SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
BERGGRUNDSGEOLOGISKA OCH GEOFYSISKA KARTBLAD
SKALA 1 : 50 000
Serie Af · Nr 120

HUGO WIKMAN, ÅKE BRUUN, BERTIL DAHLMAN
OCH GONZALO VIDAL

BESKRIVNING TILL BERGGRUNDSKARTAN

HJO NO

DESCRIPTION TO THE MAP OF SOLID ROCKS
HJO NO

UPPSALA 1982

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

På beställning utför SGU även geologiska och hydrogeologiska specialundersökningar rörande grus- och sandförekomster, grundvatten, mineral, miljövård m.m.

Närmare upplysningar erhålls genom

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Box 670
751 28 UPPSALA
Telefon 018 - 15 52 80

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

BERGGRUNDSGEOLOGISKA OCH GEOFYSISKA KARTBLAD
SKALA 1 : 50 000
Serie Af · Nr 120

HUGO WIKMAN, ÅKE BRUUN, BERTIL DAHLMAN
OCH GONZALO VIDAL

BESKRIVNING TILL BERGGRUNDSKARTAN HJO NO

DESCRIPTION TO THE MAP OF SOLID ROCKS
HJO NO

UPPSALA 1982

ISBN 91-7158-252-5
ISSN 0586-1543

Textkartorna är ur sekretessynpunkt godkända för spridning.
Lantmäteriverket 1982-04-14.

INNEHÅLL

Summary 4
Inledning. Av Hugo Wikman 10
Berggrundens bildning och indelning i översikt. Av Hugo Wikman 11
Den prekambriska berggrunden. Av Hugo Wikman 15
Karta och beskrivning, allmänt 15
Petrografiska beskrivningar 18
Äldre ytbergarter och metabasiter 18
Svekokarelska djupbergarter 23
Smålands-Värmlandsgraniter 25
Området väster om Vättern 26
Området öster om Vättern samt ögruppen Erkerna .. 34
Yngre metabasiter 37
Prekambriska diabasgångar (hyperitdiabas) 41
Malmer 43
Tektonik 48
Den prepaleozoiska sedimentära berggrunden. Av Gonzalo Vidal 52
Allmän inledning 52
Stratigrafi 53
Enhet A 53
Enhet B 59
Enhet C 68
Ålder 72
Tektonik 73
Kommentarer till kartan 74
Visingsösandstenens praktiska användning 75
Den paleozoiska berggrunden. Av Åke Bruun och Bertil Dahlman 76
Kartläggning av den paleozoiska berggrunden 77
Bergartsbeskrivning 79
Underkambrium 79
Mellankambrium 84
Överkambrium 87
Underordovicium 89
Mellanordovicium 93
Överordovicium 96
Silur 98
Tektonik 99
Bergarternas praktiska användning 101
Granbystrukturen 102
Litteratur 110

SUMMARY

The map-sheet area is, to a very large extent, occupied by lake Vättern and therefore there is very little exposed bedrock. Proterozoic crystalline rocks dominate the Bölet area (9f), the group of islands called Erkerna (8j) and a restricted area around N. Freberga and Övralid (9j). Rocks belonging to the Visingsö group are found north of the lastmentioned crystalline area, on the islands Jungfrun, Fjuk and Åholmen as well as around Karlsborg west of lake Vättern. Finally, Palaeozoic bedrock occupies almost the whole south-eastern part of the map-sheet region, apart from a ring-like area made up of Proterozoic rocks. Also around Lindesnäs (8j—9j) there is quite a large area of Palaeozoic rocks.

The Proterozoic crystalline bedrock can be divided into two main groups, of which the youngest altogether dominates. The older group comprises rocks belonging to the main phases of the Svecokarelian orogeny, whereas the other makes up the postorogenic part of the same orogeny. The first mentioned rocks are roughly 1 800—2 000 million years old and the postorogenic members somewhat younger or about 1 700—1 750 million years (Welin et al. 1966, Åberg 1972). There are also a few dolerite dikes which are presumably still somewhat younger.

The oldest Proterozoic elements in the mapped area are found in the Bölet region. They occur as remnants in the younger granites and hence occupy very limited areas. Among these rocks plagioclase-rich gneisses of unknown origin as well as amphibolites dominate. North of this region the gneisses occupy larger areas as do Svecokarelian early orogenic plutonics.

Supracrustal gneisses, rhyolitic in character, have been found in core drillings from Börstad (5a). The rock samples are strongly crushed and therefore difficult to identify. Porphyritic textures can still be recognized and their composition also indicates volcanic origin. The age of the rocks is probably early Svecokarelian, but a postorogenic connection cannot be excluded as rocks belonging to this stage are found south of the discussed region.

From the above mentioned core drillings there are also samples that probably constitute early Svecokarelian plutonics. Strong tectonization complicates identification but both gabbros and more quartz-rich granodiorites seem to make up part of the bedrock in this area. Early orogenic plutonics are otherwise restricted to the map-sheet boundary to the extreme north-west. Plagioclase-rich plutonics of granodioritic composition appear to dominate (cf. Fig. 4). Further to the north on the map-sheet Askersund SV more tonalitic rocks are prevalent.

Both the gneisses and the plutonics of the last mentioned region are more or less migmatized. Well developed migmatites can be studied in the vicinity of Granvik (Askersund SV, 0f). Despite migmatization, late orogenic granites are apparently absent in the mapped area, probably due to the fact that the region is situated at the fringe of the Svecokarelian orogenic zone. Certain fine-grained granites which have been observed might be late orogenic, but the evidence is very weak.

The dominating younger part of the bedrock is made up of postorogenic granites. West of lake Vättern a coarsely porphyritic granite called Bölet granite is by far the most common type. It presumably makes up a connection between the

postorogenic Småland and Värmland granite areas. Its' most characteristic feature are elongated megacrysts of potash feldspar, often mantled by plagioclase (cf. Fig. 5). It is often strongly tectonized and in certain zones mylonites may occur (cf. Figs. 6—8 and 19). According to Streckeisens classification scheme (1967) the Bölet granite falls into the field of true granites.

A homogeneous, medium-grained granite (cf. Fig. 9), that seems to be younger than the Bölet granite, occurs in a very restricted area west of Rissnäset (9f). Further to the south more monzonitic granite varieties occupy large regions northwest of Karlsborg. These plutonics, that southwards grade into so-called "Red Växjö" granite (cf. SGU Af 107, 113 and 119), are probably somewhat younger than the porphyritic Bölet variety. Still younger are the fine-grained potash-rich granites which truncate the coarser granites. These rock types often suffer from severe tectonization which makes it difficult to distinguish them from older gneisses.

East of Vättern (9j) a coarsely porphyritic postorogenic granite comprises the sole crystalline rock type. Also on this side of the Vättern trench strong crushing has almost turned the granites into mylonites. Better preserved parts of the granite are found just outside the map-sheet boundary on the map-sheet Linköping NV (SGU, Aa 119). Postorogenic granites finally occur on the group of islands called Erkerna. The bedrock here comprises a medium-grained, red granite which in all aspects resembles the "Red Växjö" type granite. It is homogeneous and equigranular but in a few places a faint shistosity can be observed.

On the border between the Bölet granite in the south and the region of Svecokarelian plutonics in the north there are occurrences of a metabasite (9f). The age of this rock is uncertain because the evidence is contradictory. Until further evidence has been obtained it must be presumed that it is younger than the postorogenic granites. The metabasite probably comprises a basic volcanic sequence according to structures observed in the area just outside the map-sheet boundary (cf. Figs. 11—13). Like most of the rocks in the Bölet area the metabasite is strongly crushed and sometimes transformed into a green-shist. Metabasites of the same kind are also found on some islets in Vättern (8i).

In the Bölet area there are also two dolerite dikes which truncate the granite area in a north—south direction. The dolerite is very dark-coloured and the plagioclase is typically brown-pigmentated. Its strong resemblance to the hyperite dolerites further south in Skåne (SGU Aa 121) makes it probable that it is of similar origin and age. Radiometric datings on hyperite dolerites in Skåne (Klingspor 1976) and in Värmland (Welin, Lundegårdh, Kähr 1980) suggest an age of roughly 1 500 million years.

The Bölet region is also well-known because of its manganese ore and mines have been in operation for several hundred years. The last period of mining ceased after the second world war. The ore is concentrated to a rather narrow breccia-zone and the ore bodies in their turn are only a few metres thick. The main mineral is manganite which, to a certain extent, has changed into pyrolusite and psilomelan. The ore minerals are usually accompanied by calcite and barite (cf. Fig. 18). Rare minerals such as edingtonite and vanadinite are found occasionally. The manganese ore is believed to be of sedimentary origin and formed by surface

water percolating into a breccia-zone.

The tectonic framework of the map-sheet area is dominated by comparatively young movements resulting in a more or less strong crushing that has obliterated older structures. The oldest phase of crushing is bound to the extensive tectonic zone that separates the south-west Swedish gneiss-complex from the Svecokarelian and postorogenic belts in the middle and eastern parts of Sweden. The second main phase in the tectonic evolution is related to the development of the Vättern basin, involving faulting and strong mylonitization. The age of this second phase is uncertain, but it seems plausible that it was active already when the Visingsö sedimentary rocks were being deposited.

The Pre-Palaeozoic rocks within this map-sheet belong to the Visingsö group. The latter consists of completely unmetamorphosed sedimentary rocks with a thickness of more than 1 000 m. The Visingsö group as divided by Collini (1951) into 3 main rock units. Unit A (lowermost) consists mainly of fluviatile quartz sandstones with a minimum known thickness of 195 m. Unit B (middle) includes 4 mappable rock subunits representing a variety of clastic rocks and has, according to Collini (1951), a minimum thickness of 315 m. However, the thickness of this rock unit in the area of this map-sheet (where the subunit is not completely developed) is at least 446 m. Unit C (uppermost) is a rather monotonous sequence of alternating green-coloured siltstones, dark argillites and algal calcilutites deposited under shallow marine conditions. The unit has, according to Collini (1951), a thickness of about 580 m. This figure is, however, thought to be rather exaggerated.

Within the borders of this map-sheet only units A and B are represented as far as is known. Unit A is a monotonous sequence of crossbedded quartz sandstones with few marine ingressions represented by thin silty and argillitic layers containing marine phytoplanktic microfossils. Unit B is represented in the eastern part of the map-sheet area, where it has been divided into 3 subunits, 1—3 in ascending order. Subunit 1 is about 67 m thick and consists of conglomeratic sandstone, minor quartz sandstone and feldspathic conglomerate. In comparison with the monotonous quartz sandstone sequence of unit A this subunit is interpreted to represent a drastic change in the sedimentation environment and source area. Subunit 2 has an exposed thickness of 106 m and an inferred thickness of about 140 m. The subunit is made up of micaceous sandstone, alternating variegated sandstones, arkoses and shales. This sequence is thought to have been deposited partly in a prodelta and/or shallow marine environment, temporarily overflooded with little-transported detrital material. Subunit 3 has a minimum thickness of 240 m. However, only its uppermost 20 m are known through outcrops and subsurface data. It consists of wellbedded sedimentary polymictic breccias and conglomerate with minor arkose, feldspathic sandstone and siltstone. The sedimentary breccias contain huge (mostly local) blocks. They were most likely deposited as comprehensive debris flows as a result of contemporaneous movements along nearby faults.

The rocks of the Visingsö group are separated from adjacent Cambro-Silurian strata by a horst of Precambrian crystalline rocks and are themselves dissected into several blocks by faults trending more or less perpendicularly to the main

fault. The latter makes up the present boundary between the Visingsö group and the above mentioned crystalline horst.

The rocks of the Visingsö group are barren in the sense that no convincing metazoan fossils (not even traces) have been reported from them (Vidal 1976). However, acritarchs are highly abundant, especially in rocks of the upper part of unit B and in those of unit C. These acritarchs indicate a very Late Riphean and Vendian age for the Visingsö group (Vidal 1974, 1976, 1979).

Quarrying in the Visingsö sandstone has formerly been restricted to small quarries where blocks were hand-cut into huge moulder stones (cf. Fig. 31). South of the Lemunda bay (9j) a large quarry is still in operation, where the sandstone is crushed to fine sand for use in foundries and glass industries.

Palaeozoic rocks occupy much of the map area. Sedimentary strata rest on Precambrian crystalline rocks in an asymmetrical down-faulted basin, and dip gently to the north and north—west. An east—west fault zone to the north and a north—south fault zone to the west delimit them against the Precambrian, while to the south the limit (south from this map-sheet) is essentially defined by denudation.

Practically all the area is covered by fairly thick Quaternary deposits and consequently exposures are few. The stratigraphy, lithology and extent of various rock units are therefor known mostly from core drillings, well borings and geophysical investigations.

The oldest Palaeozoic rocks are Lower Cambrian standstones which overlie the Precambrian rock surface (usually weathered in its uppermost part). Their total thickness is c. 24 m (Fig. 33). The boundary with the Middle Cambrian *(Eccaparadoxides oelandicus* Stage is marked by phosphoritic and glauconitic conglomerate, followed by glauconite-bearing and in part phosphoritic sandstone, shale and alum shale (Zone of *E. oelandicus* forma *pinus)*. In the Nässja core, the overlying unit *(Paradoxides paradoxissimus* Stage) for the most part is greenish-grey shale, but the lowermost beds, approx. 2.5 m, are slightly bituminous alum shale such as is common especially in the west of the Cambro-Silurian area. However, the uppermost Middle Cambrian *(P. forchhammeri* Stage) always comprises dark bituminous alum shale. The total thickness of the Middle Cambrian is c. 32 m.

The greater part of the alum shale is Upper Cambrian and basal Lower Ordovician *(Dictyonema* Shale). A quartz-rich silty bed (occasionally bituminous and phosphoritic) marks the base of the Ordovician. The total thicknesses of the Upper Cambrian and *Dictyonema* Beds are c. 10 m and 9 m respectively.

Certain zones of the alum shale are more important economically since for instance the contents of U, Mo, V, Ni and Cu can be moderately high; Uranium reaches a maximum value of c. 269 ppm in the *Peltura scarabaeoides* Zone, and vanadium up to 2 000 ppm in the *Dictyonema* Shale.

The Lower Ordovician alum shale is succeeded by thin layers of glauconite-sand and glauconitic limestone (Zone of *Megistaspis E. armata)*. Except for beds from the Latorp stage, little is known of the biostratigraphy of Lower Ordovician limestone in Östergötland. Thus, pending detailed investigation of all available core material, only a tentative subdivision into stages can be made, based on superficial lithological examination (see Fig. 34). The total thickness (excluding the *Dictyo-*

nema Shale) is c. 30 m.

The uppermost Lower Ordovician reddish-brown limestones pass up without visible lithological break into Middle Ordovician reddish-brown, occasionally finely nodular limestones (c. 12 m in thickness). The remainder of the Middle Ordovician sequence consists of grey limestones, in part nodular and occasionally interstratified with thin grey mudstones. In the Dalby- and Skagen Limestones a few bentonites occur. The serie is subdivided into topoformations (Fig. 34); the total thickness is calculated to be c. 67 m.

The Upper Ordovician is represented by well defined formations (Fig. 34). The boundary with the Middle Ordovician is taken at the base of the Slandrom Limestone. This formation is missing from the Smedsby Gård core, where it is represented by a thin bed of conglomerate. Southwards from Smedsby Gård the Slandrom Limestone has been found as erratic boulders and there is a complete sequence in cores investigated from the Granby structure. The stratigraphical position of the sequence referred to earlier as *Dalmanitina* Beds is now doubtful, because preliminary investigation of microfossils from some of these beds indicate a lower Silurian age. However, pending systematic biostratigraphical investigation of all available material, the beds will be referred to as?*Dalmanitina* Beds.

The youngest sedimentary rocks in Östergötland are lower Silurian. In the core from Smedsby Gård, there are c. 10 m Silurian mudstones. However, the Silurian sequence may be thicker; in a well boring at Lindesnäs (8j) c. 37 m of Silurian beds were penetrated, and at Gatugården (8j) c. 66 m were registered.

Because of the shape of the asymmetrical basin, the sedimentary rocks reach their maximum thickness of c. 245 m in the north close to the fault zone, and thickness decreases gradually along a north—south profile (Pl. 2). In the area close to the fault zone the stratigraphy is strongly disturbed and there are distinct displacement and probably small overthrust blocks. In the south of the map-sheet, the movements resulted in relatively small displacements principally along north—south faults (Fig. 39).

In the south-east of the map area, the predominantly northerly and northwesterly dip of the rocks is interrupted abruptly by a subcircular depression called the Granby structure. When the structure was first discovered Thorslund (1960, p. 84) supposed it to be "Precambrian rock which has been pushed diapirically through the sequence of strata . . .". Complementary investigations during the current mapping from core drillings and geophysical data, shed new light on the appearance of the structure. Broadly, the central part of the "dome" is depressed c. 270 m relative to the adjacent Precambrian peneplain. The depression has a raised rim of crystalline rocks up to 70 m above the peneplain (Fig. 41). During the Ordovician the depression was filled by sedimentary rocks comprising a continuous sequence from uppermost Lanna-Volkhovian Stage to uppermost Upper Ordovician or lowermost Silurian. The cover of Quaternary deposits ranges in thickness from 20 to 35 m.

The lithology of the lowermost 90 m of the sequence is quite different from corresponding chronostratigraphical units over the rest of the Cambro-Silurian area. Within the structure, directly upon brecciated Precambrian rocks, the strata comprise a dark-coloured sedimentary breccia c. 70 m thick (Fig. 42). The angu-

lar fragments include crystalline rocks (Precambrian), sandstone (Lower Cambrian), clayey shale (Middle Cambrian), alum shale (Upper/Middle Cambrian or/and Lower Ordovician) and limestone (Lower Ordovician, probably up to uppermost Lanna-Volkhovian age). The matrix consists of dark clayey siltstone. The fragments decrease in size up through the sequence and the next 20 m is a dark, almost black, bituminous shale without fragments. These rock units correspond to the lower Kunda- and/or upper Lanna-Volkhovian Limestone. Higher strata are generally similar in lithology to equivalent beds outside the structure.

The age determinations for fragments of the sedimentary breccia indicate that the Granby structure originated during deposition of the uppermost Lanna-Volkhov- or/and the lowermost Kunda sediments. This interpretation is confirmed by temporary outcrops close to the structure where almost horizontal beds of grey glauconitic limestone of lowermost Kunda at Kvarnberget (5j) were observed to be directly up on Lanna-Volkhovian Limestone dipping at 20—40°.

The configuration of the structure suggests it may be an astrobleme, but as yet it cannot be excluded that block subsidence or some kind of igneous activity were responsible.

No Palaeozoic rocks are being quarried in this area. Earlier small limestone quarries were worked at N. Freberga (9j) and just south of Vadstena (Solhaga and Kvarnbacken), but are now more or less inaccessible.

Small amounts of natural gas are sometimes found during well borings, but the gas is often impersistent.

Inledning

Av

Hugo Wikman

Kartområdet Hjo NO domineras till ojämförligt största delen av vatten, eftersom det sträcker sig från Karlsborg i väster över sjön Vättern till Motala-Vadstenatrakten i öster. Endast omkring en femtedel av den totala ytan utgörs således av fast mark. Till yttermera visso är största delen av fastlandet jordtäckt, varför berggrunden endast är blottad inom mycket begränsade områden. Det är egentligen endast norr om Karlsborg i nordväst, inom området Lemunda—Norra Freberga i nordost, samt på några ögrupper i Vättern som berggrunden över huvud taget är blottad.

Av fastmarksområdena domineras Vadstenatrakten av paleozoiska, sedimentära bergarter. Endast inom ett ringformat område omkring Granby (5j) höjer sig prekambriska, kristallina bergarter (urberg) över den yngre sedimentära berggrunden. Påpekas bör dock att området är helt jordtäckt, varför kartbilden grundar sig på information från borrningar och geofysiska mätningar.

Paleozoiska bergarter upptar även södra halvan av området omkring N. Freberga (8j—9j). Större delen av den andra halvan upptas av ett sedimentkomplex som är något äldre än det paleozoiska och som i föreliggande beskrivning kallas Visingsögruppen (tidigare Visingsöserien, jfr Collini 1951). De båda bergartskomplexen åtskiljs av en smal urbergsribba som på båda sidor begränsas av förkastningar. Paleozoiska bergarter utgör sannolikt även berggrundens översta del på Sandön (8j) och Risan (8i), medan Visingsögruppens bergarter är blottade på ögrupperna Jungfrun, Fjuk och Åholmen. Vid lågvatten kan man även se att dylika bergarter anstår vid Ilgrundet. Ögruppen Erkerna (8i) består av kristallina bergarter och utgör eventuellt en fortsättning av urbergsribban från N. Freberga (9j).

Väster om Vättern upptar Visingsögruppens bergarter hela Karlsborgshalvön, Pukön samt sannolikt även den halvö som omfattar bl.a. Axstålsön. Den övriga delen av området norr om Karlsborg utgörs av urberg.

Kartområdet Hjo NO täcker delar av de gamla geologiska bladen Aa 102 Motala (Jönsson 1887), Aa 130 Vadstena (Blomberg 1905), Aa 132 Hjo (Blomberg 1906) samt Aa 162 Karlsborg (Westergårdh, Johansson och Willén 1926). Angående bladet Aa 102 Hjo kan påpekas att endast vattentäckt område överlappas av den nya kartan.

Underlag till berggrundskartan Hjo NO utgörs av topografiska kartan

8E Hjo NO i "Topografisk karta över Sverige", slutrekognoserad 1963 med ändring av skjutområdesgränser 1967. I samband med den geologiska karteringen har en begränsad revision av det topografiska kartunderlaget företagits, främst avseende vägsträckningar. Dessutom har en del gårdsnamn etc. utelämnats för att göra den geologiska kartbilden mera lättläst. Observera att även skjutområdesgränserna (bl.a. i Vättern) är borttagna.

Berggrundsgeologiska kartbladet Hjo NO (Af 134) i skala 1: 50 000 omfattar egentligen två kartor, nämligen en berggrundskarta och en tektonisk karta. Den förstnämnda ger en mer eller mindre schematiserad bild av berggrundens uppbyggnad, medan den tektoniska kartan redovisar strukturer samt sprickor i berggrunden. Den prekambriska berggrunden har karterats och beskrivits av Hugo Wikman, Visingsögruppen av Gonzalo Vidal och de paleozoiska bergarterna av Åke Bruun och Bertil Dahlman. Som komplement till nämnda kartor medföljer en flygmagnetisk karta.

Berggrundens bildning och indelning i översikt

Av

Hugo Wikman

Berggrunden inom kartområdet Hjo NO kan indelas i tre huvuddelar: prekambriska kristallina bergarter (urberg), Visingsögruppen samt paleozoiska bergarter. Som namnet anger utgör urberget den äldsta delen vilken omfattar tiden för omkring 800—2 000 miljoner år sedan. Eftersom jordens hittills äldsta daterade bergarter är omkring 4 000 miljoner år gamla är termen urberg dock något tvetydig. I följande beskrivning kommer den emellertid att användas för den äldsta bergartsgruppen inom kartområdet.

Urberget kan indelas i två olika huvudgrupper, varav den yngsta är helt dominerande. Den äldre bergartsgruppen tillhör den bergskedja, som utgör en sydvästlig utlöpare av den svekokarelska bergskedja som bildades för omkring 1 800—2 000 miljoner år sedan och som sträcker sig ända upp till norra Sverige och östra Finland. Bergskedjebildningen (orogenesen) föregicks av sedimentation och konsolidering av vittringsmaterial och vulkaniska utbrottsprodukter på jordytan (ytbergarter). Genom nedsänkning till stort djup sammanveckades och omvandlades (metamorfoserades) dessa bergarter vid höga tryck och temperaturer. Samtidigt inträngde (intruderade) i bergskedjans rotzoner smältor (magmor), som stelnade till en serie

djupbergarter från gabbro till granit. Man brukar även tala om synorogena intrusioner, varmed menas att de bildats samtidigt med orogenesen. De kiselsyrarikare bergarterna i denna svit brukar ofta kallas urgraniter eller gnejsgraniter. Det sistnämnda namnet anger att dessa graniter oftast är gnejsiga.

