunden.

Samma riktning återfinnes i Göteborgsbladets skärgård, särskilt på Öckerö och på norra delen av Hönö, där ådergnejsbildningen är lika intensiv som inom Säröbladets skärgård (jfr berggrundskartan i P. H. Lundegårdh 1953 med pl. 1).

Göteborgsbladets tektonik kännetecknas annars främst därav, att axeln i det sengtiska, mot väster lutande vecket (se fig. 40) lägger sig horisontellt. Detta är också i enlighet med förväntan, eftersom vecket sedan med i stort sett oförändrat bergartsinnehåll kan följas till trakten väster om Trollhättan och Vänersborg. Längre mot norr kompliceras förhållandena därigenom, att Åmälseriens yngre arenit — i Göteborgstrakten den merendels alkalina gnejsen, vid Väne Ryr en väl bevarad kvartsit, omvandlats till röd sur medelkornig mikroklingranit (en varietet av Kroppefjällsgraniten).

Från trakten kring Backa k:a och fram till Kungälv dominerar veckaxelstängligheten 0 — 15° N—NNÖ. I övrigt lägger man märke till mot NNV—NV orienterade stängligheter med 15 — 30° stupning såväl vid Backa k:a som längs östra Göta älvstranden. Det är här av allt att döma än en gång fråga om överskjutningsriktningen.

Även utanför överskjutningsspåren vid Göta älv har blocket öster om Hisingen inordnats i den sengtiska orogenesisen, med flacka eller horisontella, nord—sydliga veckaxelstängligheter, som kan följas ända ner i Kålltorp i östra Göteborg.

I centrum och västra delarna av Göteborg överväger, som sig bör väster intill en överskjutningsgräns, den nordvästligt till västnordvästligt orienterade, medelbrant stupande överskjutningsstängligheten, men även en mot väster till västsydväst pekande sträckningsstänglighet finns representerad. Veckaxelstängligheten sammanfaller till sin riktning med den nordvästliga överskjutningsstängligheten men har flack stupning (10 — 25°).

I västra delen av Inland möter man en kraftigt undulerande stänglighet med orienteringen NNV—SSÖ till VNV—ÖSÖ. Dessutom finns där en lika starkt undulerande stänglighet i Ö—V till NÖ—SV. Den förra stängligheten



Fig. 41. Vid ytvittring upphöjda sprickor i gnejs. 1.5 km NNV om Björlanda k:a. Foto P. H. Lundegårdh 1954.

Joints resistant to weathering in gneiss. 1.5 km N.N.W. of Björlanda church.

går ungefär vinkelrätt mot skiffrihet och slirighet i berggrunden. Den kan ha orsakats av både överskjutningar och tånjningar. Den senare stängligheten har möjligen framkallats av den tidiggotiska orogenesen, som W. Larsson (1956) påvisat i norra Dalsland. Den uppträder nämligen endast i Stora Le—Marstrandsseriens bergarter.

En blick på tvärsnittet i fig. 40 ger ett karakteristiskt drag i den sengotiska tektonik, som präglats sydvästra Sverige, nämligen isoklinala veck väster intill långa överskjutningszoner (mylonitzoner). I dessa veck finner man oftast regionens yngsta bergarter bevarade. Öster om överskjutningszonerna, liksom även på längre avstånd väster om dem, blir veckningsstilen mera oregelbunden men gärna kännetecknad av flackt liggande S-tytor (jfr fig. 8).

Göteborgstraktens överskjutningar har orsakats av ett nordvästligt tryck och har utlösts längs flera närliggande, sins emellan någorlunda parallella, mestadels smala zoner med varierande västlig stupning (se pl. 1 och fig. 1). Dessa zoner följer på få undantag när tidigare anlagda S-tytor. Som redan betonats, är överskjutningarna yngre än de primorogena sengotiska graniterna (Åmål—

Kroppefjällsgranitgruppen) men äldre än den cykelavslutande ådergnejsbildningen (se tab. II). Efter överskjutningarna följde först avspänning och sedermera tånjning i berggrunden. Som framgår av stänglighetsanalyserna ovan, har sträckningen i Göteborgstrakten haft annan riktning än sammanpressningen.