Efter den första intrusionsfasen följde ett relativt lugnt skede med sprickbildning och intrusion av basisk magma som stelnade till gångbergarter. Dessa s.k. intraorogena gångar har sedermera omvandlats till amfiboliter. Slutfasen i orogenesen började med ny nedsänkning och veckning, varvid sekundära magmor av granitisk sammansättning bildades i bergskedjans rotzoner. Dessa magmor trängde uppåt i berggrunden och stelnade till graniter, vanligen kallade sen- eller serorogena. Vid denna sista orogena fas bildades även åtskilligt med blandbergarter mellan äldre bergarter och yngre, tillfört eller utlöst granitmaterial, s.k. migmatiter (jfr Mehnert 1971).

Av ovan beskrivna bergarter finns inte mycket representerat inom kartområdet Hjo NO. Väster om Vättern finns således endast smärre ytbergartsrester i yngre, postorogen granit, samt ett mycket litet område med gnejsgranit alldeles vid den norra kartkanten. Gnejsgraniten fortsätter mot norr på kartområdet Askersund SO och upptar där stora arealer. På östra sidan om Vättern finns inga svekokarelska bergarter blottade. Ytbergarter av förmodat vulkaniskt ursprung samt gnejsgranit har dock noterats i de borrkärnor, som upptagits vid Granby (5j) för att bl.a. utreda den paleozoiska geologin vid den ringformade struktur som uppträder inom detta område.

Den övriga delen av urberget inom kartområdet domineras av s.k. postorogena granitbergarter, som bildats under ett skede strax efter den egentliga orogenesen. Tidigare ansågs denna bergartsgrupp ha bildats under en självständig, yngre orogenes som kallades den gotiska. Motsvarande tidsperiod har brukat benämnas gotium. Radiometriska åldersbestämningar av s.k. gotiska bergarter från Linköpingstrakten (Welin m.fl. 1966, Welin 1980) har emellertid givit åldrar på 1 700—1 750 miljoner år, vilket tidsmässigt tangerar slutskedet av den svekofenniska bergskedjeveckningen. Någon självständig gotisk orogenes har därför sannolikt ej existerat och termerna gotium och gotisk kommer ej att användas i föreliggande beskrivning. De postorogena bergarterna brukar numera ofta benämnas efter sin regionala utbredning exempelvis Smålandsgranit (Gorbatschev 1971).

Granitområdet i kartområdets nordöstra hörn utgör västra delen av ett större, sammanhängande massiv med grovporfyrisk Smålandsgranit på angränsande kartblad Linköping NV (SGU Af 117). Smålandsgranit med

mera jämnkornig utbildning (s.k. Växjögranit) dominerar urberget på ögruppen Erkerna.

Även inom Karlsborgsområdet dominerar graniter, som av allt att döma hör till det postorogena utvecklingsskedet. Några radiometriska åldersbestämningar, som kan verifiera detta antagande finns inte från området strax väster om Vättern. Graniternas uppträdande och sammansättning pekar dock entydigt på att de utgör en förbindelselänk mellan de postorogena granitområdena i Småland och Värmland. Den dominerande graniten är grovporfyrisk med rektangulära ögon och brukar kallas Böletgranit (SGU Aa 162, berggrundsdelen av H. E. Johansson).

Nära kartgränsen, norr om Karlsborg, uppträder en kraftigt förskiffrad basisk bergart, oftast kallad Böletgrönstenen, vars åldersställning är något tvetydig. Vissa indikationer antyder dock att den kan ha bildats under det postorogena skedet. Norr om nämnda grönsten, vid själva kartgränsen, påträffas gnejs- och granitbergarter av svekokarelsk ålder vilka har en stor utbredning inom kartområdet Askersund SO.

Under tiden fram till Visingsögruppens avsättning har kartområdet bl.a. drabbats av intensiva, tektoniska störningar som lett till kraftig förskiffring och mylonitisering av urberget. Dessutom har sprickbildning med åtföljande intrusion av basisk magma drabbat området. De hyperitdiabaser som påträffats inom Bölets mangangruveområde har sannolikt tillkommit under denna period.

I tidsintervallet mellan 600—800 miljoner år sedan avsattes, inom ett sannolikt ganska stort område omkring Vättern, en mäktig sedimentserie, som i föreliggande beskrivning benämns Visingsögruppen. Tidsperioden utgör gränsen mellan prekambrium och kambrium som är den äldsta perioden i Paleozoikum. Genom efterföljande blockrörelser har Visingsögruppen förkastats och bevarats på bl.a. Visingsö i Vättern varav gruppen fått sitt namn. Brottlinjerna efter vilka förkastningarna utlöstes var sannolikt anlagda i prekambrisk tid och aktiva redan under gruppens avsättning. Visingsögruppen indelas i tre enheter (Collini 1951) varav endast delar av de två undre finns representerade inom kartområdet Hjo NO. Dominerande bergarter är delvis kvartsitartade sandstenar, arkoser och grova konglomeratartade bildningar. De sistnämnda, som bl.a. är blottade på ögrupperna Fjuk (8i) och Jungfrun (7h), antyder en avsättning i närheten av en kraftig tektonisk störningszon.

Den tredje och yngsta delen av berggrunden inom kartområdet Hjo NO utgörs av paleozoiska bergarter som började bildas för ca 570 miljoner år sedan. Denna sedimentationsprocess pågick sedan i omkring 200 miljoner

år. Lagerföljden består i grova drag av sandsten som äldsta led, varpå följer lerskiffer, alunskiffer och kalksten. Avsättningen av denna yngsta bergartsgrupp var avslutad för ca 400 miljoner år sedan.

Efter denna period har sannolikt blockrörelser förekommit längs Vätterbassängens stora brottlinjer samt längs den stora öst—västliga brottzon som lett till att kambrosilurbergarterna kunnat bevaras inom det triangelformade område som utgör östgötaslätten. De enda mera genomgripande geologiska händelser som kan påvisas inom kartområdet i övrigt härrör från de kvartära nedisningarna. Ett geologiskt händelseförlopp inom kartområdet återges kortfattat i tabellform nedan.

Schematiserad, kronologisk indelning av den geologiska utvecklingen inom kartområdet Hjo NO.

Ungefärlig ålder i miljoner år	*Geologiskt förlopp*
10 000 (år)	Den senaste landisen drar sig tillbaka.
1—2	De kvartära nedisningarna börjar. Förkastningar och blockrörelser.
400—570	Paleozoisk sedimentation med bildning av sandsten, skiffer och kalksten.
570	Erosion av Visingsögruppens bergarter. Mangammalmer vid Bölet bildas? Förkastningar och blockrörelser med åtföljande brecciebildning.
700—800	Visingsögruppens sediment avsätts i anslutning till betydande förkastningar.
800—1 700	Deformation och erosion av den äldre prekambriska berggrunden. Upprepad intrusion av diabasmagma. Sprickbildning och förkastningar.
1 700—1 750	Intrusion av postorogena graniter. Förkastningar.
1 800—1 850	Intrusion av svekokarelska serorogena graniter. Migmatitomvandling. Metamorfos och veckning.
1 850—1 900	Intrusion av diabasmagma? Sprickbildning.
1 900	Intrusion av den svekokarelska synorogena bergartssviten med åtföljande deformation. Metamorfos och veckning.
1 900—2 000	Konsolidering och begynnande nedsänkning av de svekokarelska bergarterna.
2 000	Avsättning i grundhav av vittringsmaterial samt vulkaniska utbrottsprodukter. Äldre bergarter okända.

Den prekambriska berggrunden

Av

Hugo Wikman

Karta och beskrivning, allmänt

Vid det geologiska rekognoseringsarbetet har använts topografiska kartan Hjo NO (1: 50 000), ekonomiska kartor (1: 10 000) samt flygbilder (1: 60 000). De sistnämnda har i huvudsak endast utnyttjats vid den flygbildstolkning, som ligger till grund för den tektoniska kartans sprickbild. Kompletterande information angående det tektoniska mönstret inom området har även erhållits i fält. Den kartbild som presenteras i berggrundskartan bygger, när det gäller urberget, till stor del på direkt fältobservation av den blottade berggrunden (hällobservation). Inom jordtäckta områden har information från geofysisk markmätning, borrningar samt i viss mån kartan över magnetisk totalintensitet använts. Beträffande sistnämnda karta bör påpekas att den endast i sina huvuddrag fanns tillgänglig när berggrundskartan ritades. Av de geofysiska undersökningarna kan nämnas refraktionsseismiska mätningar i nordöstra hörnet av kartområdet för att fastställa gränserna mellan urberg, Visingsögruppen och Paleozoikum. Detta arbete har utförts av SGU:s geofysiska byrå.

Hällmarkeringarna har övertagits från jordartskartan Hjo NO (SGU Ae 22, 1975) vars hällbild utgjort underlag vid karteringen. På något enstaka ställe har även kompletteringar utförts. För urbergsområdet norr om Karlsborg (8f—9f) bör påpekas att hällmarkeringarna på kartan är förstorade på åtskilliga ställen och inte stämmer helt med verkligheten. Detta beror på att området delvis är sönderstyckat av mycket smala jordtäckta dalar i ungefär NNV. Mellan dalarna, som återspeglar sprick- eller krosszoner, sticker smala urbergsribbor upp där berget är mer eller mindre blottat. Tyvärr går detta inte att återge i den aktuella kartskalan, varför blottat berg överdrivits på bekostnad av jordtäckt område.

Den geologiska kartbilden avser att i möjligaste mån återge berggrundens uppbyggnad så noggrant och korrekt som möjligt. Generaliseringar är dock nödvändiga både beträffande indelning i olika enheter och beteckning samt konturläggning av desamma. Bergarternas genes ligger till grund för indelningen av berggrunden och beteckningarna av de olika enheterna följer det standardiserade schema som används inom SGU vid karteringen i södra och mellersta Sverige. Gränserna mellan olika bergarter markeras oftast med heldragna linjer, men gradvisa övergångar inom exempelvis

granitområden (med samma grundfärg) konturläggs ibland inte, utan överbeteckningar får utvisa den ungefärliga gränsen.

Överbeteckningar används också för att återge underordnade bergartsenheter, inneslutningar etc., vilka inte kan konturläggas på grund av att de är för små. Symboler som används för exempelvis granitgångar i äldre berggrund kan av naturliga skäl inte återge gångarnas verkliga läge, utan avser i stället att ge läsaren en uppfattning av gångarnas uppträdande och relativa antal. För att särskilt framhäva en mindre enhet, eller vid gränsfall, har ibland enhetens storlek överdrivits så att den kunnat konturläggas. I vissa fall har även flera mindre, tätt liggande enheter av samma slag samlats till en större enhet inom en kontur.

På grund av den låga blottningsgraden måste gränsdragningen mellan framför allt de tre stora bergartsgrupperna tas med reservation i vissa fall. Framför allt gäller detta området vid Granby (5j), samt även på västra sidan av Vättern innanför Rissnäset (9f). Vid det sistnämnda området har gränsen mellan urberg och Visingsögruppen lagts där urbergsblottningarna upphör, och där det samtidigt sker en markant ändring i topografin.

Beskrivningen av den prekambriska berggrunden kommer att göras så enkel och lättfattlig att konsumenter med varierande bakgrund och intressen kan tillgodogöra sig densamma. Bergarternas mineralogiska och kemiska sammansättning, metamorfos, genetiska förhållanden etc. kommer således inte att diskuteras i detalj. Läsaren måste dock förutsättas ha en viss geologisk grundkunskap och känna till enklare geologisk terminologi. För ytterligare information hänvisas till populära geologiböcker skrivna på svenska och för svenska förhållanden. Exempel på sådan litteratur ges i litteraturförteckningen.

Geologiska arbeten som berör urberget inom kartområdet är fåtaliga. Från angränsande områden kan nämnas de nyligen utkomna berggrundskartorna Af 107 Linköping NO, Af 113 Linköping SO och Af 119 Linköping NV. Urberget inom de två förstnämnda områdena behandlas av Roland Gorbatschev, medan Hugo Wikman svarar för urberget inom Linköping NV. Gorbatschev ger även en ingående beskrivning och diskussion av framför allt Smålandsgraniterna inom Linköpingsområdet i uppsats nr 664 i SGU:s skriftserie C.

För området väster om Vättern finns inga nyare regionalgeologiska arbeten, utan man är hänvisad till de gamla geologiska kartbladsbeskrivningarna. Detaljstudier inom området har utförts främst vid Bölets malmfyndighet. Mangangruvorna var mycket tidigt kända och finns omnämnda i åtskilliga notiser och uppsatser under årens lopp. Flera av dessa behandlar

en del av de specifika mineral som finns vid malmfyndigheten, bl.a. baryt, vanadinit och edingtonit. Mera ingående beskrivning av manganfyndigheten finns bl.a. i beskrivningen till SGU Aa 162 Karlsborg av H. E. Johansson, SGU Ca 17 om Sveriges ädlare malmer och bergverk av F. R. Tegengren (1924) samt i en uppsats av P. Ljunggren (1958). Sistnämnde författare tar bl.a. upp malmens bildningssätt till diskussion.

I föreliggande kartbladsbeskrivning omnämns en del hällar eller hällområden och för att man lätt skall återfinna dessa på kartan har lokalangivelserna kompletterats med siffer-bokstavskombinationer som hänför sig till ett koordinatsystem. Siffrorna och bokstäverna återfinns i kartans yttre ram och anger inom vilket ekonomiskt kartblad respektive lokal ligger. I kartans ram finns också fyrsiffriga koordinater (i km) för rikets nät (RN), vilka använts för noggrann lägesangivelse av provtagningspunkter för bergartsanalys. Genom direkt mätning på kartan har femsiffriga koordinater kunnat anges, vilket innebär en noggrannhet på 100 m när.

Bergartsbeskrivningarna bygger förutom på observationer gjorda i fält även på de resultat som erhållits vid mikroskopisk och kemisk analys av representativa bergartsprov insamlade av författaren. Den mineralogiska sammansättningen baserar sig i huvudsak på punkträkningsanalys av bergartstunnslip. Antalet räknade punkter vid analyserna varierar beroende på textur och kornstorlek i de olika bergarterna. Universalbordmikroskopering har använts i en del fall för att bestämma plagioklasens anortithalt.

Vid beskrivningen av bergarternas mineralogiska sammansättning i volymprocent används följande indelning:

huvudmineral	> 25
väsentliga mineral	25—5
underordnade „	5—1
accessoriska „	< 1

I bergartsbeskrivningarna anges också ofta kornstorlek. Härvid har följande klassindelning tillämpats:

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

De kemiska bergartsanalyserna har utförts vid SGU:s laboratorium. För närmare upplysningar beträffande metodik, analys, noggrannhet etc. hänvisas till laboratoriet. Bergartsklassificeringen följer de anvisningar som utarbetats av Streckeisen (1967) samt Internationella Geologiunionen (IUGS), Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks (1973).

Karteringsarbetet har utförts under åren 1973—1975. Kartan i fig. 15 över Bölets mangangruvor bygger på H. E. Johanssons karta i beskrivningen till kartbladet Karlsborg Aa 162. För renritning av textfigurer och planscher svarar Elisabet Carlson, Margot Ekman, Anders Lundström och Lena Torbratt. Samtliga foton som berör den prekambriska berggrunden har tagits av författaren.

Petrografiska beskrivningar

Äldre ytbergarter och metabasiter

Kartområdets, genom blottningar eller på annat sätt kända urberg, upptas till största delen av graniter av olika slag. Bergarter, vars ursprung kan ledas tillbaka till vittringssediment eller vulkaniska utbrottsprodukter avsatta på jordytan, uppträder däremot mycket sparsamt. Samma gäller f.ö. även äldre metabasiter. På västra sidan Vättern är gnejser och metabasiter endast företrädda av skivor eller fragment inneslutna i den yngre granitberggrunden. De upptar inte någonstans så stora arealer att de kunnat konturläggas på berggrundskartan, utan de har markerats schematiskt i form av överbeteckningar.

De gnejser som finns i denna del av kartområdet utgörs i sin nuvarande dräkt av mer eller mindre finkorniga, mestadels relativt kvartsrika, gnejsiga bergarter vars ursprungsdrag av vittringssediment eller vulkaniskt material inte längre med säkerhet kan fastställas. Även förgnejsade granitbergarter kan tänkas ingå i denna bergartsgrupp.

H. E. Johansson urskiljde på gamla kartbladet Karlsborg (Aa 162) ett flertal olika gnejstyper från grå plagioklasgnejser till rödlätta, s.k. kalkfattiga gnejser. Även porfyriska gnejser med fältspatkristaller fanns representerade i nämnda beskrivning (jfr fig. 15 som bygger på Johanssons karta). Gnejsernas uppträdande som fragment eller skivor i den yngre granitberggrunden ansågs också mer eller mindre klarlagd. Visserligen angavs att vissa gnejser var aplitlika (finkorniga graniter), men i stort sett föreföll de att betraktas som äldre ytbergartsgnejser.

Vid den nykartering som utförts till föreliggande kartblad (Af 120) har det visat sig att åtskilliga av de bergarter som Johansson kallade gnejser i



Fig. 1. Blastomylonitisk utbildning i granit. Skalans längd 2 cm. 250 m söder om Bölet (9f).
Blasto-mylonite. Length of scale 2 cm.

själva verket utgörs av mycket kraftigt förskiffrade eller mylonitiserade bergarter. Flertalet av dessa har sannolikt utgjorts av graniter och bl.a. torde områdets yngsta, förskiffrade aplitgraniter delvis motsvara de gnejser som Johansson kallade rödlätta, kalkfattiga. Även de s.k. porfyriska gnejserna förefaller bestå av delvis omkristalliserade, kraftigt mylonitiserade granitbergarter (fig. 1).

Bland de gnejser som sannolikt inte är mylonitiserade yngre graniter dominerar mestadels grå, finkorniga bergarter. De är oftast rika på plagioklas, medan halten av kalifältspat vanligen är låg (jfr tab. 1). De ljusare grå gnejserna består således till största delen av plagioklas och kvarts. En extrem variant av denna gnejstyp är blottad vid stranden av Vättern några hundra meter norr om den lilla fiskehamnen sydost om Klangatorp (9f). Bergarten är gråvit till färgen, finkornig samt kraftigt tektoniskt bearbetad (fig. 2). Kvarts och plagioklas utgör ca 95 % av mineralinnehållet, vartill kommer smärre mängder av klorit, muskovit, apatit och opakmineral. Mineralinnehållet antyder således att ursprungsbergarten kan ha utgjorts av ett kvartsrikt sediment.

TABELL 1. Mineralfördelning i några finkorniga gnejser från området väster om Vättern (vol.-%).
Modal analyses of some fine-grained gneisses from the area west of lake Vättern (vol.%).

Nr	1	2
Kvarts	13	29
Plagioklas	25	51
Kalifältspat	1	+
Muskovit	+	1
Biotit	42	15
Klorit	2	+
Epidot	13	1
Apatit	2	1
Zirkon	+	+
Titanit	1	
Kalcit		+
Opakmineral	1	+
An-halt	25—28	~30

+ = halter < 0.5 %
1. 74:69. Grå, finkornig gnejs. — 100 m SV om Bölet (9f), 64994/14254.
2. 74:78. Grå, finkornig gnejs. — 250 m OSO om Klangatorp (9f), 64999/14265.

De mörkare grå gnejstyperna är betydligt vanligare än ljusa dito. I likhet med flertalet av områdets bergarter är de kraftigt förskiffrade och texturen är vanligen utpräglat lepidoblastisk. Mineralinnehållet domineras av plagioklas, biotit, kvarts och epidot, vartill kommer mindre mängder av titanit, apatit och opakmineral. De mörkaste gnejserna visar övergångar till amfibolit, men ingående mörka mineral t.ex. hornblände har omvandlats till klorit och epidot.

I likhet med gnejserna uppträder även amfiboliterna som långsträckta kroppar eller sliror i den yngre granitberggrunden. Ursprunget är oftast helt omöjligt att bestämma, men basiska gångbergarter och vulkaniter dominerar sannolikt. Den kraftiga mylonitiseringen av berggrunden har delvis överfört en del amfiboliter till glimmerskifferliknande bergarter som till 80—90 % utgörs av biotit, klorit och epidotmineral. Sådana kraftigt omvandlade, ofta slirformigt uppträdande amfibolitrester kan bl.a. studeras i de stora skärningarna vid riksväg 49 sydväst om Klangtorp (9f).

Vid någorlunda måttlig omvandling utgörs flertalet metabasiter av mörkt gråsvarta, finkorniga amfiboliter. Texturen är jämnkornig och mineralinnehållet domineras helt av hornblände och plagioklas. Anortithalten i plagioklasen uppgår till mellan 30 och 40 %, vilket är något högre värden jämfört med de mest basiska gnejserna. Av övriga mineral kan nämnas biotit, epidot, apatit, opakmineral och kvarts. Sekundär kvarts uppträder dessutom

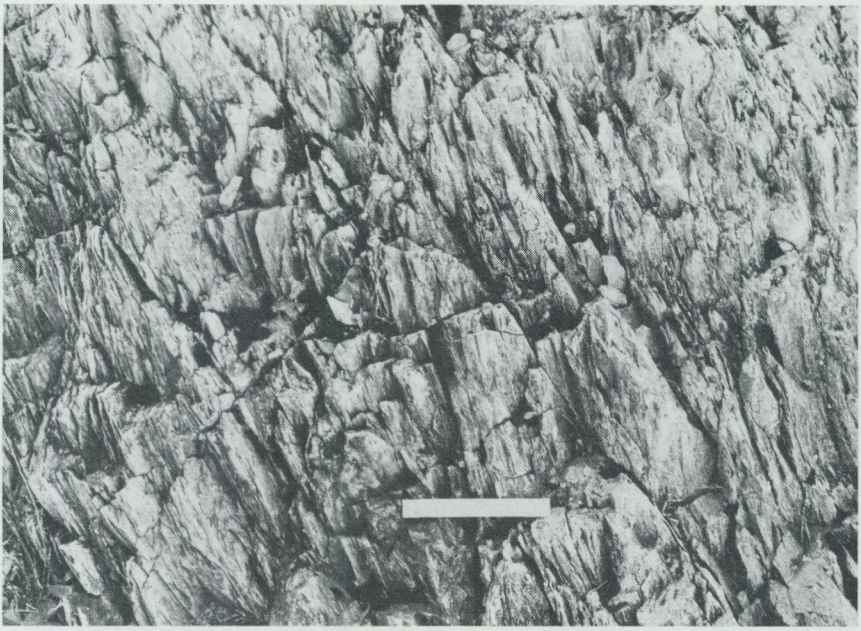


Fig. 2. Kraftigt tektoniserad plagioklas-kvartsitisk gnejs. Skalans längd 10 cm. 300 m öster om Klangatorp (9f).
Plagioclase-quartzitic gneiss showing intense tectonic crushing. Length of scale 10 cm.

ofta i smala sprickor och som oregelbundet fördelade, nybildade ögon. Sistnämnda företeelse är vanlig i smärre brottstycken eller invid kontakterna till omgivande granit. Även plagioklas uppträder i sådana fall nybildad (fig. 3).

Inom området öster om Vättern är ytbergarter endast kända genom de borrningar som utförts i trakten av Granby (5j) på gränsen till kartområdet Linköping NV. Urberget uppträder där inom en ringliknande struktur, som eventuellt utgör resterna av ett gammalt astroblem (meteoritnedslag). I flertalet av de borrkärnor som tagits upp i detta område är urberget också mycket kraftigt krossat och breccierat. Även kraftig mylonitisering har noterats i en del borrkärnor.