Tånjningen har orsakat en så stark nedglidning av Göteborgstraktens västra berggrundsblock (Hisingsblocket) i förhållande till det östra (Västgötablocket), att tidigare överskjutningsbelopp icke blott kompenseras utan till och med överträffats. Därför anstår Stora Le—Marstrandsseriens bergarter väster men icke öster om skiffrihetszonen Göta älv—Göteborgs centrum—Möln dal—Kungsbacka. Bergartsfördelningen visar, att såväl överskjutningar som förkastningar också har nått de största språnghöjderna längs denna zon.

Det är icke säkert, att förkastningarna utnyttjade alla de skiffrihetszoner, som bildats genom överskjutningarna, och i varje fall synes icke de yngsta förkastningarna ha gjort det. Man kan nämligen på sydöstra Hisingen iakttaga, hurusom de öst—västliga diabasgångarna där förkastats i sidled längs en skiffrihetszon men icke längs en annan (pl. 1).

Åldern av de yngsta rörelserna har diskuterats i närmast föregående kapitel (sid. 75). Språnghöjderna synes icke ha varit stora.

Det har redan påpekats, att de yngre diabasgångarna städse upphör vid gränsen mellan gotiska och pregotiska bergarter. Detta kan synas egendomligt, särskilt om man, som här skett, antar att de största förkastningssprånghöjderna nåddes långt innan gångarna kom till. Men man skall då icke förglömma, att även de västnordvästligt orienterade sprickor, i vilka den yngre diabasens magma vällde upp, funnits redan mycket tidigt och därför i vissa fall kunnat fyllas med yngsta sengotisk pegmatit. Sprickorna har i själva verket bildats under den sengotiska orogenesens sista fas, och deras öppnande har sedermera skett genom sträckning i det gotiska stråkets längsriktning, en sträckning, som icke behöver ha påverkat det genom Göta älv—Möln dal—Kungsbackazonen väl avgränsade, pregotiska blocket i öster.

Längre norrut arbetade den dalslandiska orogenesen med stor kraft, varom bl. a. Dalformationens tektonisering bär vittne (se W. Larsson 1956, sid. 94—109). Helt visst har denna orogenes haft verkningar även långt utanför Dalformationens relativt trånga ram, och i varje fall visar dalslandiska graniter och pegmatiter stor spridning, även om de arealt mera betydande förekomsterna är mycket få (Bohusgraniten, Karlshamnsgniten, Spinkamålagraniten).

W. Larssons analys av tektoniken i Dalformationens norra gränsområde visar två diagonala huvudspricksystem, efter vilka rörelser skett. Det ena systemet utgöres av nordöstligt—sydvästligt, det andra av nordvästligt—sydöstligt orienterade sprickor (W. Larsson 1956, sid. 96 och 98). Liksom i Göteborgsområdet visar det orogena stråket nord—sydliga veckaxlar med flack stupning. En dalslandisk orogenes i Göteborgstrakten bör alltså ha följt den i sengotisk tid anlagda tektoniska stilen och kan därför svårligen penetreras. Icke ens de nordöst—sydvästliga sprickorna i Göteborgstrakten kan skyllas på den dalslandiska orogenesen, eftersom de torde ha fyllts med diabasbildande basisk

magma redan i relativt tidig dalslandisk tid (se sid. 72), innan orogenesisen mer än nått och jämnt hunnit börja. Några dalslandiska brottlinjer kan icke under några omständigheter ha bildats under detta inledande orogenetiska skede.

Å andra sidan torde i Göteborgstrakten de västnordvästligt och de nordöstligt till nordnordöstligt orienterade sprickorna icke ha varit öppna samtidigt. Avslutande gotisk pegmatit har trängt upp i västnordvästligt orienterade sprickor, t. ex. vid Högsbo, men knappast i nordöstligt orienterade; dalslandisk diabas har utnyttjat nordöst—sydvästliga sprickor men aldrig västnordvästligt orienterade. Man kan av dessa skäl våga en förmodan, att den pegmatit, som sparsamt träffas i nordnordöstligt och nordöstligt orienterade gångar, är dalslandisk.

Förutom de stora sprickplan, som nu behandlats, finns i berggrunden ett flertal mindre sprickor och släppor, vilka uppstått under skilda skeden av tektonisk anspänning. En del av dessa står öppna, andra är fyllda med mineralisationer ur lösningar, vilka använt sprickorna som transportvägar. Beroende på sammansättningen av lösningarna liksom även den temperatur, vid vilken mineraliseringen skett, har sprickmineralen bättre eller sämre motstått senare tiders ofta till upplösning men ibland till nykristallisationer strävande angrepp från nedsipprande grundvatten.

Sprickornas närmaste omgivning har i många fall omvandlats under mineraliseringen. Fig. 41 visar ett prov på sådan omvandling. Bergarten är där närmast intill sprickorna mera vittringsresistent än i övrigt.