De bergarter som dominerar urberget utgörs av ljust grå, finkorniga ytbergarter av mestadels vulkaniskt ursprung (vanligen kallade leptiter). Det mest utmärkande draget för flera av de leptitprover som analyserats är uppträdandet av strökorn av både kvarts och fältspat. Kvarts är det dominerande mineralet bland strökornen och av fältspaterna är kalifältspat i

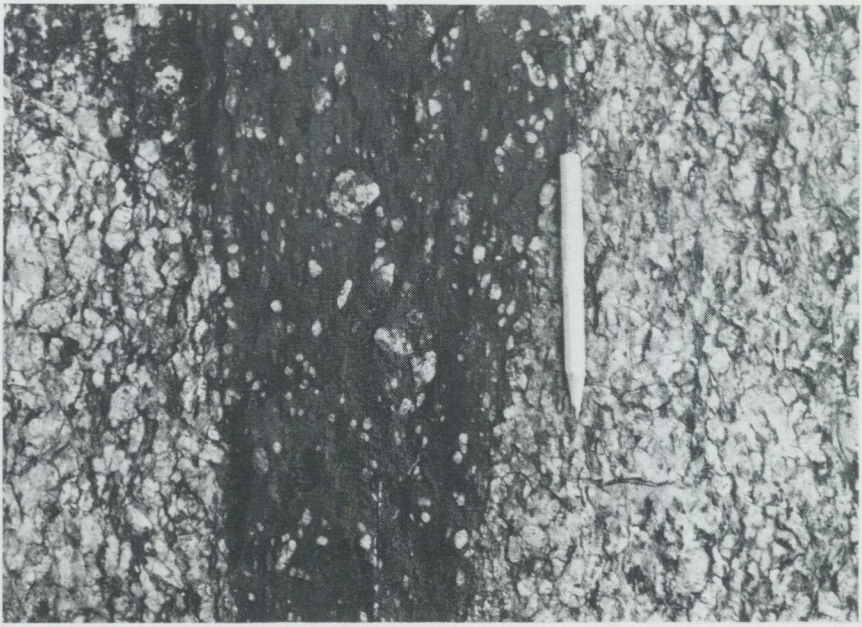


Fig. 3. Amfibolitinneslutning i grovporfyrisk Böletgranit. Nybildade ögon av både kvarts och fältspat. 700 m SSO om Nytorp (9f).
Xenolith of amphibolite with secondary porphyroblasts of quartz and feldspar.

klar övervikt över plagioklas. Samma fältspatförhållande kännetecknar även grundmassan, varför leptiterna överlag tycks vara kalidominerade. Förutom nämnda mineral uppträder i första hand biotit, muskovit samt epidot i leptiterna. Underordnade och accessoriska mineral är apatit, kalcit, zirkon och opakmineral. Muskovit och även kalcit är särskilt vanliga i de kraftigt krossade eller mylonitiserade leptiterna.

Strökornen av kvarts är de mest karakteristiska och tillika också mest välbevarade även vid kraftig förskiffring eller brecciering. Kvartsen har motstått påkänningarna bra och de vanligen långsträckta, droppformade strökornen är ofta orienterade i skiffrighetsriktningen. Granulering och sprickbildning är dock vanlig i kvartskornen.

Frågan om dessa metavulkaniters åldersställning är ej lätt att besvara, vilket inte minst beror på att blottningar saknas i området. Utseendemässigt är likheten med vulkaniska bergarter av ungefär samma sammansättning i den svekokarelska bergskedjan stor. Närheten till postorogena Smålandsporfyrer i söder försvårar emellertid en säker bestämning. Vanligen har dock dessa porfyrer en ännu mera distinkt vulkanisk prägel, men denna

kan ha blivit något störd genom den ovan omtalade kraftiga krossningen.

Svekokarelska djupbergarter

I ovan omtalade borrkärnor har även noterats bergarter, som skiljer sig från leptiterna både beträffande utseende och sammansättning. De har vanligen betydligt större kornstorlek och av fältspaterna dominerar plagioklas över kalifältspat. Mineralinnehållet i övrigt utgörs av kvarts och biotit, vartill kommer små mängder av bl.a. epidot, apatit, zirkon och opakmineral. Dessa bergarter utgör sannolikt s.k. gnejsgraniter vilka intruderat under den svekokarelska orogenesens första fas. Sammansättningsmässigt utgörs dessa bergarter av granodioriter.

Sannolikt samhöriga med dessa gnejsgraniter är mera basiska bergarter, som bl.a. uppträder i en borrning öster om Solhaga (5j). De representerar troligen dioritiska eller gabbroida led i den synorogena bergartssviten och är i så fall något äldre än gnejsgraniterna. De har också på berggrundskartan skiljts ut från graniterna. Påpekas bör dock att gränsdragningen är mycket schematisk. Dessa basiska intrusivbergarter är vanligen relativt grov-

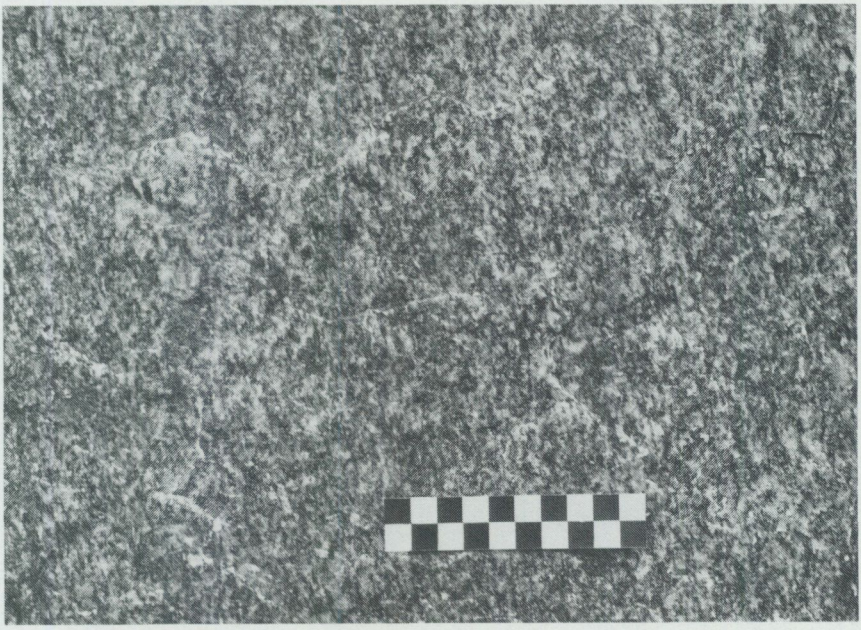


Fig. 4. Homogen, måttligt förskiffrad granodiorit. Ca 800 m nordost om Bölet (Askersund SO, 0f).
Homogeneous, weakly foliated granodiorite.

TABELL 2. Mineralfördelning i några gnejsgraniter från området väster om Vättern (vol.-%).
Modal analyses of some gneissic granites from the area west of lake Vättern (vol.%).

Nr	1	2	3	4	5*
Kvarts	29	38	23	30	26
Plagioklas (inkl. sericit)	52	38	50	42	47
Kalifältspat	2	5	2	3	6
Muskovit	2	2	+	+	3
Biotit	10	10	21	20	10
Klorit	+	+	1	+	1
Epidot	2	5	1	3	6
Allanit				+	+
Apatit	1	1	1	1	+
Zirkon		+	+	+	
Titanit		+		+	+
Kalcit	+			+	+
Opakmineral	1	1	+	1	1
An-halt			~30	20—23	~15

* = kemisk analys finns
\+ = halter < 0.5 %

1. 74:74. Tonalit. — 400 m O om Finnarängen (Askersund SO, 0f), 65006/14261.
2. 74:76. Granodiorit. — 400 m SSO om Finnarängen (Askersund SO, 0f), 65001/14259.
3. 74:77. Tonalit. — 600 m SSV om Granvik (Askersund SO, 0f), 65014/14265.
4. 80002. Tonalit. — 1 km SSV om Granvik (Askersund SO, 0f), 65011/14263.
5. 80003. Granodiorit. — 300 m ONO om Klangatorp (9f), 65000/14265.

korniga och har jämfört med gnejsgraniterna betydligt högre halter av plagioklas, hornblände och biotit. Kvartshalten har i gengäld sjunkit betydligt. Dessutom kan man notera att plagioklasens anortithalt ökat från omkring 30 % till över 40 %.

På västra sidan Vättern påträffas gnejsgraniter alldeles vid kartområdets norra gräns, nordost om Klangatorp (9f). Vid riksväg 49 kan sådana graniter även studeras söder om nerfarten till Klangatorp, samt längs riksvägen norrut mot Granvik (9E Askersund SO, 0f). Gnejsgraniterna hör till ett större, sammanhängande område med svekokarelska bergarter som sträcker sig mot nordväst förbi sjöarna Unden och Skagen (9E Askersund SV). Enligt kartan över Sveriges berggrund (Magnusson m.fl. SGU Ba 16) upphör området med gnejsgraniter ett stycke öster om Vänern i Gullspångstrakten.

De gnejsgraniter som anstår inom kartområdet och strax norr därom utgörs av grå till rödgrå, mestadels medelkorniga bergarter med relativt väl utbildad skiffrighet (fig. 4). Mineralogiskt kännetecknas graniterna av höga plagioklashalter på omkring 40—50 %, vartill kommer omkring 30 %

TABELL 3. Kemisk analys av gnejsgranit från området väster om Vättern (vikt-%). *Chemical analysis of gneissic granite from the area west of lake Vättern (weight %).*

Prov nr	80003		
SiO_2	68.4	P_2O_5	0.08
TiO_2	0.22	CO_2	0.13
Al_2O_3	15.9	F	0.03
Fe_2O_3	0.8	S	0.02
FeO	1.4	BaO	0.07
MnO	0.05	Summa	98.71
CaO	2.7		
MgO	1.03	Spårelement (ppm)	
Na_2O	4.7	Sr	340
K_2O	2.0	Rb	60
$H_2O > 105°C$	1.2	Zr	40
$H_2O < 105°C$	0.2		

80003. Granodiorit. — 300 m ONO om Klangatorp (9f), 65000/14265.

kvarts och 10—20 % biotit (tab. 2). Kalifältspat uppträder underordnat och av övriga mineral kan nämnas epidot som kan uppgå till ett par procent. Längre norrut har gnejsgraniterna en mera basisk prägel vilket framgår av tab. 2. Dessa gnejsgraniter kan klassificeras som tonaliter, medan de övriga är granodioriter—tonaliter. En kemisk analys av en granodioritisk gnejsgranit presenteras i tab. 3.

Gnejsgraniterna är förhållandevis homogena till sin utbildning, men här och var förekommer mer eller mindre intensiv ådergnejsomvandling. Välutbildade ådergnejser finns bl.a. i de ovan omtalade skärningarna i Granvikstrakten. Denna omvandling har ägt rum under den svekokarelska bergskedjeveckningens serorogena skede och är de enda säkra spår av densamma vi har i området. Några serorogena graniter har exempelvis inte med säkerhet kunnat identifieras.

Det kan f.ö. påpekas att säkra lämningar efter det s.k. intraorogena skede som finns belagt i stora delar av den svekokarelska bergskedjan inte heller iakttagits inom kartområdet Hjo NO. En del amfiboliter kan misstänkas vara gångintrusioner från denna period, men några avgörande bevis härför finns inte.

Smålands-Värmlandsgraniter

Av det blottade urberget inom kartområdet Hjo NO upptar olika slags postorogena graniter minst 90 % av arealen. De förekommer på båda sidor om Vättern samt även på ögruppen Erkerna i Vättern (8i). På östra sidan Vättern utgör graniterna en västlig utlöpare av det större massiv med grov-

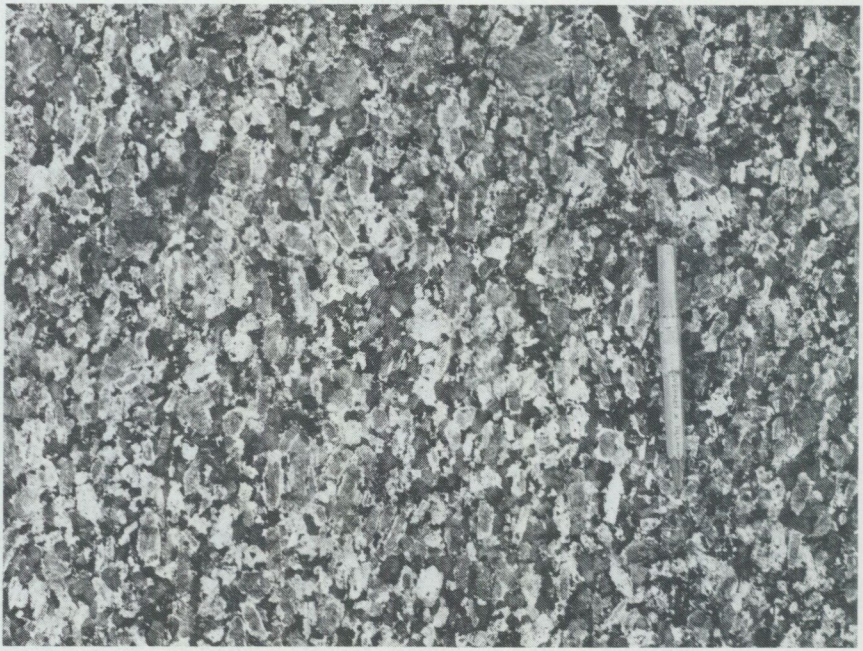


Fig. 5. Grovporfyrisk Böletgranit med parallellorienterade ögon. Vägskärning, 150 m väster om Furås (Hjo NV, 9e).
Coarsely porphyritic Bölet granite showing parallel structure.

porfyrisk Smålandsgranit som sträcker sig österut på kartområdet Linköping NV (SGU Af 119). Graniterna på Erkerna är i stort sett av jämnkornig typ, s.k. Växjögranit, medan området väster om Vättern återigen domineras av grovporfyriska graniter. De senare utgör med största sannolikhet en förbindelselänk mellan de postorogena granitområdena i Småland och Värmland.

Området väster om Vättern

De postorogena graniterna domineras här till övervägande delen av grovporfyrisk granit med långsmala, oftast parallellorienterade ögon. Denna granittyp kallades i beskrivningen till Karlsborg (SGU Aa 162) för Böletgranit, ett lokalnamn som kommer att användas även i föreliggande beskrivning bl.a. därför att orten Bölet sedan länge är välkänt i geologiska sammanhang genom sina mangangruvor. Inom angränsande områden i söder och väster uppträder graniter av liknande slag, exempelvis Vikaskogs- och Igelsjögraniterna. Även den s.k. Karlsborgssyeniten hör av allt att döma till denna postorogena granitsvit.

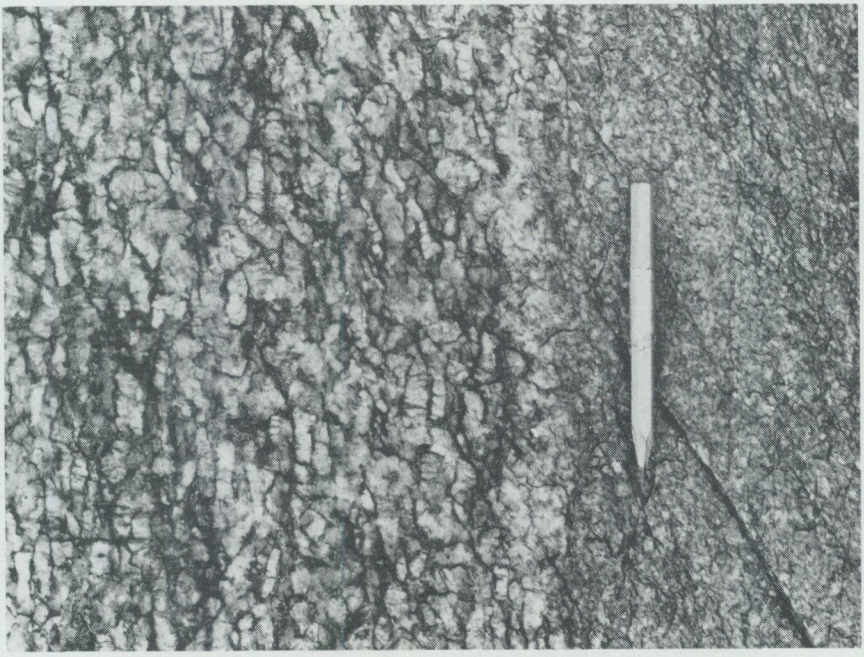


Fig. 6. Grovporfyrisk Böletgranit i kontakt med yngre finkornig granit. Båda graniterna är förskiffrade. 600 m söder om Bölet (9f).
Contact between coarsely porphyritic Bölet granite and younger fine-grained granite. Both granites show foliation.

Böletgraniten är vanligen ljust gråröd, grovkornig samt mer eller mindre porfyrisk. Ögonen är mestadels långsträckta och tillnärmat parallellställda. Orienteringen beror delvis på deformationsrörelser i berggrunden, men förefaller att vara av primärt fluidal natur i bättre bevarade partier av graniten. I sådana fall är också kalifältspatögonen vackert mantlade med plagioklas (fig. 5). Vanligen är Böletgraniten mer eller mindre tektoniskt påverkad, vilket ytterligare framhäver dess parallellstruktur (fig. 6). Beträffande ögonen bör dock påpekas att mantlarna försvinner vid tektoniseringen. Vid långtgående mekanisk påverkan blir ögonen linsformade och delvis nedkrossade och bergarten får ett slirigt eller vresigt utseende (fig. 7). I de mest intensiva deformationszonerna saknas ögonen helt och bergarten övergår i en gnejsliknande mylonit (fig. 8). Denna gradvisa övergång kan bl.a. studeras från söder mot norr i de stora skärningarna längs riksväg 49 sydväst om Klangatorp (9f).

Den mineralogiska sammansättningen i ett par Böletgraniter redovisas i tab. 4. Här bör dock påpekas att det endast rör sig om grova närmevärden,

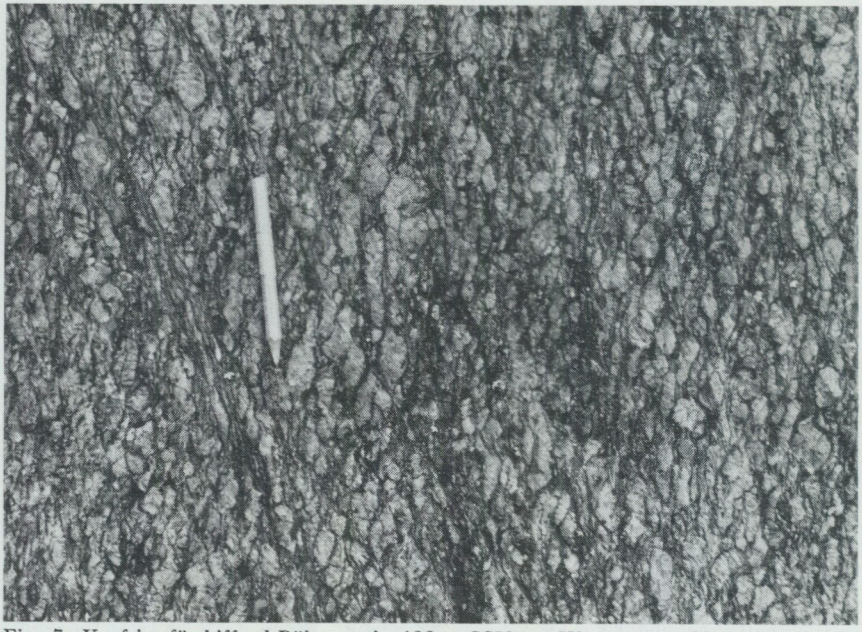


Fig. 7. Kraftigt förskiffrad Böletgranit. 400 m SSV om Klangatorp (9f).
Bölet granite showing strong foliation.

eftersom denna granittyp är för grovkornig för punkträkningsanalys. I stora drag dominerar kvarts, kalifältspat och plagioklas mineralinnehållet, med halter på omkring 15 till 40 % vardera. Resterande 5—15 % utgörs i första hand av biotit, klorit och epidot, vartill kommer små mängder titanit, apatit, zirkon och opakmineral. Trots osäkerheten i bestämningarna förefaller kvartshalten i Böletgraniten att ligga ganska högt jämfört med många grovporfyriska, postorogena graniter i området öster om Vättern (jfr SGU Af 107, 113, 119 samt C 664). Enligt Streckeisens klassifikationsschema (1973) utgörs Böletgraniterna av tämligen normala, egentliga graniter.

Kalifältspaten utgörs mestadels av en mer eller mindre pertitisk mikroklin både i ögon och grundmassa. Ögonen som nästan alltid är långsträckta varierar relativt lite i storlek med längder runt 2—3 cm (jfr fig. 6). Färgen på de välbevarade ögonens kalifältspat är oftast svagt röd eller rödviolett till skillnad från ögonen i tektoniserade granitpartier där gråare färgnyanser dominerar. Båda typerna av kalifältspatögon uppvisar vanligen välutbildade, enkla tvillingbildningar.

Plagioklas uppträder genomgående i mindre mängd än kalifältspat. En del av mineralet uppträder i grundmassan, medan resten utgör de vita eller gråvita mantlarna runt kalifältspatögonen. Bredden på mantlarna varierar,



Fig. 8. Mylonitiserad Böletgranit. 350 m SSV om Klangatorp (9f).
Bölet granite showing mylonitization.

TABELL 4. Mineralfördelning i postorogena, grovkorniga graniter från området väster om Vättern (vol.-%).
Modal analyses of postorogenic, coarse-grained granites from the area west of lake Vättern (vol.%).

Nr	1	2	3*	4*	5*	6
Kvarts	29	17	25	37	13	17
Plagioklas (inkl. sericit)	14	23	15	25	28	29
Kalifältspat (delv. pertit)	40	32	45	28	28	37
Muskovit	2	1	7	1	+	+
Biotit	8	17	4	2	19	7
Klorit	1	+	+	+	+	+
Epidot	5	5	3	4	4	7
Allanit		+		1		
Amfibol					4	
Apatit	+	1	+	+	+	1
Zirkon	+	+		+	+	
Titanit		1		+	2	1
Kalcit				+	+	
Opakmineral	i	2	1	1	1	+
An-halt	10—15		~15		~20	15—20

* = kemisk analys finns
\+ = halter < 0.5 %

1. 73:2. Gråröd Böletgranit. — 900 m SV om Tjuvanabben (9f), 64961/14259.
2. 80015. Gråröd Böletgranit. — 400 m SV om p. 113,6 (Hjo NV—NO, 9e—f), 64975/14249.
3. 80007. Gråröd Böletgranit, förskiffrad. — 500 m SSV om Klangatorp (9f), 64994/14260.
4. 73:3. Gråröd granit. — 1 km SV om Tjuvanabben (9f), 64960/14259.
5. 80013. Röd monzonitisk granit. — 500 m OSO om Stenbergsgården (Hjo NV, 9e), 64955/14249.
6. 80014. Röd monzonitisk granit. — 200 m N om Skyttestugan (Hjo NV, 9e), 64963/14225.

men ligger oftast omkring en till två millimeter. Undantagsvis kan dock plagioklasbården dominera och i extremfall bildar mineralet ensamt hela strökornet. Anortithalten i plagioklasen ligger oftast omkring 10—20 %. Bestämningarna är dock rätt grova, beroende på att mineralet i fråga är rätt kraftigt omvandlat till bl.a. finfördelad glimmer, s.k. sericit.

Glimmermineralen, som f.ö. oftast uppträder samlade i stråk eller sliror mellan de grövre kvarts-fältspataggregaten, domineras i välbevarade granitpartier av biotit och klorit. Vid kraftigare förskiffring är dock muskovit det viktigaste glimmermineralet och utgör ibland en väsentlig del av hela mineralinnehållet (tab. 4). Höga muskovithalter ger sig till känna redan i fält genom att bergarten härigenom får ett skimrande utseende.