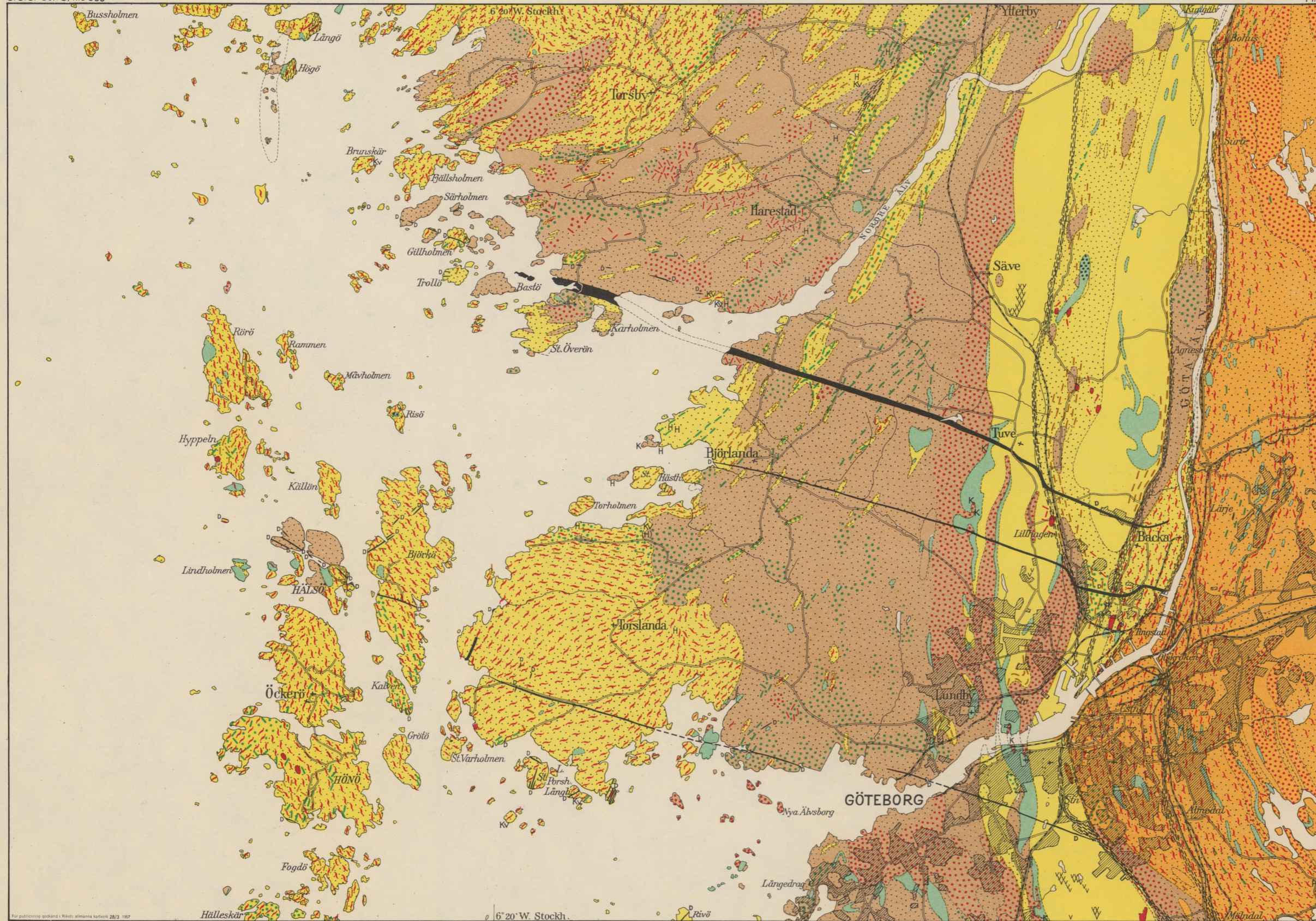
LITTERATUR


B. G. I. U. = Bulletin of the Geological Institution of Upsala
G. F. F. = Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar
S. G. U. = Sveriges geologiska undersökning

- ANDERSON, E. M., 1948: On lineation and petrofabric structure and the shearing movement by which they have been produced. *Quart. Journ. Geol. Soc.* London 104.
- ASKLUND, B. 1947: Svenska stenindustriområden I—II. *Gatsten och kantsten.* S. G. U. C 479.
- 1950: Kosteröarna, ett nyckelområde för västra Sveriges prekambriiska geologi. Summary: The Koster Isles, a key area for the pre-Cambrian geology of Western Sweden. S. G. U. C 517.
- BACKLUND, H. G., 1936: Zur genetischen Deutung der Eklogite. *Geol. Rundschau* 27.
- 1936 b: Till frågan om granitgrupper, bergskedjeveckningar och cykelindelning inom Fennoskandia. *G. F. F.* 58.
- 1943: Einblicke in das geologische Geschehen des Präkambriums. *Geol. Rundschau* 34.
- BERGSTRÖM, L., 1957: Berggrundsstudier inom Hakefjordsområdet. Licentiatavhandling i manuskript, Lund.
- GAVELIN, A., 1914: Yttrande med anledning av H. E. Johanssons föredrag om svenska kvarts- och fältspatförekomster. *G. F. F.* 36.

- GEIJER, P., 1913: Zur Petrographie des Stockholm-Granites. G. F. F. 35.
- HOLMQUIST, P. J., 1906: Studien über die Granite von Schweden. B. G. I. U. 7.
- JOHANSSON, H. E., 1919: Diskussionsinlägg efter R. Sandegrens föredrag om berggrunden på Värmlandsnäs. G. F. F. 41.
- 1920: Berggrunden i Beskrivning till kartbladet Värmlandsnäs. S. G. U. Aa 143.
- 1920: Berggrunden i Beskrivning till kartbladet Mässvik. S. G. U. Aa 148.
- 1924: Berggrunden i Göteborgstraktens geologi. Göteborg.
- 1931: Berggrunden i Beskrivning till kartbladet Göteborg. S. G. U. Aa 173.
- KVALE, A., 1948: Petrological and structural studies in the Bergsdalen quadrangle, Western Norway. Part II: Structural geology. Bergens Mus. Årsbok 1946 og 1947. Naturvitenskapl. rekke I.
- LARSSON, W., 1947: Några resultat av berggrundsgeologiska studier inom Dalformationens norra gränsområde. G. F. F. 69.
- 1956: Berggrunden i Beskrivning till kartbladet Värvik. S. G. U. Aa 187.
- LJUNGGREN, P., 1954: The region of Hålia in Dalecarlia, Sweden. Acad. diss. printed in Gothenburg.
- 1957: Banded gneisses from Gothenburg and their transformations. G. F. F. 79.
- LUNDEGÅRDH, P. H., 1950: Fynd av agglomeratiska tuffer på Onsalahalvön i Hallands län. G. F. F. 72.
- 1950 b: Aspects to the geochemistry and petrology of plutonic ultra-basites in Sweden. G. F. F. 72.
- 1951: Petrology of the Onsala peninsula south of Gothenburg in Western Sweden. G. F. F. 73.
- 1952: Berggrunden i Beskrivning till kartbladet Onsala. S. G. U. Aa 192.
- 1953: Berggrunden i Beskrivning till kartbladet Särö. S. G. U. Aa 195.
- 1953 a: Petrology of the Mölndal—Styrsö—Vallda region in the vicinity of Gothenburg. S. G. U. C 531.
- 1956—57: Petrology of the Uppsala region, Eastern Sweden. S. G. U. C 544.
- 1957: The titaniferous ore-bearing gabbro of Helsingland, Central Sweden. S. G. U. C 549.
- MAGNUSSON, N. H., 1929: Gillbergaskålens byggnad. Summary: The Gillberga syncline. S. G. U. C 360.
- 1933: Det mellansvenska urbergets åldersschema. G. F. F. 55.
- 1936: Om cykelindelningen i det svenska urberget. G. F. F. 58.
- 1937: Den centralvärmländska mylonitzonen och dess fortsättning i Norge. G. F. F. 59.
- 1949: Berggrunden i Sveriges geologi, andra uppl. Stockholm.
- 1957: Berggrunden i Sveriges geologi, tredje uppl. Stockholm.
- PARWEL, A., and WICKMAN, F. E., 1954: Några preliminära resultat av åldersbestämningar på svenska pegmatiter. G. F. F. 76.
- SANDEGREN, R., 1919: Berggrunden på Värmlandsnäs (föredragsreferat). G. F. F. 41.
- SEDERHOLM, J. J., 1932: On the geology of Fennoscandia. Bull. Comm. géol. Finlande 98.
- STÅLHÖS, G., 1958: Rackebymassivet. Ett västsvenskt norit-gabbrointrusiv. Summary: The Rackeby norite-gabbro massif, Western Sweden. S. G. U. C 558.
- SUNDIUS, N., 1950: Mineral från Högsbo fältspatbrott vid Göteborg. G. F. F. 72.
- WAHL, W., 1936: Om granitgrupperna och bergskedjeveckningarna i Sverige och Finland. G. F. F. 58.
- WEGMANN, E., 1935: Zur Deutung der Migmatite. Geol. Rundschau 26.
- WICKMAN, F. E., 1954: Se PARWEL, A.

BERGGRUNDEN INOM KARTBLADET GÖTEBORG PETROLOGICAL MAP OF THE GÖTEBORG — KUNGÄLV REGION



-  Stark grusvittring
Strong mechanical weathering
-  Kraftig förskifning
Strong schistosity
-  Diabas
Dolerite
-  Pegmatit, smärre massiv
Pegmatite, minor masses
-  Pegmatit med aplit, samt granit, ung, småkornig, gångar
Pegmatite with aplite, and granite, young, fine-grained, dikes
-  Granit och gneiss-granit, grovporfyrisk (Askimgranit)
Granite and gneiss-granite with coarse microcline eyes (Askim granite)
-  Do., sur
Do. acid
-  Do., intermediär
Do. intermediate
-  Do., basisk (Åmålgranit)
Do. basic (Åmål granite)
-  Do., gångar
Do. dikes
-  Do., sliror i äldre bergarter
Do. schlieren in older rocks
-  Norit, ofta diabaslik, uralitnorit, diorit, amfibolit
Norit, often doleritic, uralite-norit, diorite, amphibolite
-  Ultrabasisk grönsten
Ultrabasilite
-  Metabasit, smärre gångar och skivor, oregelbundet utströdda (t.v.) el. konkordanta
Metabasilite, minor dikes and sheets, irregular (to the left), el. concordant
-  Tvåglimmergnejs av ådergnejstyp, sedimentär, intermediär
Biotite-muscovite gneiss, veined, sedimentary, intermediate
-  Suprakrustalgnejs av ådergnejstyp, sur (t.v.) och basisk
Supercrustal gneiss, veined, acid (to the left) and basic
-  Granitgnejs, sur (t.v.), intermediär och basisk (t.h.)
Granite gneiss, acid (to the left), intermediate, and basic (to the right)
-  Hornbländekärvar, sekundära (t.v.), Konglomerat, Kvartsit (t.h.)
Sheaves of secondary hornblende (H), Conglomerate (K), Quartzite (Kv)
-  Suprakrustalgnejs, sur, alkalin
Supercrustal gneiss, acid, alkaline
-  Do., intermediär
Do. intermediate
-  Do., basisk
Do. basic
-  Granitisk ådergnejs, intermediär (t.v.) och basisk
Granitic veined gneiss, intermediate (to the left) and basic
-  Granitgnejs, mycket grovt porfyrisk
Granite gneiss with very large microcline eyes
-  Gnejs, sur
Gneiss, acid
-  Granitisk gnejs, intermediär
Granitic gneiss, intermediate
-  Do., basisk
Do. basic