Kemiska analyser av huvudelementen i några Böletgraniter redovisas i tab. 5. Som framgår härav är graniterna kiselsyrarikare än de porfyriska graniter som nämndes ovan i samband med den mineralogiska sammansätt-

TABELL 5. Kemiska analyser av postorogena, grovkorniga graniter från området väster om Vättern (vikt-%).
Chemical analyses of postorogenic, coarse-grained granites from the area west of lake Vättern (weight %).

Nr	1	2	3	4	5
SiO_2	78.0	73.0	74.5	76.0	62.7
TiO_2	0.27	0.28	0.25	0.21	0.72
Al_2O_3	11.0	12.3	12.6	11.0	17.2
Fe_2O_3 = total Fe	1.4	1.8		1.0	
Fe_2O_3			1.5		1.7
FeO			0.6		2.7
MnO	0.01	0.03	0.03	0.02	0.12
CaO	0.3	0.9	0.7	0.8	2.4
MgO	0.58	0.47	0.50	0.26	1.00
Na_2O	3.9	3.5	3.2	2.5	4.4
K_2O	2.0	5.1	4.6	6.1	5.6
$H_2O > 105°C$			0.3		0.8
$H_2O < 105°C$			0.1		0.1
P_2O_5			0.06		0.19
CO_2			0.04		0.13
F			0.06		0.07
S			< 0.02		< 0.02
BaO	0.05	0.09	0.07	0.08	0.30
Summa	97.51	97.47	99.01	97.97	100.03
Spårelement (ppm)					
Sr				70	
Rb				110	
Zr				100	

1. 75:98. Gråröd Böletgranit. — 500 m SSV om Klangatorp (9f), 64994/14260.
2. 75:99. Gråröd Böletgranit, förskiffrad. — 500 m SSV om Klangatorp (9f), 64994/14260.
3. 80007. Gråröd Böletgranit. — 500 m SSV om Klangatorp (9f), 64994/14260.
4. 73:3. Gråröd granit. — 1 km SV om Tjuvanabben (9f), 64960/14259.
5. 80013. Röd, monzonitisk granit. — 500 m OSO om Stenbergsgården (Hjo NV, 9e), 64955/14249.

ningen. Alkaliförhållandet i två av proverna visar dock en för flertalet postorogena graniter normal trend med högre värden för K_2O än för Na_2O. I det tredje provet är förhållandet omvänt, men det makroskopiska utseendet och fältuppträdande antyder ändock att graniten hör samman med Böletgraniterna.

Väster om Rissnäset (9f) förekommer inom ett begränsat område en rödlätt, medel- till grovt medelkornig granit som saknar de för Böletgraniten typiska ögonen (fig. 9). Den mineralogiska sammansättningen är i stora drag jämförbar med Böletgranitens och de dominerande mineralen utgörs av kvarts och fältspat. Kvartshalten är dock något högre och kalifältspaten, som består av en grov mikroklinpertit är i klar övervikt över

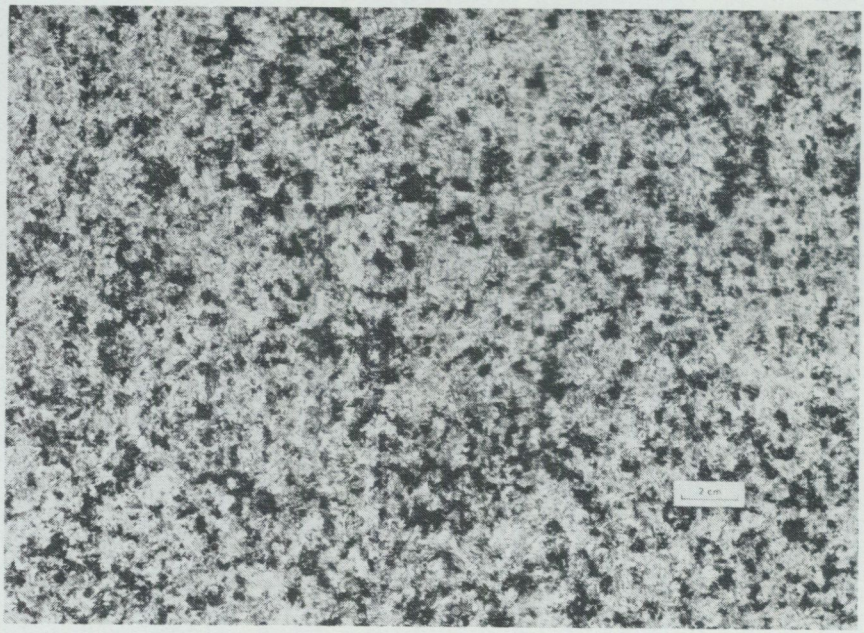


Fig. 9. Homogen, medelkornig, postorogen granit. Skalans längd 2 cm. 1 km sydväst om Tjuvanabben (9f).
Homogeneous, medium-grained, postorogenic granite. Length of scale 2 cm.

plagioklas. Sistnämnda mineral är kraftigt sericitiserat varför anortithalten är svår att bestämma. Sannolikt utgörs dock plagioklasen av oligoklas. Granitens kemiska sammansättning (tab. 5) återspeglar ovannämnda mineralogi i höga värden för SiO_2 och K_2O. I stora drag pekar dock granitens kemi på ett nära släktskap med Böletgraniten.

Några kontakter mellan Böletgranit och nämnda granit har ej observerats i fast häll. I utsprängda block från fast klyft har dock kontaktrelationer noterats som antyder att Böletgraniten är den äldre av de båda graniterna. Jämnkorniga graniter anstår också söderut i Karlsborgstrakten, men huruvida dessa kan korreleras med ovannämnda granit är ej klarlagt. H. E. Johansson (Aa 162) benämnde den södra granittypen för Karlsborgssyenit. Som framgår av de analyser som för jämförelsens skull redovisas i tab 4 och 5 är det inte fråga om några egentliga syeniter. Kvartshalten är dock så låg att de enligt Streckeisens klassifikation faller på gränsen mellan granit och monzonit.

Enligt Johansson övergår den s.k. Karlsborgssyeniten söderut i Hjotrakten i röd Växjögranit och den ansågs f.ö. också vara den yngsta graniten

TABELL 6. Mineralfördelning i några finkorniga graniter från området väster om Vättern (vol.-%).
Modal analyses of some fine-grained granites from the area west of lake Vättern (vol.%).

Nr	1	2	3*
Kvarts	31	30	33
Plagioklas (inkl. sericit)	20	27	20
Kalifältspat	37	30	33
Muskovit	4	8	4
Biotit	2	1	4
Klorit	1	+	+
Epidot	+	+	3
Allanit			+
Apatit	+		+
Zirkon	+		+
Kalcit		2	1
Opakmineral	4		1
An-halt	~10	5—10	8—12

* = kemisk analys finns
\+ = halter < 0.5 %

1. 74:70. Ljusgrå granit, förskiffrad. — 850 m SV om Klangatorp (9f), 64993/14256.
2. 74:75. Ljusgrå granit. — 300 m O om Klangatorp (9f), 64999/14265.
3. 80004. Gråröd granit. — 500 m SO om Finnarängen (Askersund SO, 0f), 65001/14259.

i Karlsborgstrakten. Ovan omtalade kontaktrelationer väster om Rissnäset samt observationer gjorda i omgivningarna väster och nordväst om Karlsborg syns tala för att de jämnkorniga graniterna är yngre än den porfyriska Böletgraniten. Kommande nykarteringar söder och väster om kartområdet Hjo NO ger sannolikt en mera definitiv lösning av dessa åldersrelationer.

Inom Böletgranitens område uppträder flerstädes finkorniga, aplitiska graniter. Trots att de flesta är mer eller mindre förgnejsade verkar merparten klart yngre än omgivande grovporfyriska granit. Där entydiga kontaktrelationer saknas måste man dock räkna med möjligheten att det rör sig om äldre gnejser eller förgnejsade prim- eller serorogena graniter. Några säkra bevis för bergarter bildade under det serogena skedet finns dock inte inom området. Som tidigare omtalats (s. 25) uppträder emellertid migmatiter i omgivningarna norr om kartområdet.

Aplitgraniterna är vanligen ljust rödgrå, finkorniga till fint medelkorniga samt mer eller mindre förskiffrade (fig. 10). Mineralinnehållet domineras till över 90 % av kvarts, kalifältspat och plagioklas med någon övervikt för de båda förstnämnda mineralen. Kalifältspaten utgörs i huvudsak av mikroklin och är endast i undantagsfall pertitisk. Plagioklasen har vanligen en anortithalt på 10—15 % vilket är liktydigt med en albitisk oligoklas. De

TABELL 7. Kemiska analyser av några finkorniga graniter från området väster om Vättern (vikt-%).
Chemical analyses of some fine-grained granites from the area west of lake Vättern (weight %).

Nr	1	2
SiO_2	74.4	73.4
TiO_2	0.26	0.14
Al_2O_3	11.6	13.4
Fe_2O_3 = total Fe	1.5	
Fe_2O_3		0.6
FeO		0.7
MnO	0.04	0.03
CaO	0.8	0.8
MgO	0.37	0.44
Na_2O	3.2	3.3
K_2O	5.1	5.2
$H_2O > 105°C$		0.3
$H_2O < 105°C$		0.1
P_2O_5		0.05
CO_2		0.25
F		0.03
S		< 0.02
BaO	0.06	0.05
Summa	97.33	98.69
Spårelement (ppm)		
Sr		220
Rb		90
Zr		80

1. 75:100. Gråröd granit. — 700 m SSO om Nytorp (9f), 64976/14263.
2. 80004. Gråröd granit. — 500 m SO om Finnarängen (Askersund SO, 0f), 65001/14259.

mörka mineralen upptar ca 5 % av mineralinnehållet och domineras av biotit, klorit och opakmineral. De senare liksom även en del kalcit, är delvis lokaliserade till sprickor och har sannolikt anknytning till manganmineraliseringen i området. Några analyser av finkorniga graniter återges i tab. 6 och 7. Som framgår härav är graniterna kvartsrika samt utpräglat kalidominanta. Sammansättningsmässigt liknar de således den grovporfyriska Böletgranit de vanligtvis intruderar.

Området öster om Vättern samt ögruppen Erkerna

Urberget inom nordöstra hörnet av kartområdet uppträder inom ett förkastningsbetingat, horstliknande parti, som blir bredare österut och där utgör västra delen av ett på kartområdet Linköping NV beläget, större område med postorogen granit. Gränsdragningen mellan urberg och yngre berggrund grundar sig till stor del på borrningar och seismiska undersök-

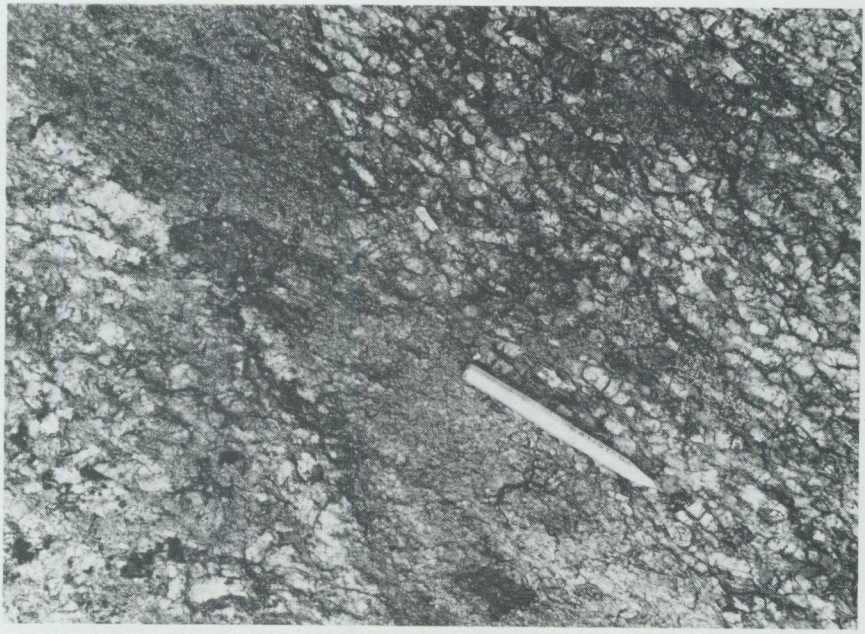


Fig. 10. Gång av yngre, finkornig granit i Böletgranit. 500 m söder om Bölet (9f). *Younger, fine-grained granite, cutting Bölet granite.*

ningar eftersom blottningar är mycket sällsynta i området. Granitområdets sydöstra gräns utgörs av en förkastning som sannolikt är en sydvästlig avlänkning av den stora förkastningszon som kan följas tiotals mil österut. Även granitområdets nordvästra gräns utgörs av förkastningar vars belopp sannolikt är rätt betydande.

Den grovporfyriska Smålandsgranit som sannolikt upptar hela urbergsområdet är delvis mycket kraftigt tektoniserad. Framför allt gäller detta den västra delen omkring N. Freberga (9j) där graniten delvis är helt nedkrossad och mylonitiserad. Tektoniseringen förefaller sedan avta österut. Graniten är blottad omedelbart öster om kartgränsen och består här av en rödgrå, grovporfyrisk granit med typiskt mantlade, flera centimeter stora ögon av mikroklinpertit. Analyser av grovporfyriska graniter från bl.a. detta område finns redovisade i beskrivningen till kartbladet Linköping NV (SGU Af 119).

Följer man granitribbans riktning från N. Freberga mot sydväst ut i Vättern, påträffar man efter drygt 3 km ögruppen Erkerna, där berggrunden i huvudsak består av postorogena graniter. Huruvida ögruppen utgör en direkt fortsättning av urbergsribban vid N. Freberga är svårt att avgöra

TABELL 8. Mineralfördelning i Växjögraniter från ögruppen Erkerna (vol.-%).
Modal analyses of Växjö granites from Erkerna (vol.%).

Nr	1	2	3
Kvarts	31	37	27
Plagioklas (inkl. sericit)	16	18	25
Kalifältspat (delv. pertit)	37	33	33
Epidot	2	2	2
Amfibol			+
Muskovit	2	+	1
Biotit	2	4	8
Klorit	6	5	2
Apatit	+	+	+
Zirkon	+	+	+
Titanit			+
Kalcit	+		
Opakmineral	3	1	2
An-halt		10—12	~5

+ = halter < 0.5 %
1. 74:28. Gråröd Växjögranit, förskiffrad. — Erkerna (8i), 64931/14428.
2. 74:30. Röd Växjögranit. — Erkerna (8i), 64932/14427.
3. 74:31. Röd Växjögranit. — Erkerna (8i), 64932/14427.

helt säkert. Med största sannolikhet är emellertid den nordvästra begränsningen av öarna, precis som på land, betingad av förkastningar (jfr fig. 20). På östra sidan är det emellertid mer osäkert om det uppträder förkastningar eller inte.

Eftersom Erkerna ligger utefter samma förkastningslinje som Fjuköarna och Jungfrun har tanken framförts att berggrunden på Erkerna skulle utgöras av jämförbara, mycket grovklastiska Visingsöbergarter som anstår på nämnda öar. På Fjuk och Jungfrun förekommer nämligen kolossala block (minst 10×10 m) i breccie- eller konglomeratartade bildningar (jfr fig. 29). Vid de besök som gjorts på Erkerna under nuvarande kartering har emellertid inte några bevis för ett liknande ursprung kunnat konstateras, utan berggrunden förefaller bestå av sammanhängande urberg i fast klyft.

Dominerande bergart inom ögruppen är en massformig, gråröd—röd, medel—grovkornig granit, som i alla avseenden verkar kunna jämföras med den granittyp som brukar kallas röd Växjögranit (jfr Af 107, 113 och 119). I slipprov har innehållet av kvarts och kalifältspat i runda tal bestämts till omkring 30 % vardera, medan plagioklas uppträder i något mindre mängd (tab. 8). Kalifältspaten uppträder f.ö. ibland i något större tavelformade kristaller så att bergarten får ett svagt porfyriskt utseende. Av övriga mineral, som alltid uppträder underordnat eller accessoriskt, kan

nämnas biotit, klorit och opakmineral.

På några av de sydligare holmarna i ögruppen uppträder gråröd, medel—grovkornig granit, som till skillnad från ovan omtalade granit är svagt förskiffrad. Sannolikt är dock även denna variant samhörig med Växjögraniten. Som framgår av tab. 8 är också mineralfördelningen i stort sett densamma som i de massformiga graniterna.

Yngre metabasiter

Mellan den postorogena Böletgraniten och de svekokarelska gnejsgraniterna i norr uppträder i kartområdets nordvästra hörn en delvis mycket kraftigt omvandlad metabasit kallad Böletgrönstenen (H. E. Johansson, SGU Aa 162). Denna grönsten fortsätter mot nordväst på intilliggande kartområde, och kan enligt Johansson följas till nordändan av sjön Viken (Askersund SV). Den utgörs i sin mest typiska utbildning av en relativt ljust grågrönaktig, kraftigt förskiffrad eller mylonitiserad bergart med ett grönskifferliknande utseende (fig. 11). Bland ortsbefolkningen förekommer för övrigt beteckningen "slirsten eller slirberg" vilket på ett träffande sätt an-

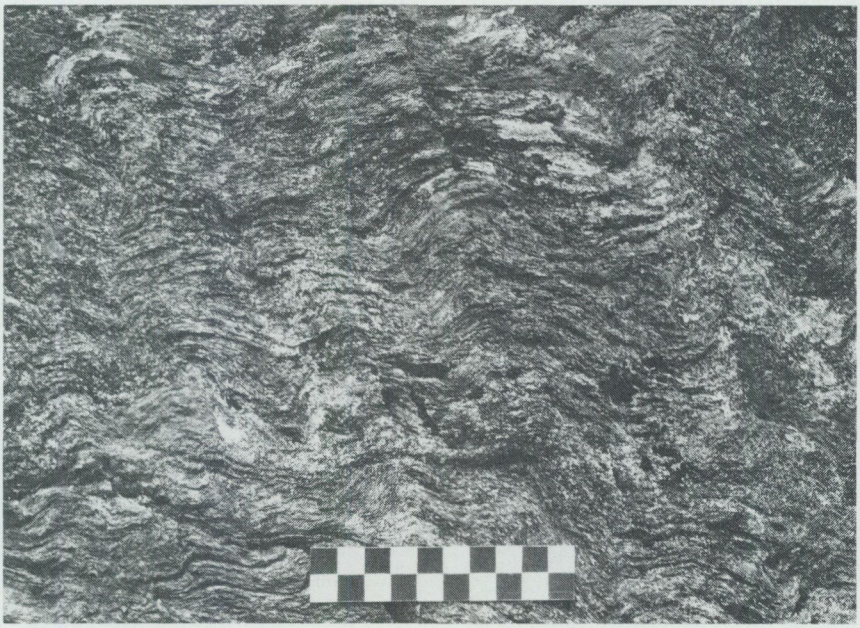


Fig. 11. Småveckad, kraftigt förskiffrad Böletgrönsten. Bölets ängar, 400 m NNV om Bölet (9f).
Bölet greenstone.

TABELL 9. Kemisk analys av Böletgrönsten (vikt-%).
Chemical analysis of Bölet greenstone (weight %).

Prov nr 75:97			
SiO_2	55.0	MgO	4.3
TiO_2	0.54	Na_2O	2.7
Al_2O_3	15.2	K_2O	1.1
Fe_2O_3 = total Fe	8.3	BaO	0.05
MnO	0.17	Summa	94.66
CaO	7.3		

75:97. Grågrön Böletgrönsten. — 200 m V om Klangatorp (9f), 64999/14260.

ger bergartens utseende.

Ett annat mycket karakteristiskt drag, i framför allt de östra delarna av grönstenen, är dess delvis mycket höga halter av karbonatmineral. Dessa uppträder mestadels i ett nätverk av sprickor, men finns även till viss del i grundmassan. På vittrad yta är de karbonatfyllda sprickorna karakteristiskt brunfärgade, medan färgen i friskt brott är gråvit eller svagt rosafärgad. Lättåtkomliga lokaler där grönstenen kan studeras finns bl.a. vid riksväg 49 väster om Klangatorp, samt vid de s.k. Bölets ängar nordväst om Bölet. Sistnämnda område som är naturskyddat är mycket intressant, inte minst ur botanisk synpunkt, med en rik lövängsvegetation och ett flertal arter av kalkälskande växter. Den goda jordmånen beror på den lättvittrade grönstenens mycket höga kalkhalt.

Vid mikroskopisk undersökning av förskiffrad Böletgrönsten visar sig grundmassan bestå av i huvudsak klorit, biotit, kraftigt sericitiserad plagioklas samt epidot-zoisitmineral. I varierande mängd uppträder dessutom kalcit, kvarts, titanit och opakmineral. Kalcitens huvudmängd är lokaliserad till sprickor där mineralet uppträder i betydligt större kristaller än i grundmassan. Kalcitens totala andel i bergarten är ibland betydande och torde kunna uppgå till omkring 20 %. Denna höga kalkhalt tyder sannolikt på sekundär tillförsel av kalcit, eftersom en analys av en Böletgrönsten utan alltför mycket synlig kalcit visar ett för grönstenar i allmänhet tämligen normalt värde på CaO (tab. 9).

På grund av grönstenens delvis mycket kraftiga förskiffring är bergartens ursprungliga karaktär svår att bestämma. Enligt Johansson förekommer i trakterna nordväst om kartområdet mera massivt utbildade, dioritartade bergarter som skulle kunna tyda på ett intrusivt bildningssätt. Detta påstående har emellertid inte kunnat verifieras vid de observationer som gjorts utanför kartområdet i samband med nykarteringen. Tvärtom uppträder vid kartområdets nordvästra gräns bättre bevarade metabasiter som

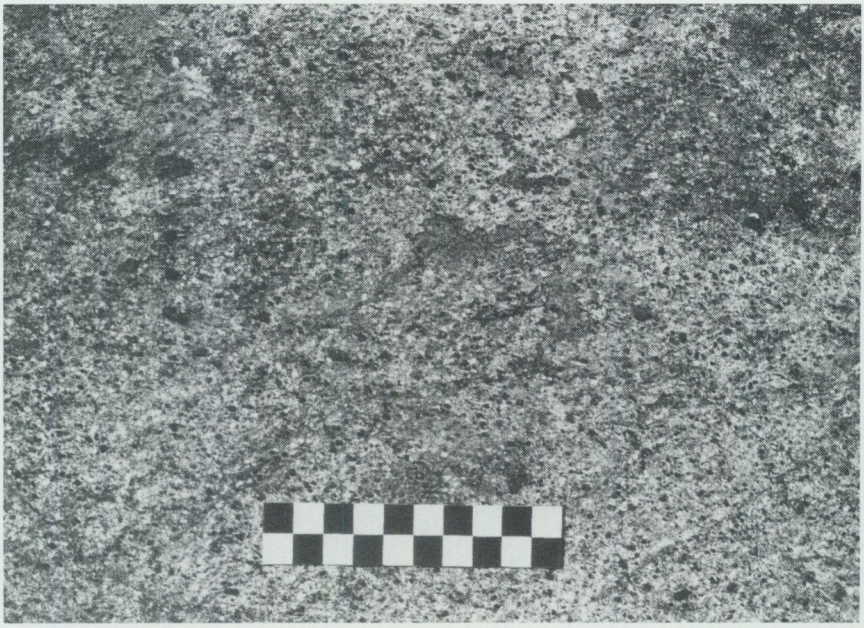


Fig. 12. Metadacitisk Böletgrönsten med talrika hornbländeporfyroblaster. 450 m väster om Bölet (9f).
Metadacitic Bölet greenstone spotted with numerous porphyroblasts of hornblende.

antyder ett suprakrustalt ursprung för Böletgrönstenen. Här förekommer nämligen finskiktade eller bandade metabasiter där amfibolit omväxlar med betydligt kvartsrikare metadacitiska partier. En del av de ljusare metadacitlagren har för övrigt mörka hornbländeporfyroblaster utbildade i grundmassan (fig. 12). Boudinerade, epidotrika körtlar eller lager är också ett vanligt inslag i denna gröntstenstyp (fig. 13). Dessa iakttagelser pekar således entydigt på ett suprakrustalt bildningssätt. Huruvida detta gäller för hela grönstensområdet får framtida karteringar västerut så småningom utvisa.