UPPRÄTTAD ÅREN 1953 — 56 AV P. H. LUNDEGÄRDH OCH L. BERGSTRÖM MED
BEAKTANDE AV H. E. JOHANSSONS TIDIGARE KARTERING (S.G.U., Aa 173)

0 1 2 3 4 5 km

Skala 1:100 000

REPRODUCERAD VID AB KARTOGRAFISKA INSTITUTET
ESSELTE AB, STOCKHOLM 1957

Sveriges Geologiska Undersöknings senast
utkomna publikationer äro:

Ser. Aa Geologiska kartblad i skalan 1:50 000 med beskrivningar.

Priset för karta i Ser. Aa med beskrivning är 10:—kr, för karta enbart 8:—kr.

(Price: map sheet + descriptive text Sw. cr. 10:—, map sheet Sw. cr. 8:—)

- N:o 197 *Laholm* av W. LARSSON och C. CALDENIUS T. v. utan beskrivning
 » 198 *Halmstad* av W. LARSSON och C. CALDENIUS » » »
 » 199 *Uppsala* av P. H. LUNDEGÅRDH och G. LUNDQVIST. With English summaries. 1956

Ser. Ad. Agrogeologiska kartblad i skalan 1:20 000 med beskrivningar.

Priset för karta i ser. Ad med beskrivning är 8:—kr, för karta enbart 6:—kr.

(Price: map sheet + descriptive text Sw. cr. 8:—, map sheet Sw. cr. 6:—)

- N:o 1 *Hardeberga* av G. EKSTRÖM. 1947, karta med beskrivning
 » 2 *Lund* » » 1953, » » »
 » 3 *Revinge* » » » t. v. utan beskrivning
 » 4 *Löberöd* » » » t. v. » »
 » 5 *Örtofta* » » » t. v. » »
 » 6 *Kävlinge* » » 1955 t. v. » »
 » 7 *Teckomatorp* » » 1955 t. v. » »
 » 8 *Trollenäs* » » 1955 t. v. » »
 » 9 *Boxjöklöster* » » 1956 t. v. » »

Årsbok 50 (1956)

- N:o 545 BÅTH, M., An earthquake catalogue for Fennoscandia for the years 1891—1950. 1956 3,00
 » 546 ÅHMAN E., De glasiga diabasgångarna i Djupviks kalkbrott, Björkviks s:n Södermanland. — With English abstract. 1957 2,00
 » 547 LUNDBLAD B., On the stratigraphical value of the megaspores of *Lycostrobos scottii*. 1956 1,00
 » 548 REDAELLI, L., A petrological investigation in Lake N. Dellen by means of frog-man equipment. 1957 2,00
 » 549 LUNDEGÅRDH P. H., The titaniferous ore-bearing gabbro of Helsingland, Central Sweden. 1957 2,00