Böletgrönstenens åldersställning är också svår att fastställa. En del observationer i kontakten mellan finkornig granit och grönsten antyder att den sistnämnda skulle vara yngst och att den därmed också skulle vara yngre än de postorogena graniterna. Detta förutsätter emellertid en korrekt bestämning av den finkorniga granitens relativa ålder, vilket inte alltid är så lätt i den delvis hårt tektoniserade berggrunden. Sedan kartan ritades, har dessutom, efter en kraftig stormfällning av skog, andra kontakter mellan



Fig. 13. Bandad Böletgrönsten med boudinerade epidotrika lager eller linser. 450 m väster om Bölet (9f).
Banded Bölet greenstone containing bands or boudins rich in epidote.

metabasit och finkornig granit upptäckts väster om kartområdet, som antyder att förhållandet kan vara det omvända. Vidare är det osäkert om den metabasitgång som skär över Böletgraniten vid en lokal (jfr fig. 14) hör samman med Böletgrönstenen vilket tidigare antogs. Denna förskiffrade grönstensgång kan nämligen lika gärna knytas samman med de hyperitdiabaser som finns i området och som sannolikt är yngre än Böletgraniten. Detta bör man hålla i minnet när man studerar kartan där Böletgrönstenen antagits vara yngre än de postorogena graniterna.

På några av holmarna i ögruppen Erkerna anstår en finkornig metabasit med delvis bevarade strökorn av plagioklas. Bergarten är partiellt mycket kraftigt förskiffrad och visar då en stor likhet med Böletgrönstenen, bl.a. genom den höga halten av kalcit. Mineralet uppträder dels i grundmassan, dels i diffust avgränsade fläckar. Det senare utgör eventuellt omvandlade strökorn, eller karbonatfyllda hålrum i en ursprungligen blåsrumsrik bergart. Metabasitens ålder är ej fastställd, men den förefaller vara yngre än den röda Växjögraniten och gångformigt sätta igenom denna.

Prekambriska diabasgångar (hyperitdiabas)

Inom Bölets mangangruveområde finns två basiska gångar blottade, vilka på kartan neutralt betecknats som diabas. De är yngre än de postorogena graniterna, men deras samhörighet med andra kända diabastyper var vid kartans uppritande ej känd. Genom de erfarenheter som vunnits bl.a. vid SGU:s kartläggning i våra sydligaste landskap har emellertid klarlagts att diabaserna hör samman med de gånginrusioner som följer den stora för-

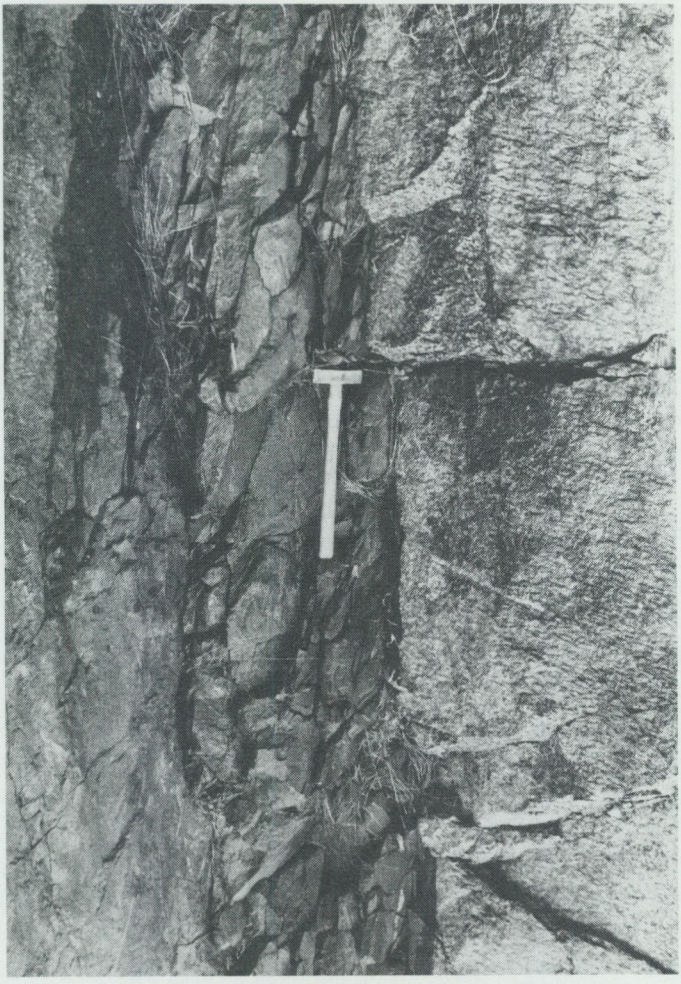


Fig. 14. Kraftigt förskiffrad metabasitgång klipper Böletgranit. 150 m väster om Furås (Hjo NV, 9e).
Strongly foliated dike of metabasite cutting Bölet granite.

TABELL 10. Mineralfördelning i två hyperitdiabaser från Böletområdet (vol.-%).
Modal analyses of two hyperite diabases from the Bölet area (vol.%).

Nr	1*	2*
Kvarts	+	1
Plagioklas (inkl. sericit)	52	46
Kalifältspat	4	3
Biotit	2	2
Klorit	1	1
Pyroxen (delv. omv.)	15	26
Amfibol	+	+
Serpentin	8	+
Apatit	3	5
Kalcit	+	
Opakmineral	14	16
An-halt	~35	35—40

* = kemisk analys finns
\+ = halter < 0.5 %

1. 80005. Gråsvart hyperitdiabas. — 1 km SV om Klangatorp (9f), 64990/14256.
2. 80009. Gråsvart hyperitdiabas. — 500 m SV om Klangatorp (9f), 64996/14258.

skiffringszonen genom södra Sverige (protoginzonen). Dessa gångbergarter har tidigare bl.a. kallats hyperiter, men har vid SGU:s nykartering i norra Skåne erhållit beteckningen hyperitdiabas, vilken kommer att användas i föreliggande beskrivning (jfr Kornfält, SGU Af 121).

Utmärkande för hyperitdiabaserna är deras vanligen mycket mörka, brunsvarta färg som beror på en pigmentering av i första hand plagioklas. Även ingående pyroxen och olivin är dock ofta mycket kraftigt pigmenterade. Detta kännetecken har visat sig mycket karakteristiskt och även vid relativt kraftig förskiffring kan man spåra pigmenteringen i framför allt plagioklas.

Båda hyperitdiabaserna vid Bölet är relativt markant förskiffrade, men uppvisar trots detta en odiskutabel pigmentering av framför allt plagioklas. Även mineralogin i övrigt visar en nära släktskap med hyperitdiabaser längre söderut i Sverige. Modala och kemiska analyser av de två gångarna presenteras i tab. 10 och 11, vilka kan jämföras med analyser i SGU Af 121 och 127 (under utarbetande).

Förutom dessa två gångar finns alldeles vid kartkanten söder om Tobäcksmossen en kraftigt förskiffrad basisk gång som skär över Böletgranitens skiffrighet. Riktningen är liksom hos ovannämnda gångar ungefär nord—syd, medan granitens skiffrighet är NNV—NV (fig. 14). Gångbergartens mineralinnehåll utgörs i huvudsak av glimmer- och epidotmineral och några spår av exempelvis pigmenterad plagioklas finns inte. Bergartens

TABELL 11. Kemiska analyser av två hyperitdiabaser från Böletområdet (vikt-%). *Chemical analyses of two hyperite diabases from the Bölet area (weight %).*

Nr	1	2
SiO_2	47.9	52.2
TiO_2	4.1	3.8
Al_2O_3	15.2	14.9
Fe_2O_3	5.7	6.7
FeO	6.2	4.9
MnO	0.17	0.19
CaO	6.6	5.0
MgO	4.8	3.9
Na_2O	3.4	3.3
K_2O	1.2	1.7
$H_2O > 105°C$	1.9	2.7
$H_2O < 105°C$	0.3	0.4
P_2O_5	1.3	1.0
CO_2	0.05	0.05
F	0.10	0.09
S	0.13	0,07
BaO	0.03	0.07
Summa	98.78	100.57
Spårelement (ppm)		
V	220	220
Cr	50	50
Co	40	30
Ni	50	30

Beträffande lokaler se tab. 10.
For localities see Table 10.

släktskap med diabashyperiterna är således oklar, men förefaller på nuvarande ståndpunkt mera trolig än en samhörighet med Böletgrönsten.

Nyligen gjorda åldersbestämningar av hyperitdiabaser i Skåne har givit åldrar på 1 600 ± 230 miljoner år (Klingspor 1976). Längre österut i Blekinge finns dessutom gångar som bestämts till omkring 870—975 miljoner år (Patchett 1978). Sannolikt finns alltså åtminstone två generationer av basiska gångar längs protoginzonens södra del. Den yngre gånggenerationen förefaller dock bl.a. ha en avvikande mineralogi och således saknas den karakteristiska pigmenteringen i dessa bergarter. I Värmland har en åldersbestämning av hyperitdiabas givit en ålder på 1 550 miljoner år, vilket är lägre än åldern för omgivande postorogena granit (Welin, Lundegårdh, Kähr 1980).

Malmer

Som framgått tidigare finns i nordvästra hörnet av kartområdet ett antal

malmkroppar som går under benämningen Bölets manganmalmer. Förekomsterna var tidigt kända och omnäms redan av Urban Hjärne 1694. Brytning har sedan dess pågått med längre eller kortare avbrott ända fram till år 1857. Från denna tid har brytningen endast varit i gång under kortare perioder. Sista brytningsperioden var under andra världskriget, och numera finns endast varphögar och inhägnade gruvhål som vittnar om gruvornas storhetstid. För ytterligare uppgifter om malmens användning, produktionssiffror m.m. hänvisas till SGU Ca 17, Sveriges ädlare malmer och bergverk av F. Tegengren.

Malmkropparna är lokaliserade till en kraftig krosszon i berggrunden och sträcker sig från Tobäcksmossens norra del någon dryg kilometer mot norr (jfr berggrundskartan samt fig. 15). Den malmförande zonen, som är drygt 300 m bred, är i sin tur uppdelad i ett antal smala stråk dit malmen är koncentrerad. Berggrunden inom det malmförande området består i huvudsak av förskiffrad Böletgranit med gnejs- och amfibolitrester, samt yngre, likaledes hårt förskiffrade, finkorniga graniter. Inom Böletgrönstenen däremot, har endast ett par små skärpningar tidigare rapporterats norr om Vretgruvan (SGU Aa 162). Dessa uppgifter har dock inte kunnat verifieras vid föreliggande nykartering. Väster om Bölets ängar har smärre malmanrikningar iakttagits i metabasiten, men dessa har utgjorts av koppar- och svavelkis och inte av manganmineral.

Manganmalmen uppträder som mycket smala, högst några meter breda, kroppar utsträckta i nord—sydlig riktning och stupande brant mot öster. Observera att malmkropparnas bredd är något överdriven i fig. 15. De utbrutna partierna av fyndigheterna är numera vattenfyllda och mer eller mindre övervuxna (fig. 16). Malmkropparna är lokaliserade till en förhållandevis ung brecciezon i den redan tidigare hårt tektoniserade och delvis mylonitiserade berggrunden. Detta framgår bl.a. av de block av breccior som iakttagits i varphögarna och i vilka delvis mylonitiserad Böletgranit ligger som brottstycken i en rödbrun nedkrossad mellanmassa (fig. 17).

Orsaken till breccieringen är svår att fastställa, men spänningar och rörelser längs Vätternsänkan är den mest sannolika anledningen. En annan tektonisk riktning och zon att notera är förkastningszonen i VNV som omtalats tidigare och som från kartområdets östkant (9j) sträcker sig tiotals mil österut. Extrapolerar man denna riktning till Vätterns västsida så hamnar man i trakten av Böletområdet. Som framgår av berggrundskartan avviker också förskiffringen inom detta område till mera VNV. Glidningar längs en sådan VNV-zon kan därför också tänkas svara för en brecciering och tänjning i den styvare graniten söder om Böletgrönstenen. Exempel

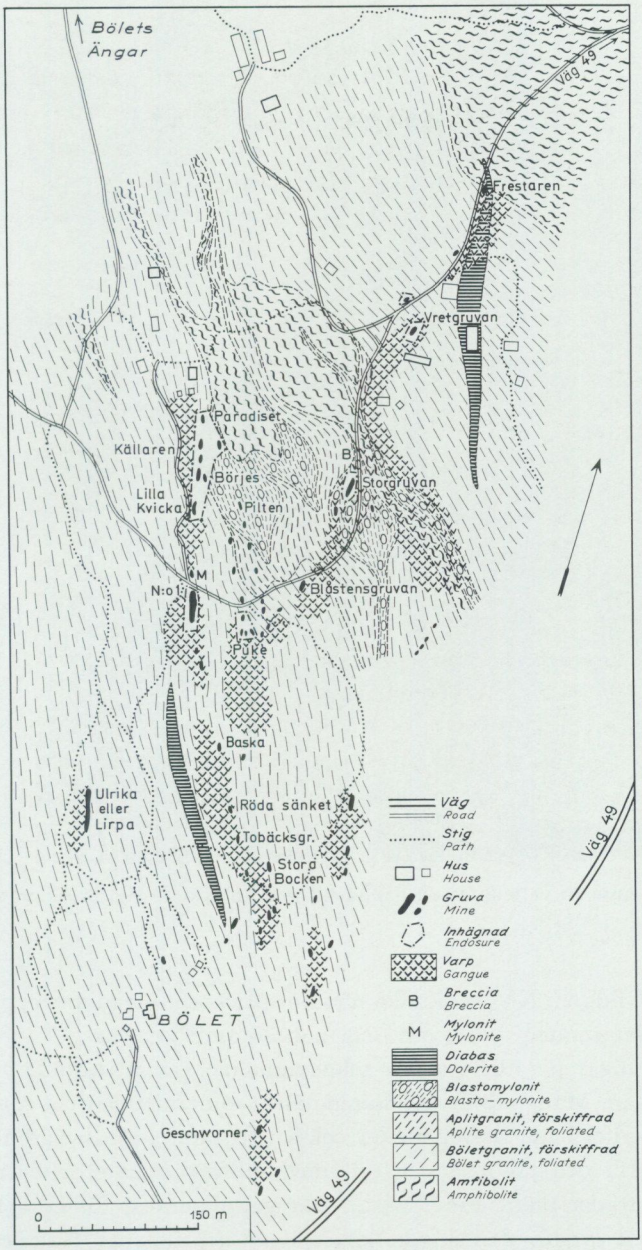


Fig. 15. Karta över Bölets mangangruveområde. Efter karta av Johansson i SGU Aa 162.
Map of the Bölet manganese deposits.



Fig. 16. Det numera vattenfyllda schaktet till gruvan N:o 1. 400 m söder om Bölet (9f).
The mine N:o 1.

på flusspatfyllda, i NNO riktade tensionssprickor, förekommer på flera ställen i Böletgraniten sydost om den malmförande zonen.

Enligt Ljunggren (1958) består manganmalmen av manganit, pyrolusit och psilomelan. Manganit är det dominerande mineralet och det uppträder antingen i nålformade aggregat eller också i en tätare, massiv utbildningsform. Pyrolusit och psilomelan utgör omvandlingsprodukter efter manganit och uppträder mera underordnat. Manganmineralen förekommer tillsammans med varierande mängder kalcit, baryt och flusspat. Kalciten finns för övrigt i två varianter av vilka den ena är svartfärgad och starkt manganhaltig. Baryt har rapporterats i stor mängd från en del av gruvorna i om-

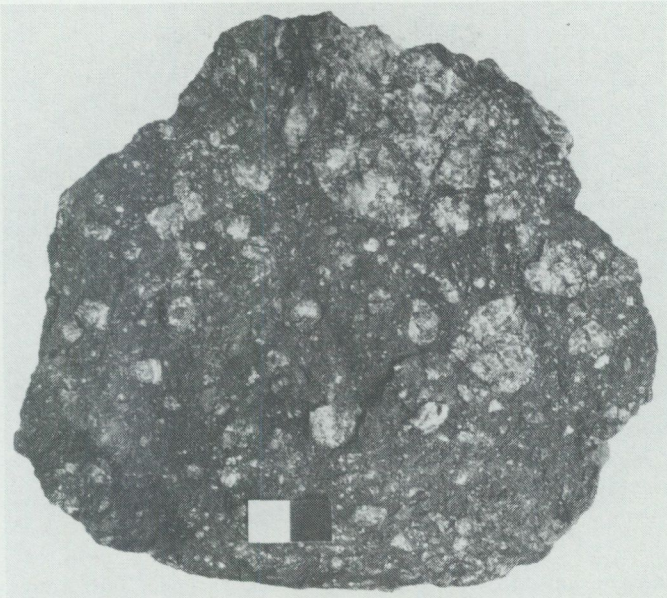


Fig. 17. Breccia med fragment av kraftigt förskiffrad Böletgranit. Block från varp öster om Tobäcksgruvan. Jfr fig. 15.
Breccia with fragments of strongly foliated Bölet granite.

rådet, vilket också verifieras av rikedomen på detta mineral i en del varphögar (fig. 18). Bölets manganmalmer är också kända för de sällsynta mineralen vanadinit (Nordenström 1879) och edingtonit (Sjögren 1906).

Malmen har enligt Ljunggren sannolikt bildats ur manganhaltiga lösningar som trängt ned i en brecciezon med delvis poröst berggrundsmaterial med sprickor och hålrum. Först bildades därvid manganoxider som senare genom reduktion överfördes i hydroxiden manganit. Härvid frigjordes bl.a. barium vilket skulle kunna förklara den stora mängden baryt. Manganiten omvandlades sedan i sin tur delvis till pyrolusit och psilomelan.

Åldern på manganmineraliseringen har inte diskuterats nämnvärt i litteraturen, men N. H. Magnusson anser i sin bok Malmgeologi (1953) att malmen av flera skäl knappast kan vara äldre än perm, kanske t.o.m. yngre. Vilka skälen är till detta ställningstagande anges dock inte. Det kan därför vara av intresse att nämna att smärre manganutfällningar iakttagits i Visingsösandsten (Gonzalo Vidal, pers. meddelande). I samband härmed bör också nämnas de sedan länge kända kopparmalmerna i Visingsögruppen (Ödman 1942), vilka är knutna till en zon med pyritföreningar vilka

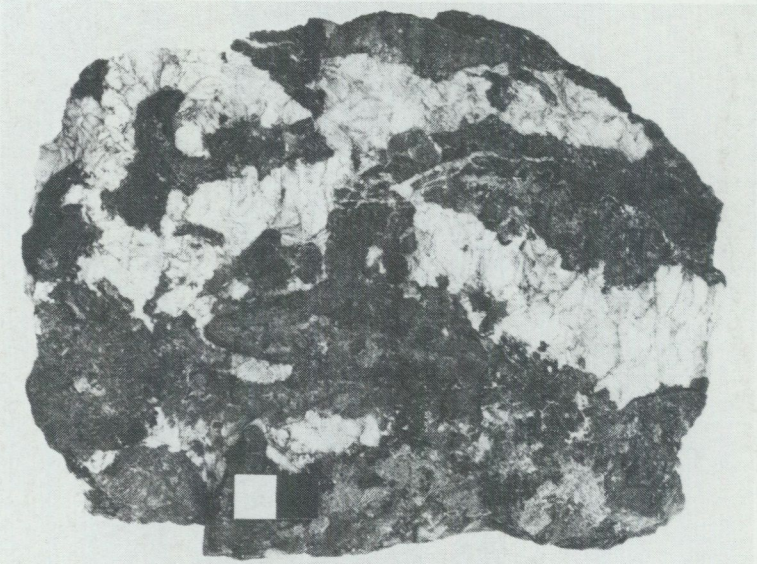


Fig. 18. Manganmalm med inslag av baryt. Block, sannolikt från Storgruvan. Jfr fig. 15.
Manganese ore and barite.

ursprungligen avsatts som järnhaltiga svavelföreningar i en kontinental bildningsmiljö. Detta stämmer väl med Ljunggrens antagande att Bölet-malmen bildats ur manganhaltigt ytvatten som sipprat ned i en brecciezon, medan i vattnet ingående järn avsatts högre upp i berggrunden eller lagerföljden under andra pH-förhållanden.

Det kan därför inte uteslutas att manganmalmen i Bölet bildats samtidigt med eller något senare än Visingsögruppens bergarter. Härvid bör också anmärkas att några manganmineraliseringar inte noterats i kambrosilurlager vare sig i Östergötland (Åke Bruun, pers. meddelande) eller Västergötland (Gonzalo Vidal, pers. meddelande).

Tektonik

Den tektoniska helhetsbilden inom kartområdet domineras till stor del av de störningar som upprepade gånger drabbat Vätternområdet längs ungefär nord—sydliga linjer. Detta innebär att de tidigaste strukturdragen, liksom också berggrundens metamorfa särdrag, är svårgripbara och till större delen utsuddade av unga störningar.

De äldsta spåren av de stora tektoniska händelseförloppen utgörs av veckade och migmatitiserade gnejser och graniter som uppträder vid och norr



Fig. 19. Smal mylonitzon genom grovporfyrisk Böletgranit. 700 m SSV om Klangatorp (9f).
Narrow mylonite zone through Bölet granite.

om kartområdets nordvästra hörn. De strukturer vi där kan studera har uppkommit vid den svekokarelska bergskedjeveckningens två huvudfaser. Under den första veckades områdets ytbergarter samman, varpå följde intrusion av bl.a. stora granitmassiv. Under den andra fasen omvandlades berggrunden ytterligare och vi fick en delvis ganska intensiv migmatitbildning. Det är framför allt denna sista omvandling som lättast kan iakttas inom omtalade område. Särskilt i trakten av Granvik (Askersund SO, 0f) finns rika möjligheter att studera det omväxlande migmatitmönstret.

Skiffrighetsstrukturerna inom migmatitområdet är i detalj skiftande, men som helhet verkar en relativt brantstående skiffrighet mot nordväst dominera. Söder om Böletgrönstenen blir bergartsmönstret ett helt annat. Migmatiterna försvinner således och berggrunden domineras av homogena graniter vars skiffrighetsstrukturer delvis är av ungt datum. Strukturerna har i första hand bildats vid tillkomsten av den stora förskiffringszon som skiljer de sydvästsvenska gnejserna från de svekokarelska bergarterna i öster. Förskiffringen har delvis varit mycket intensiv och lett till mylonitisering av berggrunden. Mylonitzonerna är dock oftast smala (fig. 19) och åtskilda av partier med mera ostörd berggrund.

Förutom dessa planskiffriga strukturer, vilka sannolikt har tillskärpts i samband med Vätternsänkans utveckling, finns även spår av veckstrukturer noterade inom området. Exempel härpå utgör bl.a. den småveckning som ibland förekommer i den i allmänhet starkt planskiffriga Böletgrönstenen (jfr fig. 11). Veckstrukturerna i stort är dock helt underordnade och sannolikt av lokal natur.

På östra sidan om Vättern (9j) finns mycket markanta skiffrighetsstrukturer utbildade i grovporfyriska graniter (jfr s. 35). Även där kan man misstänka att utlöpare från protoginzonen spelat en viss roll vid tektoniseringen, men att denna tillskärpts vid senare störningar längs Vätternsänkan. Denna sistnämnda brottektonik bör ha lett till Vätterns definitiva insjunkning, och varit anledning till att Visingsögruppens bergarter kunnat bevaras. Det bör dock framhållas att Vätternbassängen sannolikt funnits anlagd när sedimenten avsattes.