Årsbok 51 (1957)

- » 550 LUNDQVIST, J., Övre Klarälvsdalens kvartärgeologi. — With English summary. Med 3 planscher. 1957 5,00
 » 551 LUNDQVIST, J., Geokronologiska undersökningar i Värmland. Med en plansch. — With English summary. 1957 2,50
 » 552 SUND, R. B., Nyare undersökningar inom nordöstra Upplands berggrund. — With English abstract. Med en plansch. 1957 3,00
 » 553 LUNDEGÅRDH, P. H., Göteborgstraktens berggrund. Med en plansch.— English summary: Petrology of the Göteborg (Gothenburg) — Kungälv region, Western Sweden. 1958 7,50
 » 554 LUNDQVIST, J., C¹⁴-dateringar av rekurrensytor i Värmland. — English summary: C¹⁴-determinations of recurrence surfaces in Värmland, Western Sweden. 1957 2,00
 » 555 ÅHMAN, E., Degerberget, Baggen och Kluntarna. Några drag ur Piteområdets berggrundsgeologi. — With English abstract. 1957. 2,50

Forts. å omslagets 4: de sida

- N:o 556 ASSARSSON, G., Kristallisationserscheinungen und Paragenese in den Systemen der Alkalichloride — Erdalkalichloride — Wasser. 1957 2,00
 » 557 LUNDQVIST, G., C¹⁴-analyser i svensk kvartärgeologi. — With English summary. 1957 2,00

Årsbok 52 (1958)

- N:o 558 STÅLHÖS, G., Rackebymassivet; ett västsvenskt norit-gabbromassiv. — With English summary. 1958 4,00
 » 559 LUNDQVIST, J., Studies of the Quaternary history and deposits of Värmland, Sweden. Experiences made while preparing a survey map. 1958 6,00

Ser. Ba.

- N:o 14 Jordartskarta över södra och mellersta Sverige. Efter de geologiska kartbladen sammandragen vid S. G. U. av K. E. Sahlström. Skala 1:400000
 Mellersta bladet, tryckt 1947 15,00
 Södra bladet, tryckt 1948 15,00
 Norra bladet, tryckt 1949 15,00

Ser. Ca.

- N:o 21 LUNDQVIST, G., Beskrivning till jordartskarta över Kopparbergs län. Karta i skala 1:250000. 1951. Beskrivning med karta 20,00
 27 CALDENIUS, C., and LUNDSTRÖM, R., The landslide at Surte on the river Göta älv. — Special chapters by B. FELLENIUS and E. MOHRÉN. With 5 plates. 1956 16,00
 » 31 BORELL, R. och OFFERBERG, J., Geokronologiska undersökningar inom Indalsälvens dalgång mellan Bergeforsen och Ragunda. Med 6 planscher. — With English summary. 1955 3,50
 » 37 GAVELIN, S. och KULLING, O., Beskrivning till berggrundskarta över Västerbottens län. (Description to Map of the Pre-Quaternary rocks of the Västerbotten County, N. Sweden.) Karta i skala 1:400000. — With English summary. 1955. Beskrivning med karta 45,00
 » 38 LUNDQVIST, J., Beskrivning till jordartskarta över Värmlands län. (Quaternary deposits of the County of Värmland.) Karta i skala 1:200000. 1958. Beskrivning med karta 65,00
 » 41 ÖDMAN, O. H., Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län. English summary: Description to Map of the Pre-Cambrian rocks of the Norrbotten County, N. Sweden, excl. the Caledonian mountain range. Karta i skala 1:400000. 1957. Beskrivning med karta 45,00

Rapporter och meddelanden i stencil

1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning. 1—2. 1931 (Kartorna utgångna) 15,00
 2. Sveriges lodade sjöar. Sammanställning av K. E. Sahlström 1945 3,00
 3. Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940—48 av O. H. ÖDMAN. Med 4 kartor 4,00

Distribueras genom

Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag, Drottninggatan 20, Stockholm 16

PRIS 7.50 KRONOR