Frågan om Vättern bildats genom förkastningar eller inte har diskuterats flitigt i litteraturen under årens lopp. Att den östra begränsningen utgörs av förkastningar tycks vara helt klarlagt, medan den västra gränslinjens karaktär varit föremål för diskussion. Collini (1951) anser exempelvis att Visingsögruppens västra kontakt är en ren denudationsgräns. Andra undersökningar av bl.a. Lind (1972) talar för att Vättern är en gravsänka begränsad av förkastningar på båda sidor. Nyligen utförda seismiska undersökningar av Axberg och Wadstein (1979) visar att en stor förkastning finns i Vätterns västra hälft, vilken sedan trappstegsvis följs av allt mindre förskjutningar västerut. Vid sjöns västra begränsning skulle förkastningarna i princip ha klingat ut. Här bör dock påpekas att mätningarna, som gjorts från båt, verkar sluta ett stycke ut från västra stranden.

Iakttagelser, som gjorts i samband med karteringen av urberget på kartområdet Hjo NO samt även längre söderut, tyder på att förkastningar även utgör Vätternbassängens västra begränsning. Således har man svårt att tänka sig att det över 30 m höga stupet vid Klangahamns fiskehamn skulle vara något annat än en förkastningsbrant (fig. 20). Tilläggas kan att vattendjupet omedelbart utanför branten är minst 20 m. Förflyttar vi oss till Karlsborg något längre söderut finns där en borrning i vilken urbergsytans läge ligger minst 150 m under vattenytan. Topografiska förhållanden längre söderut i Jönköpingstrakten, liksom förekomsten av Visingsöbergarter i den djupa Bankerydsdalen, talar också för att förkastningar bör ha spelat en viktig roll längs Vätterns västra begränsning. Iakttagelser av breccie- och gångkvarts samt glidräfflor i urberget inom kartområdet Hjo NO förstärker



Fig. 20. Förkastningsbrant vid Vättern. Fiskehamnen 350 m sydost om Klangatorp (9f).
Dislocation slope.

denna slutsats.

Inom nordöstra delen av kartområdet har förkastningarnas läge delvis bestämts med hjälp av uppgifter från borrningar och geofysiska undersökningar. Morfologiska skiljaktigheter samt iakttagelser av spricksystem och glidräfflor har även inverkat vid utformningen av kartbilden. Beträffande förkastningarnas förlopp i Vättern är dessa betydligt osäkrare och de har av denna anledning ej redovisats på kartan.

Sedan länge har man emellertid antagit att en ribba, med förkastningar på ömse sidor, kunnat följas från Omberg i söder förbi ögrupperna Jungfrun, Fjuk och Erkerna upp mot N. Freberga (jfr plansch 1). Sannolikt utgör dock denna bild en kraftig förenkling av tektoniken i området. Bl.a. är ribbans östra begränsning mycket diskutabel och de tidigare omnämnda seismiska undersökningarna i Vättern har inte kunnat påvisa någon östlig förkastningslinje.

Det förefaller snarare troligt att "ribban" består av trappstegsliknande förkastningar från öster mot väster, längs vilken zon ovannämnda ögrupper är belägna. Fjuk och Jungfrun skulle således befinna sig på en lägre trapp-

avsats än Erkerna, medan zonens huvudförskjutning bör ligga väster om öarna och halvön vid Norra Freberga — Lemunda. Man kan även misstänka att zonen dessutom är sönderstyckad i mindre block eller plintar längs ungefär väst—ostliga linjer. Iakttagelser av spricksystem i VNV—OSO i Visingsösandsten på bl.a. Åholmen tyder nämligen på störningar ungefär vinkelrätt mot Vätterns längdutsträckning. Denna störningsriktning sammanfaller med den stora östgötaförkastningens riktning (jfr SGU Aa 107 och 119). Åldern på detta förkastningssystem är postsilurisk och sannolikt yngre än brottzonen längs Vätternsänkan.

Komplicerade tektoniska förhållanden förefaller även råda sydost om Vadstena (5j). De förkastningslinjer som där lagts ut måste betecknas som mycket osäkra eftersom de helt bygger på resultat från borrningar och geofysik. Den ringformade strukturen är enligt nu rådande uppfattning kanske inte resultatet av förkastningstektonik utan resterna av ett gammalt meteoritnedslag, s.k. astroblem. Närmare uppgifter härom finns i avsnittet om de paleozoiska bergarterna.

Den prepaleozoiska sedimentära berggrunden

Av

Gonzalo Vidal

Allmän inledning

Den prepaleozoiska sedimentära berggrunden inom kartbladet Hjo NO utgörs av bergarter tillhörande Visingsögruppen (tidigare benämnd Visingsöformationen).

Vad som nu återstår av Visingsögruppen finns huvudsakligen utanför kartbladets gränser. Gruppen är lokaliserad till Vätternbassängen. Dess gränser mot den i huvudsak av kristallint prekambrium bestående berggrunden, utgörs av två huvudförkastningar, som löper i NNO—SSV på ömse sidor om Vättern. Denna struktur har av Cloos (1939) och Lind (1967, 1972) tolkats som en gravsänka. Införkastade rester av Visingsögruppens bergarter finns dessutom vid Vätterns sydöstra hörn (sjöarna Landsjön, Stensjön och Tenhultsjön; se karta i Vidal 1974) och nordost om Landsjön. Vidare har Visingsöbergarter påträffats i norra Västergötland (vid Skagerns östra strand) och i Värmland (i trakten av Karlskoga, vid Möckelns östra strand).

Visingsögruppen har av Collini (1951) indelats i tre informella litologiska enheter (etager i Collini 1951) med en sammanlagd mäktighet av över 1 000 m. Denna indelning kommer att följas i föreliggande beskrivning. Det bör dock påpekas att Collinis undre och övre enheter har rangen av formationer, dvs. de är inom hela Vätternbassängen karterbara enheter. Vidare kan flera underenheter (också karterbara inom skilda delar av Visingsögruppens utbredningsområde) särskiljas inom Collinis mellersta enhet. Dessa underenheter torde därför också ha rangen av formationer. Nyckelområdet för en detaljerad underindelning av mellersta enheten ligger emellertid utanför kartbladets gränser (norr om Gränna). Vidare har gränsen mellan mellersta och övre enheterna inte fastslagits i detalj, vilket också lägger hinder i vägen för en formell indelning.

I fortsättningen kommer Collinis enheter att refereras såsom A, B och C i uppåtgående stratigrafisk följd. Det bör påpekas att inom kartbladet Hjo NO endast delar av enheterna A och B anstår. En klar bild av Visingsögruppens utbildning och avsättningsmiljö inom föreliggande kartområde kan emellertid inte lämnas utan att också dess utbildning i övriga delar av Vätternbassängen i någon mån berörs. Därför ges nedan en generell beskrivning av varje litologisk enhet för sig, åtföljd av en mera detaljerad beskrivning av enheternas utbildning inom kartområdet. Beskrivningen av enheterna är indelad i 5 avsnitt nämligen: utbredning, mäktighet, litologi, stratigrafiska gränser, avsättningsmiljö och beskrivning av varje enhet inom kartbladet Hjo NO.

Stratigrafi

Enhet A: generell beskrivning

Utbredning. Huvudsakliga utbredningsområden för enhet A är Vätterns västra, södra och sydöstra stränder (se karta i fig. 1 i Vidal 1974). Andra områden där blottningar av denna enhet föreligger är Gerabäcken (norr om Gränna), centrala delen av kustremsan vid Omberg, södra delen av ön Stora Röknen (norr om föreliggande kartblad) och östra stränderna av de i inledningen omnämnda sjöarna Skagern och Möckeln. Utbredningen av enheten inom kartbladet Hjo NO är relativt omfattande och berörs nedan.

Mäktighet. Collini (1951) uppskattade mäktigheten av enhet A till över 145 m. Det bör dock påpekas att gravimetriska mätningsresultat tyder på en mäktighet av ca 400 m i Vätterns södra delar (Lind 1972), där Visingsögruppen förefaller bestå endast av denna enhet. Borrdata från detta

område (Huskvarna och Jönköping) visar att mäktigheten uppgår till ett minimum av 176 m. I Vätternområdets sydvästra hörn (Bankeryddalen) förefaller mäktigheten inte överskrida 60—85 m, och nordväst om Bankeryd (Habodalen) är mäktigheten inte mer än 25 m. Mäktighetsskillnaderna återspeglar utan tvekan nedsänkningar av flera block efter förkastningar med olika språnghöjder. I Vätternområdets sydöstra hörn, kring Landsjön, uppgår mäktigheten till mer än 23 m, och vid Stensjön varierar den mellan 35 m och 52 m. Enhetens mäktighet inom kartbladet Hjo NO är betydande. Vid Karlsborg uppgår den till över 195 m, och i kartbladets nordöstra del torde den gott och väl överskrida 105 m.

Litologi. Enhet A består huvudsakligen av vita, gulvita och rödbruna sandstenar och är i huvudsak homogen inom hela utbredningsområdet. Litologiskt sett består den i regel av medel- till finkorniga kvartssandstenar med varierande (men i regel låga) mängder av kalifältspat. Konglomeratiska, arkosartade och moiga inslag förekommer sporadiskt i obetydlig mängd. Konsolideringsgraden är i regel låg och kan i vissa sammanhang vara så låg att de enskilda kornen lätt kan separeras. Motsatsen finns dock, och särskilt i enhetens allra översta led är konsolideringen hög och bergarten motsvarar närmast en ortokvartsit. Kvartskornens rundningsgrad varierar, så att kornen är väl eller tämligen rundade. De få fältspatkorn, som finns i sandstenen, är dock relativt kantiga. Cementet utgörs i regel av kiselsyra, men som nämnts ovan är konsolideringen (och därför också cementeringen) generellt låg.

Sedimentstrukturerna i denna enhet är begränsade till korsskiktning, som anger mycket varierande transportriktningar. Erosionsytor och erosionskanaler har iakttagits, vilka i samtliga fall överlagras av bruna, röda eller gröna lerlager, innehållande kantiga till tämligen väl rundade korn av kvarts, fältspat, biotit och mörka mineral. Dessa lager är i regel ytterst tunna (1 cm eller mindre), men mäktigare lager är kända inom kartområdet (se nedan) och i trakten av sjön Skagern.

Stratigrafiska gränser. Undre gränsen för enhet A är känd från ett antal borrningar vid Vätterns sydligaste del (Huskvarna, Habodalen och Bankeryddalen) och är blottad i trakten av Tranghalla. Den förefaller utgöras av en mer eller mindre skarp kontakt mot det av äldre, prekambriska bergarter uppbyggda underlaget. Detta är för övrigt okänt i övriga delar av Vätternbassängen. Enhetens övre gräns mot enhet B är endast känd från två lokaler nämligen Gerabäckens övre lopp (norr om Gränna) och inom föreliggande kartblad, Lemmingstorpevikens nordöstra strand (se karta i

fig. 21). Vid Gerabäcken är gränsen skarp och sandstenen överlagras av ett några centimeter mäktigt konglomeratlager innehållande relativt kantiga kvarts- och fältspatbollar, de största ca 1—2 cm i diameter. Konglomeratet överlagras av en rödbrun, okonsoliderad grusig sandsten innehållande mer eller mindre rundade kvarts- och fältspatkorn. Vid Lemmingstorpeviken är enhetens övre gräns något annorlunda utbildad vilket beskrivs nedan. Också i närheten av Klinten (fig. 21) kan en liknande kontakt misstänkas föreligga men är ofullständigt blottad (jfr nedan).

Avsättningsmiljö. De bergarter, som tillhör Visingsögruppens understa enhet A, avsattes troligen i ett floddelta. Härpå tyder bl.a. förekomsten av korsskiktning och den starka kvartsdominansen. Marina inslag förekommer dock sporadiskt i den för övrigt enhetliga lagerföljden i form av gröna och rödbruna lerlager, vilka innehåller acritarcher (marina växt-mikrofossil; se Vidal 1974). Förekomsten av omlagrade konglomerat tyder på frampreparering och erosion av förut avsatta sediment. De relativt sett talrika diskontinuitetsytorna representerar flertaliga sedimentationsavbrott i en för övrigt snabbt avsatt lagerföljd.

Enhet A inom kartbladet Hjo NO. Bergarter tillhörande enhet A är inom detta kartblad begränsade till dess nordvästra och nordöstra hörn. Lagerföljden vid det första området är känd genom ett antal borrningar utförda för Karlsborgs vattenförsörjning. Det bäst dokumenterade borrhålet är Karlsborg IV, vars profil återges i fig. 22. Lagerföljden vid Karlsborg består nedifrån och upp av vita, välkonsoliderade kvartssandstenar av samma karaktär som de som bl.a. finns i kartbladets nordöstra hörn. Den mellersta delen domineras av brokigt färgade, sandiga mostenar. Dessa överlagras av rödaktiga kvartssandstenar med underordnade konglomeratiska lager. De understa och översta leden är troligtvis avsatta av floder, medan mellersta ledet åtminstone delvis förefaller vara marint, eftersom marina mikrofossil förekommer i dess bergarter (Vidal 1974).

Inom kartbladets nordöstra hörn är enhet A bäst blottad längs kustremsan från Stenudden till ett område några hundra meter väster om Lemundabrottet. Enhetens bergarter är likaledes blottade inom skogspartiet öster om denna kustremsa, där otaliga nedlagda stenbrott i bergarter tillhörande denna enhet förekommer. Den för enheten mest typiska utbildningen kan studeras i sandstensbrottet vid Lemunda stenindustri (fig. 21). Bergarten består där huvudsakligen av korsskiktade medel- till grovkorniga kvartssandstenar (fig. 30 a) med låga mängder (ca 1 %) av relativt frisk kalifältspat. Cementet består a kiselsyra, men eftersom kornen är välrundade

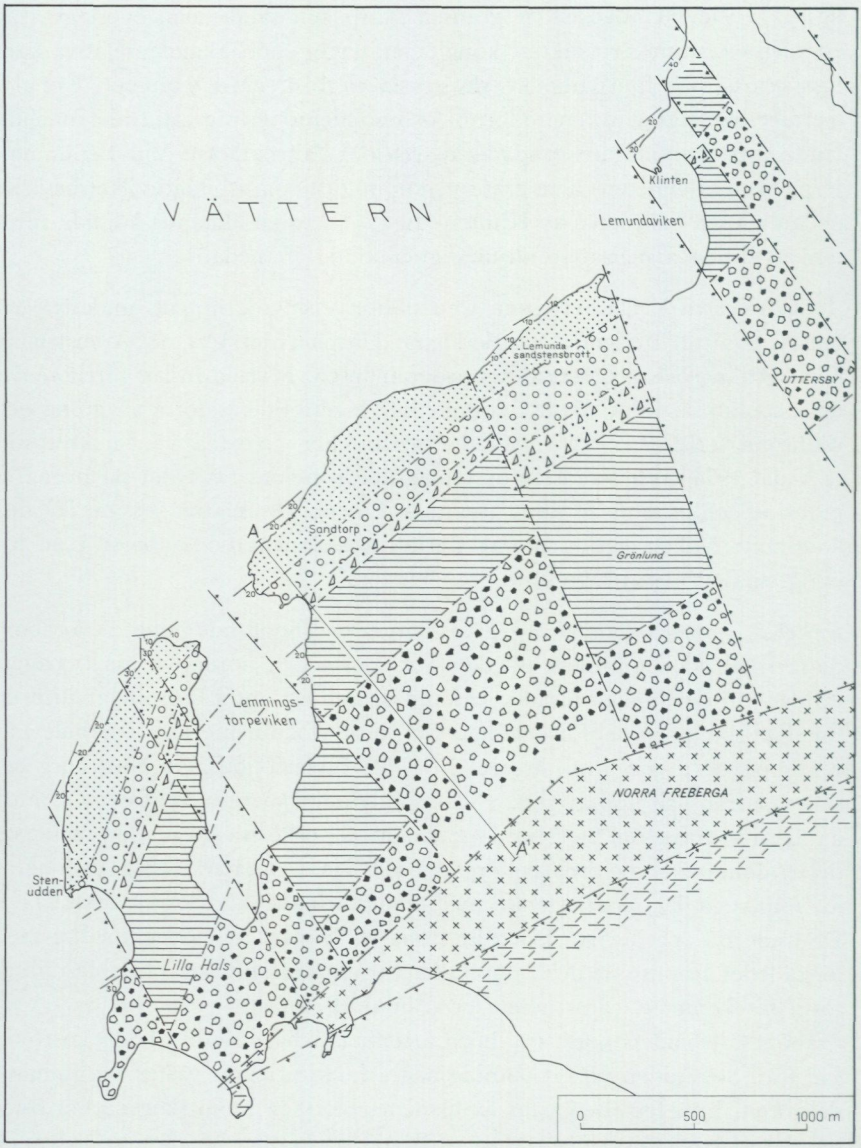
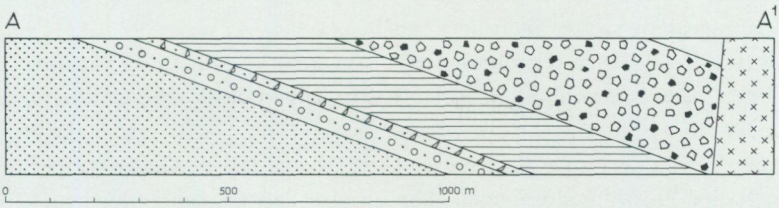
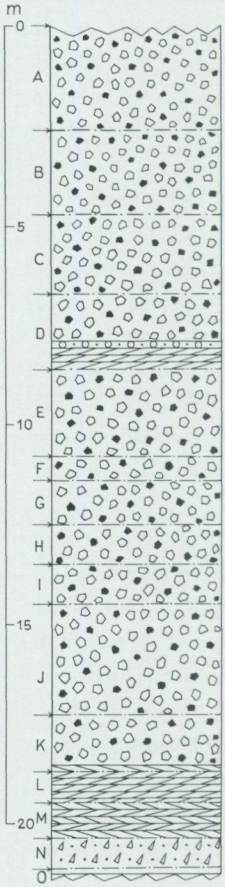


Fig. 21. Geologisk karta och profil visande Visingsögruppens utbredning inom kartbladets östra del samt profiler (s. 57) genom Visingsögruppens undre enhet vid Lemunda sandstensbrott (efter Vidal 1974) och genom den sedimentära breccian vid L. Hals.

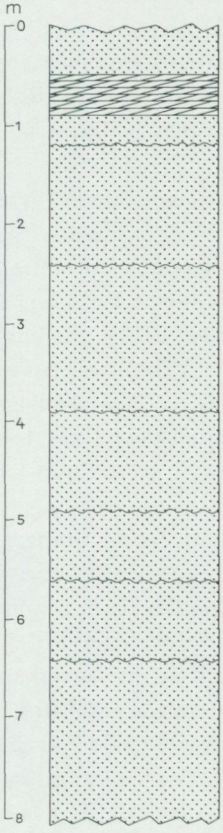
Geologic map and section showing the distribution of the Visingsö group within the eastern corner of map-sheet Hjo NO and sections (p. 57) through the lower unit of the Visingsö group at the Lemunda sandstone quarry and trough the sedimentary breccia at L. Hals.

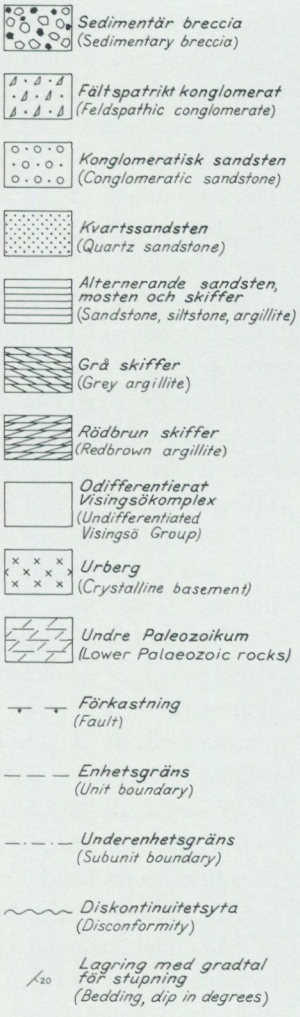


LITOLOGISK PROFIL
AV LAGERFÖLJDEN
VID L. HALS



LITOLOGISK PROFIL
AV LAGERFÖLJDEN I
LEMUNDA SANDSTENSBROTT





och tätt sammanpackade är det kvantitativt mycket underordnat (fig. 30 b). Konsolideringsgraden växlar men är i regel låg.

De understa 2—2½ m av Lemundabrottets lagerföljd visas inte i profilen i fig. 21. Detta parti består av en sandsten i stort sett identisk med den ovan nämnda. Det är av intresse att omnämna, att ett ca 4—10 cm mäktigt konglomerat finns i de undre delarna av brottets lagerföljd. Detta konglomerat innehåller 2—5 cm stora, mer eller mindre kantiga bollar av kvarts och av en starkt vittrad basisk bergart i en mellanmassa av kvartssandsten. Kvartsbollarna är ibland inneslutna i bollar av en sandsten identisk med den i omgivande lager, och enda skillnaden består i att den förstnämnda är mycket bättre konsoliderad. Denna omständighet tyder på, att en del av bollarna ingått i tidigare avsatta konglomerat, som genomgått erosion och åter avsatts i form av konglomerat. Det är alltså fråga om ett omlagrat konglomerat. På detta tyder också dess bollmaterial, vilket till största delen utgörs av kvarts.

Det sandiga, brokiga lerlagret i lagerföljdens övre del i Lemundabrottet (fig. 21) vilar på en erosionsyta. Vid ett tillfälle, när detta och ovanliggande lager lokalt hade bortforslats, kunde man iaktta, att lerlagrets underlag visade erosionskanaler. Två horisonter i lerlagrets undre del har visat sig innehålla marina mikrofossil (Vidal 1974) och har därför tolkats som avsatta under marina förhållanden. Mikrofossilen visar också, att den rödbruna färgen i största delen av detta lager troligtvis är sekundär (Vidal 1974). Ytterligare sex diskontinuitetsytor finns i brottets lagerföljd (fig. 21), och de överlagras i samtliga fall av rödbrun lera av obetydlig mäktighet ($\leqslant$ 1 cm).

Andra områden inom kartbladet, där blottningar av enhetens bergarter förekommer, är Åholmen (9i) och kustremsan norr om Klinten (9j). Sandstenen i dessa båda områden är ganska lik den som beskrivits i föregående områden. Enda skillnaden är, att sandstenen vid Åholmen är bättre konsoliderad. Detta är sannolikt en följd av påverkan i samband med en i VNV strykande förkastning vid holmens sydvästra sida.

Som nämnts ovan, är inom kartbladet Hjo NO gränsen mellan enheterna A och B blottad vid Lemmingstorpevikens nordligaste del. Översta delen av enhet A består där av en relativt grovkornig kvartssandsten avsatt i lager av någon decimeters mäktighet. Denna sandsten överlagras av allt att döma konformt av en ca 65 m mäktig, konglomeratisk och sandig lagerföljd, som placerats i enhet B och som beskrivs i detalj nedan. Gränsen mellan de båda enheterna placeras således där den gulvita kvartssandstenen övergår till konglomeratiska sandstenar, vilka i sina basala delar innehåller rikligt

med kantiga kvarts -och fältspatfragment, av vilka de senare är något vittrade i de undre delarna. Detta omslag i litologi tyder på en plötslig, drastisk förändring i avsättningsmiljön. En liknande gräns torde förekomma vid Klinten (fig. 21). Vid denna lokal är gränsen inte blottad, men sandstenar identiska med dem vid ovan beskrivna lokal anstår vid stranden. De till enhet B hörande, dåligt konsoliderade moiga sedimenten anstår i sluttningen öster om stranden.

Enhet B: generell beskrivning

Utbredning. Utbredningsområdet för denna enhet ligger i huvudsak utanför kartbladets gränser. Det finns inom Vätternbassängen tre områden där blottningar av denna enhet är omfattande, nämligen Visingsöområdet, kring och i Gerabäcken (norr om Gränna) samt inom kartområdet Hjo NO. Det bör dock påpekas, att de till enheten hörande bergarterna inom kartområdet är av allra största betydelse för förståelsen av Visingsögruppens avsättnings- och tektoniska historia.

Mäktighet. Collini (1951) uppskattade mäktigheten till över 315 m. Största direkt mätbara mäktighet finns på Visingsö, där den uppgår till minst 200 m (Vidal 1976). Någon uppfattning om mäktigheten i området i och kring Gerabäcken är svår att få, beroende på de talrika förkastningarna i området och svårigheten att bestämma likåldrigheten mellan de olika blottningarna. Enheten uppnår en betydande mäktighet inom kartbladet Hjo NO, särskilt vid den södra delen av kartbladets nordöstra hörn, där den torde uppgå till minst 446 m.

Litologi. Enhet B har en komplex bergartssammansättning. Generellt kan fyra karterbara underenheter urskiljas. Dessa numreras i fortsättningen 1—4 i uppåtgående stratigrafisk ordning.

Underenhet 1. Som nämnts ovan är denna underenhet blottad endast vid Gerabäcken och inom kartbladet Hjo NO vid Lemmingstorpeviken och i närheten av Klinten. Dess sammansättning vid Gerabäcken har berörts i samband med beskrivningen av den övre gränsen för enhet A. Likaså har de undre leden inom denna underenhet berörts ytligt i samband med beskrivningen av gränsens utbildning inom kartområdet. Mäktigheten vid Gerabäcken är svår att uppskatta, men torde uppgå till ungefär samma belopp som inom Hjoområdet (ca 67 m).

Underenhet 2. Blottningar av dessa bergarter finns i och kring Gerabäcken och vid Lemmingstorpevikens östra strand inom kartbladet Hjo NO. Generellt består denna underenhet av brokiga, gröna och rödbruna, orena sand-

stenar och mostenar. Båda typerna innehåller varierande mängder av glimmer och fältspat. Arkoser förekommer här och var som mellanlager i sand- och mostenarna.

Underenhet 3. Blottningar av dessa bergarter förekommer i och kring Gerabäcken samt inom kartområdet Hjo NO vid L. Hals, ön Jungfrun och ögruppen Fjuk. Allmänt består denna underenhet av i varierande grad polymikta konglomerat, sedimentära breccior, korsskiktade arkoser och fältspatförande sandstenar med varierande mängder av mo. Konglomeratet norr om Gerabäcken är ganska polymikt och innehåller fragment av kvarts, röda porfyrer och graniter samt röda och vita kvartsiter (de senare troligen härstammande från det relativt närbelägna Almesåkrakomplexet).

Underenhet 4. Bergarter tillhörande denna underenhet har inte påträffats inom kartbladet Hjo NO. Dessa har sin huvudsakliga utbredning på Visingsö, i Gerabäcken och på strandremsan söder därom. Dessutom förekommer smärre blottningar av hithörande bergarter längs strandremsan söder om Gränna (se blottningskarta i Collini 1951). Underenhet 4 är bäst blottad i en kontinuerlig profil längs östra stranden av Visingsö och är där också känd genom en borrning redovisad av Collini (1951). Den består av alternerande rödbruna och gröna sandstenar och mostenar, som i de undre delarna mellanlagras av arkoser och fältspatrika sandstenar. Övre delen domineras av mestadels gråa till grågröna, sandiga och moiga sedimentbergarter, med underordnade lager av lerskiffer. Mäktigheten uppskattas på Visingsö till ca 200 m. En detaljerad redovisning för denna underenhet finns i Collini (1951) och Vidal (1976). Sedimentstrukturer är mycket vanliga i denna underenhet. Således är sandstenar och arkoser vanligen korsskiktade och i de mera finkorniga leden uppträder vågmärken och torksprickor.

Stratigrafiska gränser. Undre gränsen för enhet B har berörts ovan i anslutning till enhet A. Dess övre gräns diskuteras nedan i anslutning till beskrivningen av enhet C.

Avsättningsmiljö. Bergarterna, liksom sedimentstrukturerna inom enhet B tyder på en komplicerad avsättningshistoria. Denna sedimentationsperiod inleds av en omfattande förändring av såväl sedimentsammansättning som ursprungsområde. Sedimenten i underenhet 1 är grovklastiska och det höga innehållet av grova, kantiga fältspatfragment tyder på mycket kort transport och snabb avsättning. En lugnare avsättningsmiljö rådde emellertid vid avsättningen av underenhet 2, som domineras av mera finklastiska sediment, men som dock innehåller sporadiska arkosartade och konglomera-

tiska lager. Bergarterna, som visar korsskiktning, vågmärken och torksprickor, avsattes sannolikt i en fram- och återryckande prodeltazon, som ofta var torrlagd och som ofta fylldes med flodtransporterat erosionsmaterial från trakten. Det förefaller vidare troligt, att de fältspatrika sedimenten i underenheterna 1 och 2 (och i ovanliggande underenheter) härstammar från ett kristallint område dominerat av graniter. En marin avsättningsmiljö med grunt vatten rådde under tiden för avsättningen av den övre delen av underenhet 2. Både sedimentens karaktär och förekomsten av marina mikrofossil tyder härpå. Den övre delen av denna underenhet är inte närmare känd, men med ledning av den kunskap man har av underlaget till underenhet 3 får man anta, att även denna avsattes i en marin miljö med grunt vatten.

En drastisk förändring inträffade vid tiden för avsättningen av underenhet 3, som inom hela Vätternbassängen uppbyggs av extremt grovklastiska sedimentbergarter med svårtolkad avsättningsmiljö. Blocken i dessa sedimentbergarter är mestadels lokala. Ett mera frapperande drag i denna underenhet är den i samtliga fall tydliga och i sidled konstanta lagringen. Vidare saknas helt imbrikation (överlappningseffekt på flata stenar i strömmande vatten). Blockens storlek tyder på en extremt kort transport, möjligtvis i anslutning till betydande relief orsakad exempelvis av i närheten av sedimentationsområdet brant uppstickande urbergspartier, vilka snabbt eroderats. Detta skulle utgöra ett vittnesbörd om tektonisk aktivitet i en eller annan form längs utmed betydande förkastningszoner (Vidal 1979a, Vidal och Bylund 1981).

Enhet B inom kartbladet Hjo NO.

Underenhet 1. De lägsta leden tillhörande underenhet 1 består vid Lemmingstorpeviken av alternerande vita och röda kvartssandstenar med decimetermäktiga lager av konglomerat innehållande kantiga kvarts- och fältspatfragment. De röda sandstenarna är kalkcementerade. Detta undre led är också blottat vid norra delen av Lemmingstorpevikens västra strand. Någon kontakt mellan detta och ovanliggande led kan inte iakttas, men vid Lemmingstorpevikens östra strand anstår vid lågvatten (öster om ovan beskrivna led) en tunnskiffrig, röd och grön, glimmerhaltig sandsten, som mot öster överlagras av en tunnbankad, röd sandsten identisk med den ovan nämnda. Även denna sandsten innehåller lager av konglomerat. Över nämnda bergarter följer ett ca 24 m mäktigt konglomerat innehållande centimeterstora, relativt kantiga kvarts- och fältspatfragment i en fältspatrik, grusig mellanmassa, som är kalkcementerad. Enstaka, ca 5 cm stora

bollar av kvartssandsten har påträffats i detta konglomerat. Bergarter tillhörande underenhet 1 återfinns i lösa block NNO om Lemmingstorpeviken, där för övrigt inga blottningar föreligger. Särskilt rikligt med block har observerats kring Sandtorp (fig. 21) och ONO därom till i höjd med Lemunda (9j). Underenhet 1 anstår också i små blottningar ca 340 m nordost om Klinten (fig. 21). Vidare har uppkastat material bestående av tunnskiffrig, röd sand- och mosten iakttagits vid en grävning ca 80 m öster om Klintens västra strand. Detta tyder på att underenheten också anstår vid denna punkt.

Underenhet 2. Inom kartområdet uppbyggs underenhet 2 av alternerande fältspat- och glimmerrika, tunnskiktade sandstenar (ofta innehållande kalkhaltiga lager), gröna och röda sandiga mostenar samt arkoser och tunna konglomeratiska lager. Minimimäktigheten är ca 140 m inom kartområdet. Sedimentstrukturer är vanliga och består mestadels av vågmärken och torksprickor, men även korsskiktning är relativt vanlig, särskilt i de arkosartade och sandiga lagren.

Underenhet 3. Inom kartområdet uppbyggs denna underenhet av en minst 240 m mäktig, extremt grovklastisk lagerföljd. Den blottade delen av denna lagerföljd är vid L. Hals 14.5 m mäktig. Ytterligare 6.78 m är kända genom en borrning utförd vid den blottade lagerföljdens basala del. Underenhetens bergarter fortsätter under vattnet längs utmed kusten från L. Hals till Långsnapen så långt man kan se, och eftersom stupningen förefaller vara enhetlig längs hela sträckan (dvs. 25—30° mot OSO), torde mäktigheten vara minst den ovan angivna (240 m). Uppifrån och nedåt uppbyggs enheten av en i sidled mycket jämnt lagrad polymikt sedimentär breccia med konglomeratiska inslag. Den kända delen av lagerföljden visas i fig. 21, där de olika lagren i underenheten numrerats i bokstavsordning. Bergartsfragmenten i breccian varierar från helt kantiga till något rundade. Jämförelsevis rundade fragment förekommer inom den undre delen av lager I (fig. 29). Bollarna varierar i storlek från några centimeter till ca en ½ m. Merparten av blockinnehållet utgörs av metamorfa, glimmerrika bergarter tillhörande urberget. Dock har block av metamorf kvartsit påträffats i lager A (fig. 28) och vidare förefaller block av en porfyrisk bergart vara särskilt vanliga upp till ca 40 cm ovanför basen av lager H (fig. 28). Konsolideringsgraden är låg, och mellanmassan utgörs av ett grusigt till sandigt fältspat- och glimmerrikt sediment. Som regel ligger de enskilda blocken mer eller mindre i kontakt med varandra, men stor variation i blockens sammanpackning förekommer. Någon egentlig orientering av blockinnehållet har

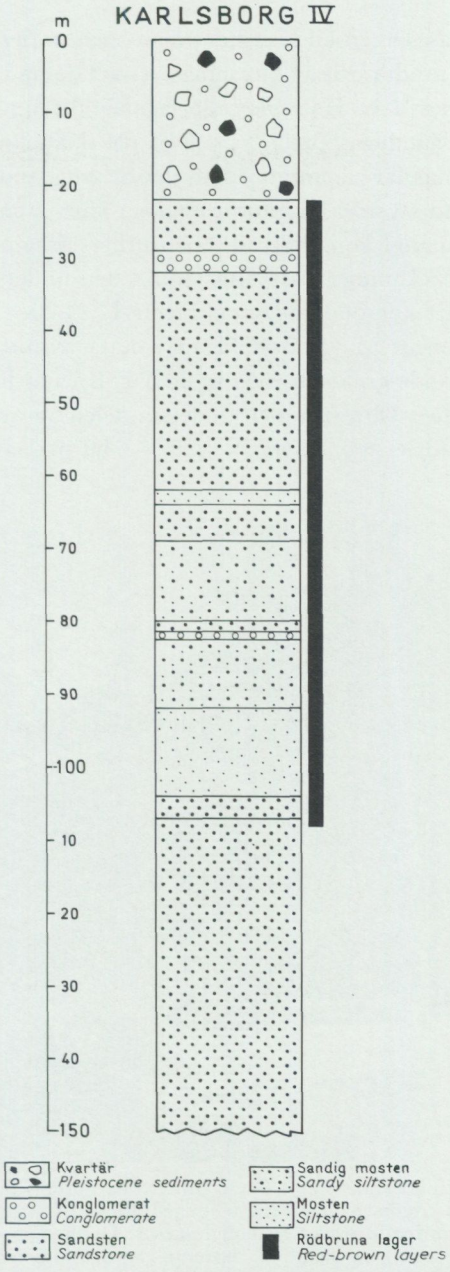


Fig. 22. Bergartsprofil från borrningen Karlsborg IV. Profilen baseras på provtagning med en meters intervall. Modifierad efter Vidal (1974).
Lithologic log of the Karlsborg IV borehole, based on cutting samples.

inte kunnat iakttas. De enskilda lagrens över- och underytor är skarpa och parallella med varandra och av blottningarna att döma är deras uthållighet i sidled stor. Den vid L. Hals blottade lagerföljden underlagras uppifrån och ned enligt tillgängliga borrdata av följande skikt. Lager J (0—2.8 m): konglomerat av ungefär samma typ som det ovanliggande. Lager K (2.8—4.20 m): på grund av stora kärnförluster föga känt avsnitt. Bergarterna är troligtvis mycket dåligt konsoliderade men urbergsfragment, resulterande i korta kärnbitar förekommer i avsnittet, som i den understa delen utgörs av en grå, endast lätt konsoliderad lera. Lager L (4.20—5.00 m): rödbrun, bandad lersten. Lager M (5.00—5.92 m): detta avsnitt utgörs av allt att döma av alternerande gråa och röda mostenar. Kärnförlusten var dock stor och prover föreligger bara från den understa delen av avsnittet, som utgörs av grå, tunt lagrad lersten. Lager N (5.92—6.69 m): arkos och/eller fält-



Fig. 23. Blottning tillhörande enhet B vid Jungfruns nordöstra strand. Partiet mellan pilarna utgörs av ca 4 m mäktiga fältspatrika sandstenar och arkoser med underordnade inslag av konglomerat. Detta lager över- och underlagras (vid pilarna) av mäktiga, extremt grova sedimentära breccior. Lagren stupar 30—40° mot nordväst. Foto G. Vidal.
NW dipping arkose and feldspathic sandstone bed with minor conglomerate (between the arrows), over- and underlain by thick, blocky sedimentary breccias. The rocks belong to unit B of the Visingsö group.

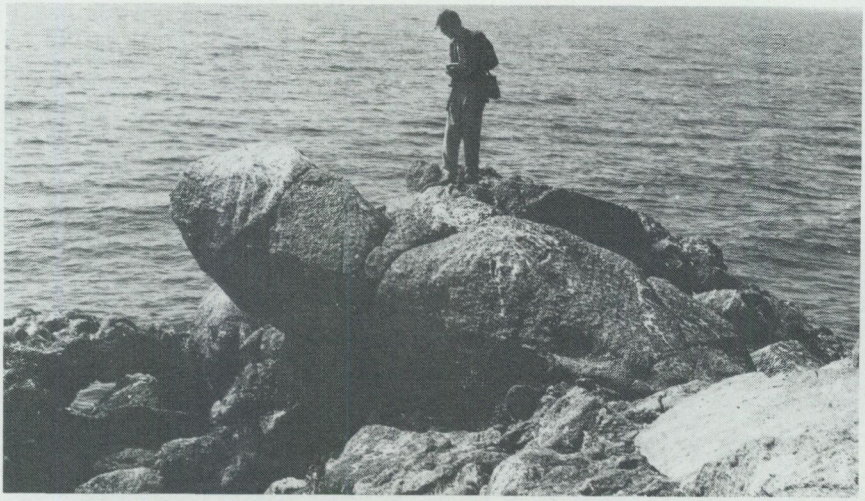


Fig. 24. Block av grovkornig gnejsgranit i den understa blottade delen av enhet B vid Jungfrun. Foto G. Vidal.
Huge granite block in the lower boulder bed of unit B of the Visingsö group at the island of Jungfrun.

spatrik sandsten. Lager O (6.69—6.78 m): rödbrun mosten.

Kontakten mellan breccian och dess underlag är således föga känd. Det bör dock påpekas, att lagringen i lager L och M är parallell med breccians lagring och att detta torde tyda på en mer eller mindre flytande kontakt mellan breccian och dess underlag. Intressant är att marina växt-mikrofossil (acritarcher) har påträffats i lager M. Dessa mikrofossil representerar arter vanliga i enhet B:s underenhet 4. Ett par arter är dock också kända från enhet A.

Något annorlunda utbildade bergarter men i det stora hela mycket lika dem vid L. Hals anstår inom kartbladet på öarna Fjuk och Jungfrun samt vid Ilgrundet (under vattenytan). Dessa bergarter torde delvis motsvara dem som anstår vid L. Hals, men andra bevis än litologiska likheter saknas. Det bör dock påpekas, att en acritarchart *(Protosphaeridium laccatum)* som mycket ofta förekommer i Visingsögruppens bergarter (Vidal 1974, 1976), har påträffats i en sandig mosten anstående på Fjuköarnas norra holme (Skallen). Detta mikrofossil har också iakttagits i sandiga mellanskikt i det ovannämnda konglomeratet norr om Gerabäcken. Mikrofossilet har dock en utomordentligt lång stratigrafisk utbredning (Proterozoikum—Ordovicium; Vidal 1974, 1976) och dess förekomst kan inte användas som ett definitivt bevis på likåldrighet.



Fig. 25. Blottning av bergarter tillhörande enhet B vid nordvästra stranden av den nordligaste holmen i Fjuköarna (Skallen). Lagret mellan pilarna är ca 1 m mäktigt. Det utgörs av arkos och fältspatrik sandsten. Lagret över- och underlagras av mäktiga, extremt grova sedimentära breccior. Stupningen är mot norr. Foto G. Vidal.
Northwards dipping arkose and feldspathic sandstone beds over- and underlain by blocky sedimentary breccias. The rocks belong to unit B of the Visingsö group.

De översta blottade lagren vid ön Jungfrun utgörs av en mycket grov, sedimentär breccia, som innehåller upp till ett par meter stora block (fig. 24). Blocken består uteslutande av en grovkornig, röd granit ("Växjögranit") i en grusig, fältspatrik, dåligt konsoliderad mellanmassa. Detta extremt grovklastiska led underlagras av en tydligt lagrad, grov, arkosartad sandsten innehållande enstaka bollar av granit och kvarts (Fig. 23). Detta lager stupar 30—40° mot VNV vilket torde motsvara hela lagerföljdens stupning. De vid ögruppen Fjuk blottade leden visar likheter med dem som anstår vid såväl Jungfrun som L. Hals. Vid den nordligaste av holmarna (Skallen) stupar lagren 25—30° mot norr till NNO. Dessa variationer i strykning gör en mäktighetsuppskattning vansklig. Mäktigheten är dock betydande och torde uppgå till ca 150 m. De vid holmens södra del blottade leden uppbyggs i uppåtgående stratigrafisk ordning av tunnbankade, fält-



Fig. 26. Blockkonglomerat underlagrat av sedimentär blockbreccia med växlande mängder av mellanmassa. Blocken består av grovkornig granit. Enhet B. Sydligaste strandblottningen på Fjuköarnas södra holme (Jällen). Foto G. Vidal.
Blocky conglomerate and breccia with variable amounts of matrix, belonging to unit B of the Visingsö group.

spatrika sandstenar med välrundade, upp till decimeterstora bollar av kristallina bergarter. Mycket stora block kan förekomma sporadiskt i denna lagerföljd. Över nämnda bergarter följer ett mäktigt och extremt grovt konglomerat, vars material är ganska välrundat och till större delen utgörs av granit. Fåtaliga, kantiga fragment av en tämligen starkt vittrad, basisk bergart förekommer i detta led. Mellanmassan är identisk med den vid Jungfrun och L. Hals, dvs. utgörs av en grusig endast lätt konsoliderad arkos. Vidare ingår ibland enorma granitblock, som ligger isolerade i den grusiga mellanmassan. Konglomeratet överlagras av en 1—1.5 m mäktig, grov, fältspatrik sandsten (Fig. 25), som på sina ställen är korsskiktad. Ovanpå sandstenen följer en utomordentligt grov breccia innehållande granitblock. Vissa av blocken har uppskattats till ca $15 \times 10 \times 6$ m (fig. 29). Ett sådant block anstår vid holmens norra strand. En sedimentär breccia, liknande den sistnämnda, anstår också i små blottningar vid ögruppens mellersta ö (Mellön). De led som är blottade vid den sydligaste holmens

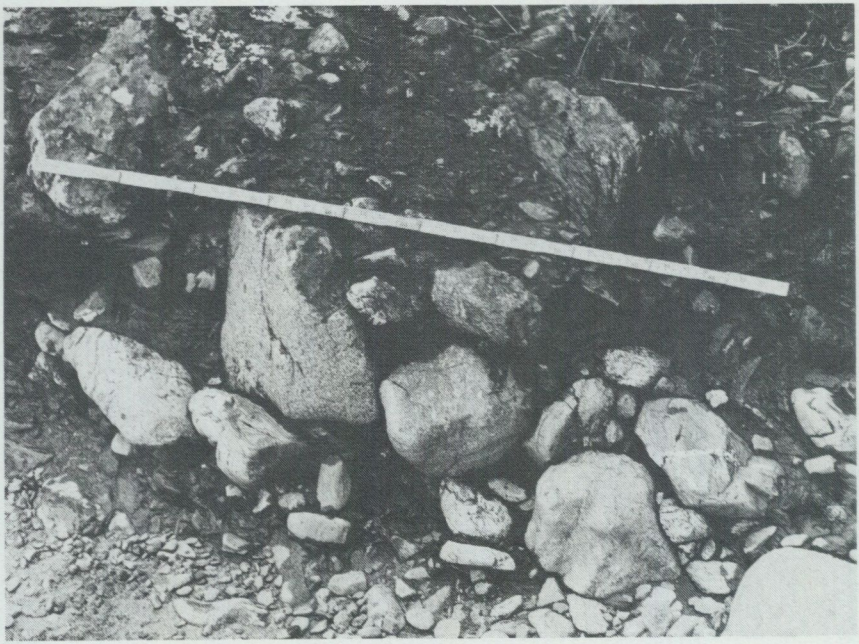


Fig. 27. Sedimentär blockbreccia i enhet B. Blocken utgörs av granit och högmetamorfa bergarter. Sydligaste delen av profilen vid L. Hals. Övergång mellan lager A och B. Foto G. Vidal.
Blocky sedimentary breccia. Unit B of the Visingsö group, L. Hals section, transition between layers A and B.

(Jällen) södra del visar stor likhet med dem som anstår vid L. Hals. Lagren ligger här mer eller mindre flackt och består av fältspatrika sandstenar med konglomeratiska horisonter vilka underlagras av ett någon meter mäktigt konglomerat med inslag av sedimentär breccia. Blocken i konglomeratet utgörs av granit och är relativt välrundade, upp till 1 m stora (fig. 26). Konglomeratet är tydligt skiktat.

Enhet C: generell beskrivning

Utbredning. Enhet C har sin huvudsakliga utbredning i Vätterns centrala och östra delar, dvs. på Visingsö, norr om Gerabäcken, söder om Gränna (Collini 1951) och vid Ombergs strand. Några bergarter ur denna enhet är inte kända från kartbladet Hjo NO.

Mäktighet. Enligt Collini (1951) har enhet C en mäktighet av 250 m på Visingsö och 580 m kring Gerabäcken. Sistnämnda belopp torde dock vara



Fig. 28. Sedimentär breccia rik på mellanmassa innehållande block av olika slags metamorfa bergarter. Mellanmassan utgörs av rödbrun, glimmerhaltig, fältspatrik sandsten. L. Halsprofilen, understa delen av lager I. Foto G. Vidal. *Blocky to pebbly, matrix-rich sedimentary breccia belonging to unit B of the Visingsö group. L. Hals section, lower part of layer I.*

starkt överdrivet, eftersom mäktigheten längs kusten norr om Gerabäcken är förhållandevis ringa. Lagren undulerar här i öppna antiklinaler och synklinaler (Vidal 1976).

Litologi. Enhet C uppbyggs av alternerande mörkgrå mostenar, mer eller mindre moiga lerstenar och dolomitiska kalkstenar. Sedimentstrukturer är vanliga i dessa bergarter och det förekommer rikligt med vågmärken, torksprickor, sedimentbiogena strukturer (stromatoliter) och intraformationella konglomerat (Vidal 1972, 1976).

Stratigrafiska gränser. Som nämnts ovan beror svårigheten att införa en formell litologisk indelning för Visingsögruppen bl.a. på att gränsen mellan enheterna B och C är dåligt definierad. Collini (1951) placerade emellertid denna gräns på 71 m djup i ett borrhål på Visingsö. Gränsen är dock svår att finna i blottningarna vid östra stranden av Visingsö, eftersom den enda information rörande dess läge Collini gav är att gränsen bör dras



Fig. 29. Block av grovkornig gnejsgranit i den översta blottade delen av enhet B vid den nordligaste holmen (Skallen) i Fjuköarna. Granitblocket omges på båda sidor av grov sedimentär breccia. Blockens dimensioner uppskattas till ca 15×10×6 m. Foto Hugo Wikman.
Huge granite block in boulder bed of unit B of the Visingsö group at the island of Fjuk. The size of the boulder is c. 15×10×6 m.

"där pelit och pelitisk mosten börjar dominera". Collini påpekar vidare att "den mellersta etagens avgränsning mot den övre, av peliter karakteriserade inom fastlandsdelen av kartbladet Gällö inte erbjuder några svårigheter. I strandprofilen vid Uppgränna sker övergången från arkoser och fältspatrika sandstenar via mörka, kisförande mostenar till svarta peliter mycket hastigt". Enligt mina iakttagelser förefaller en vid Visingsös strandprofil förekommande iögonfallande diskontinuitetsyta vid lokal 4 i kartan av Vidal (1976) utgöra en tillfredsställande gräns mellan de båda enheterna.

Avsättningsmiljö. Bergarterna inom enhet C avsattes i en marin miljö med grunt vatten. Förekomsten av ovannämnda sedimentstrukturer, sedimentens karaktär och den rikliga förekomsten av marina mikrofossil (Vidal 1976) tyder här på. De dolomitiska kalkstenarna i enhetens övre led har avsatts som mattor uppbyggda av algsamhällen i en periodiskt torrlagd miljö, möjligtvis i samband med tidvattenfenomen eller stormvågor (Vidal 1972).

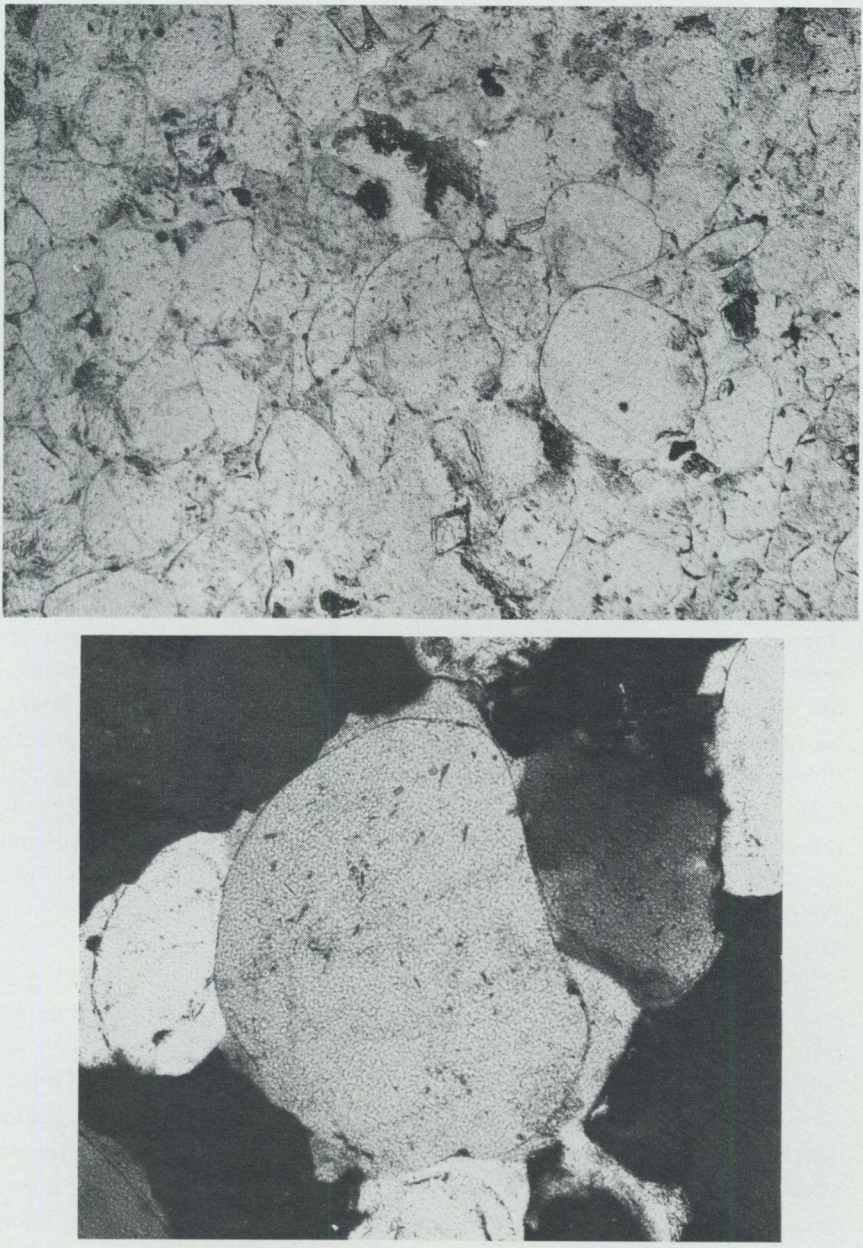


Fig. 30 (a och b). Relativt välkonsoliderad kvartssandsten med rundade kvartskorn i en kvartsrik (kiselsyra) mellanmassa (cement). a, 1 nic., 32×; b, 2 nic., 80×. Foto H. Wikman. Ca 400 m VNV om Granhult (9j).
Quartz sandstone with rounded detrital quartz grains cemented by quartz.

Ålder

Visingsögruppens ålder har debatterats under nära ett sekel. En sentriassisk ålder föreslogs av Holm (1885) och Munthe och Gavelin (1907) på grund av litologiska likheter med Trias i Skåne. Avsaknaden av fossil i Visingsögruppen ansågs av Nathorst (1879) tyda på en prekambrisk ålder. En senprekambrisk ålder föreslogs av Linnarsson (1880), Nathorst (1884, 1886), Rosén (1925), Brotzen (1941), Collini (1951) och Timofeev (1959, 1960, 1969, 1970). Den preordoviciska åldern av gruppen bevisades genom fyndet av bergartsfragment från Visingsögruppen i ett underordoviciskt konglomerat i Östergötland (Rosén 1925). Gavelin (1925) föreslog, att Visingsögruppen skulle kunna vara en supramarin facies av det närliggande marina Kambrium i Östergötland. Detta utesluts dock bl.a. av mäktighetsförhållanden, eftersom Visingsögruppens mäktighet är flera gånger större än de kambriska lagrens i Östergötland (Collini 1951). Vidare har inga kambriska fossil påträffats i Visingsögruppen. Detta trots att dessa bergarter, särskilt de i enhet C, förefaller vara extremt lämpliga för bevarandet av fossil.

Radiometriska dateringar (Kalium/Argonmetoden) av lersten från Visingsögruppen har givit åldrar på 985 och 1 060 miljoner år (Magnusson 1960). Det bör dock påpekas att K/Ar-dateringar av Almesåkrakomplexet har givit 964 och 848—904 miljoner år, trots att bergartsfragment, troligtvis härstammande från Almesåkrakomplexet, har påträffats i konglomerat tillhörande Visingsögruppen (Munthe och Gavelin, 1907, se också ovan). Som påpekats av Magnusson (1960) torde dessa åldrar gälla glimmermineralens kristallisation och inte sedimentbergarternas avsättning. En preliminär Rb/Sr-datering av skiffrar från Visingsögruppens övre enhet (Erik Welin, muntligt meddelande 1978) har givit en ålder av 707 $\pm$ 37 miljoner år (enligt 87 Rb $\lambda = 1.42 \cdot 10^{-11} \cdot a^{-1}$ sönderfallskonstanten).

Timofeev (1959, 1960) utförde en mikropaleontologisk undersökning av ett bergartsprov sannolikt härstammande från enhet C (provet härstammar från Omberg, där omfattande blottningar i enhet C förekommer) och ansåg, att Visingsögruppens övre del borde parallelliseras med de vendiska *Laminarites*-lagren i det östbaltiska området och med Moelvsparagmiten och Ekreskiffern (övre enheter i Norges Eokambrium). Han identifierade också (uppenbarligen felaktigt) en del acritarcher som sporer av terrestriska (på land levande) eller semiterrestriska växter. Vidare anförde Timofeev att de undre leden av Visingsögruppen var tidsekvivalenta med de vendiska lagren i det baltiska området. Dessa korrelationer baserade sig på den av Timofeev påstådda förekomsten av *Laminarites*-fragment i det

undersökta bergartsprovet. Identifieringen är dock felaktig, eftersom det inte är fråga om fragment av *Laminarites* utan av megaacritarchen *Chuaria circularis* som mycket ofta förekommer i dessa lager (Vidal 1976). I ett senare arbete föreslog Timofeev (1969) en senrifeisk—vendisk ålder för Visingsögruppen, denna gång beroende på förekomsten i samma prov av acritarcherna *Trachysphaeridium vetterni* och *Kildinella magna* (båda synonymer av *C. circularis;* Ford och Breed 1972; Vidal 1974, 1976). I ett efterföljande arbete ansåg Timofeev (1970) att de lager som för *T. vetterni* och *K. magna* bör parallelliseras med Miroedikhalagren i Turukhansk. En mikropaleontologisk undersökning av hela Visingsögruppen har visat, att enheterna A och B karakteriseras av förekomsten av acritarcher tidigare kända från övrerifeiska lager. Enhet C, särskilt övre delen, innehåller acritarcher tidigare kända från vendiska lager. Således har en korrelation med övrerifeiska och vendiska enheter i den ryska plattformen, Sibirien, Grönland, Norge, Nordamerika och norra Kina ansetts vara möjlig (Vidal 1974, 1976, 1979a, 1979b).

Tektonik

Visingsögruppen är nedsänkt i förhållande till den omgivande, äldre prekambriska, kristallina berggrunden efter förkastningar som stryker i ONO—VSV och NO—SV. Förkastningar med strykning i NV—SO (dvs., mer eller mindre vinkelrätt mot ovannämnda riktningar) förekommer inom Visingsögruppen på kartbladet Hjo NO (fig. 21). Dessa förkastningar kan inte iakttas direkt sånär som på en förkastning strykande i N 40° V på Åholmen. Att flera sådana dock förekommer framgår av variationer i bergarternas strykning och stupning inom kartbladet och därav följande variationer i de litologiska enheternas lägen. Således förekommer en förkastning från en punkt norr om Stenudden till L. Hals, vilket framgår av den avvikande strykningen och stupningen av bergarterna i det närmast mot öster liggande blocket. Detta block avgränsas också mot öster av en förkastning, vilket framgår av olikheter i strykning och stupning samt av bergartsgränsernas lägen i omgivande block. Således visar de nedförkastade blockens bergartsenheter en brantare stupning. Längre mot nordost är förhållandena desamma. I Lemundablocket stupar följaktligen bergarterna brantare än i det block, som sammanfaller med Lemunda sandstensbrott, där enheten A stupar ganska flackt. Lemundaviken utgör också ett genom förkastningar nedsänkt block. Detta framgår av att blottningar saknas och av dess förhållande till det med Klinten sammanfallande blocket, där bergarter tillhörande enheterna A och B förekommer. Nedsänkningen framgår också

av det djupare nedförkastade läget av blocket öster om Klintens block, där enheten B är blottad vid stranden. Om förhållandena öster om sistnämnda block kan mycket lite sägas, men troligtvis ligger bergarterna inom Näsboblocket mer eller mindre flackt och torde mot öster avgränsas av en förkastning som löper mer eller mindre parallellt med Näsbovikens sydvästra strand. I så fall är Näsboviken ett ännu djupare nedförkastat block.

Avslutningsvis kan rent allmänt sägas, att området ONO om Lemunda sandstensbrott är djupare nedförkastat än området VSV därom.

Kommentarer till kartan

Vid placering av de enskilda bergartsenheternas gränser inom kartbladets nordöstra del, som till största delen uppbyggs av Visingsögruppen, har hänsyn tagits till fältdata och några få användbara borrningar. Förutom kärnborrningen vid L. Hals (9j) föreligger således säkra uppgifter endast från ett par stötborrningar. För en borrning sydost om Nedra Lid gäller, att sandsten genomborrades mellan 12—75 m. Bergarter hörande till underenhet 3 har påträffats i borrningarna vid och omedelbart nordväst om Uttersby. Det senare är av intresse, eftersom konglomeratets mäktighet uppgår till 9 m och underlagras av "ler-mo-sandsten" med en mäktighet av minst 17 m. Dessa uppgifter passar för övrigt ganska väl in i den stratigrafiska bilden emedan borrhålet nordväst om Uttersby, enligt kartbilden, ligger inom övre delen av underenhet 3. Av intresse är också att för en borrning öster om Grönlund föreligger uppgift om en ca 10 m mäktig kalksten, som överlagrar en sandsten. Uppgiften måste dock betecknas som osäker. Det bör också påpekas, att denna borrning ligger inom ett område, där berggrunden antas vara uppbyggd av övre delen av underenhet 2, liksom även att de övre delarna av den vid Lemmingstorpeviken blottade lagerföljden är kalkhaltiga. Vidare har små block av bandade dolomitiska kalkstenar påträffats på stranden vid denna del av Lemmingstorpeviken. Som tidigare påpekats är nämnda bergarter mycket vanliga i de övre leden av enhet C. Då den blottade lagerföljden vid Lemmingstorpeviken tyder på en snabb övergång till marina förhållanden i lagerföljdens övre del, är förekomsten av dylika kalkstenar ännu högre upp i lagerföljden ingalunda orimlig.

Berggrunden i den till huvudförkastningen angränsande delen av Lemundablocket är helt obekant. Samma gäller för det djupt nedsänkta blocket vid Lemundaviken och den antagligen flackt liggande berggrunden inom Näsboblocket. Dessa områden har därför på kartan betecknats såsom odifferentierat Visingsökomplex. Speciell osäkerhet råder för det sistnämnda blocket, eftersom lösa block av de karakteristiska konglomerat som känne-

tecknar underenhet 1 inom enhet B, är mycket vanliga vid Näsbouddens västra strand. Om berggrunden inom Näsbovikens block medger enligt tillgängliga data enbart gissningar. Det är dock ganska klart, att den uppbyggs av Visingsögruppens bergarter, vilket framgår av borrning 1 utförd strax väster om huvudförkastningen.

Visingsösandstenens praktiska användning

Den grå- till gulvita Visingsösandstenen var redan tidigt föremål för intresse ur praktisk synpunkt. Härom vittnar de talrika små, numera delvis övervuxna stenbrott som påträffas i sandstenen väster om Lemunda och Lemmingstorpeviken (9j). De utkilade blocken höggs för hand till kvarnstenar alldeles vid stranden och forslades sedan sannolikt på vattnet eller isen från platsen. På flera ställen finns sådana stora kvarnstenar fortfarande kvar på stranden (fig. 31).

Stenindustri i större skala bedrivs fortfarande i det flera hundra meter

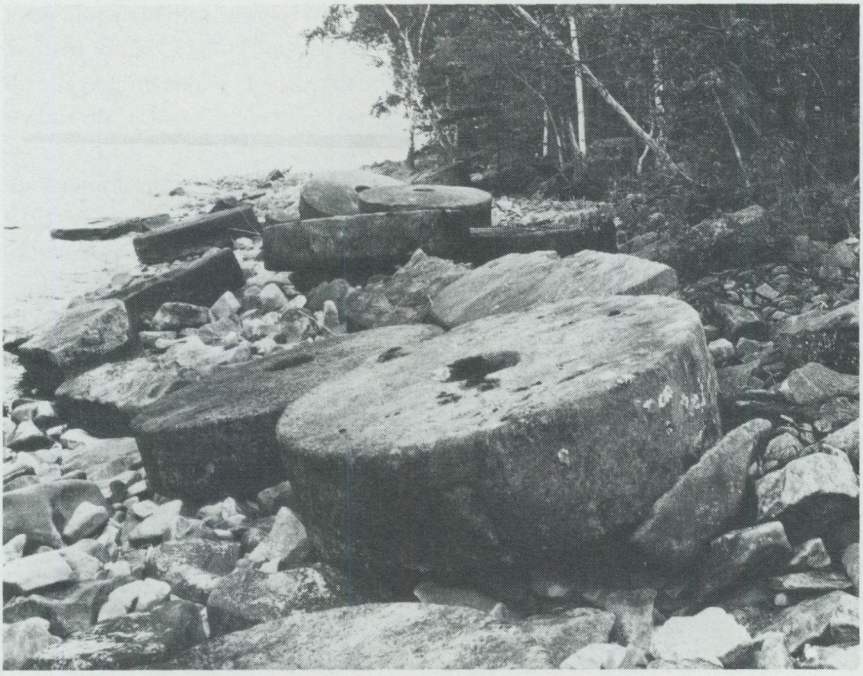


Fig. 31. Stora kvarnstenar huggna för hand i Visingsösandsten. Stranden av Vättern, ca 500 m väster om Lemunda (9j). Foto H. Wikman.
Big moulder stones in Visingsö sandstone.

långa stenbrott som är beläget omedelbart söder om Lemundaviken. Sandstenen krossas, mals och används bl.a. till formsand vid gjuterier, och som råvara inom glasindustrin. En del av sandstenen sågas också till fasadbeklädnadssten, vilket tidigare var det huvudsakliga användningsområdet.

Den paleozoiska berggrunden

Av

Åke Bruun och Bertil Dahlman

Sedimentära bergarter av kambrosilurisk ålder, dvs. bergarter bildade under äldre paleozoikum, förekommer inom ett sammanhängande område i Östergötland, som i det närmaste begränsas av linjer dragna mellan Omberg i sydväst, sjön Roxen i öster och Karlsdal (9j) i nordväst (jfr Plansch 1). Berggrundskartan Hjo NO utgör den nordvästra delen av detta område. I SGU:s äldre serie av kombinerade jord- och berggrundskartor i skala 1: 50 000 täcker kartbladen Motala Aa 102 (Jönsson 1887) och Vadstena (Blomberg 1905) tillsammans det nya kartbladet. I beskrivningarna till dessa kartor finns för första gången en sammanfattning av bl.a. de paleozoiska bergarternas utbredning.

Den första berggrundsgeologiska kartan med den totala utbredningen av sedimentära bergarter i Östergötland, sammanställdes av S. Rosén år 1919 och finns publicerad i beskrivningen till kartbladet Mjölby (Magnusson, Munthe och Rosén 1922) samt i en uppsats av Westergård (1922). Under ledning av A. H. Westergård fortsatte insamlingen av berggrundsdata och nya mer detaljerade kartor kunde utarbetas av J. Eklund år 1939 och P. Thorslund år 1944. Kartorna finns var för sig utgivna i två uppsatser av Westergård (1940 resp. 1944). Även ett par äldre berggrundskartor över begränsade områden har publicerats. Linnarsson (1880) har behandlat den nordvästligaste delen och undersökt bl.a. kalkstenslagren strax söder om N. Freberga (9j), och Rosén (1923) har till viss del också beskrivit detta område i en populärvetenskaplig uppsats, som emellertid väsentligen berör förhållandena i trakten av Motala.

Förutom de uppsatser som enbart behandlar det aktuella kartområdet, är även undersökningar på de intilliggande kartbladen Linköping NV, NO och Hjo SO av stor betydelse. Bland dessa kan nämnas Westergårds detaljerade beskrivningar av den kambriska och understa underordoviciska lager-

följden (Westergård 1909, 1922, 1928, 1930, 1946, 1947), Tjernviks undersökning av de lägsta underordoviciska kalkstenarna (Tjernvik 1956) samt Jaanussons publicerade arbeten över den mellan- och överordoviciska lagerföljden (Jaanusson 1962, 1963). En sammanställning av Östergötlands kambrosilurområde i sin helhet finns dessutom i två uppsatser av Thorslund (1951, 1962), där strukturgeologin och de olika bergartstyperna samt deras inbördes åldersrelationer är presenterade.

Kartläggning av den paleozoiska berggrunden

Den paleozoiska berggrundsytan är i Östergötland praktiskt taget helt täckt av lösa kvartära avlagringar, och jorddjup på mer än 10 m är inte ovanligt. Detta får till följd att antalet berggrundsblottningar är få för direkta observationer. Någon stenindustriell aktivitet förekommer inte heller, varför även temporära berggrundsskärningar saknas. Kalkstensbrytning har dock förekommit i mindre omfattning, men stenbrotten är numera mer eller mindre igenfyllda. Två små brott fanns tidigare intill N. Freberga (9j), där framför allt lokalbefolkningen utnyttjade kalkstenen till byggnadsmaterial och kanske även för tillverkning av bränd kalk. I äldre geologiska uppsatser finns stenbrotten delvis dokumenterade. Ett var beläget omedelbart SSO om N. Freberga och lagren utgörs av mellanordovicisk chasmopskalksten, det vi nu kallar Dalby- och Moldåkalksten. Strax väster därom fanns det andra stenbrottet och lagren representerar där en äldre sekvens av "Ortocerkalk", sannolikt av underordovicisk ålder. På Vätterns botten söder om N. Freberga finns också uppgifter om anstående kalkstenslager nära stranden öster om Aludden samt strax intill Kyttudden (jfr Linnarsson 1880 och Jönsson 1887). Nästan vertikalt stående lager av alunskiffer har iakttagits omedelbart söder om Aludden. Några fossilfynd gjordes inte i själva skiffern, men i löst liggande orstenar påträffades exemplar av trilobiterna *Agnostus pisiformis* och *Olenus gibbosus,* två arter som uteslutande förekommer i lager av överkambrisk ålder.

Under det senaste karteringsarbetet har man inte funnit dessa blottningar, men talrika fynd i området av både orsten, alunskiffer och kalksten tyder på att djupet till berggrundsytan är ringa.

Omedelbart söder om Vadstena kan man ännu i viss utsträckning studera en del av den sedimentära berggrunden i ett numera till stor del vattenfyllt stenbrott. Blottningen är belägen vid Solhaga (5j) och representerar tektoniskt störda underordoviciska kalkstenslager. SGU har utfört två kärnborrningar alldeles i anslutning till stenbrottet, där kalkstenslagren och nära nog hela den underliggande kambriska lagerföljden genomborrades. Nedan

i kapitlet "Granbystrukturen" är resultatet av borrningarna närmare presenterat. Omkring 600 m norr om Solhagabrottet fanns tidigare ytterligare ett stenbrott med övervägande rödbrun underordovicisk kalksten. Brottet har sedan länge varit helt igenfyllt, men i samband med grundläggningsarbeten för småhusbyggnationer, frilades berggrundsytan på ett flertal ställen och man fick en god överblick av bl.a. strukturgeologin i området (se vidare s. 107).

Eftersom berggrundsytan är föga blottad på hela östgötaslätten måste berggrundsdata från direkta observationer kompletteras med ytterligare information för att få en säkrare bild av de olika bergarternas utbredning. Till stor hjälp är då tillgång till brunnsprotokoll, framförallt från borrade brunnar. En första systematisk inventering av brunnsuppgifter inom kambrosilurområdet påbörjades av P. Thorslund i samband med sammanställningen av den tidigare omnämnda geologiska kartan från 1944, och under det senaste karteringsarbetet har ytterligare en stor mängd brunnsprotokoll samlats in, samtidigt som kontinuerlig kontakt har hållits med olika brunnsborrningsfirmor. Inom vissa områden där geologin ändå har varit ofullständigt känd har undersökningarna kompletterats med markgeofysiska mätningar och i viss utsträckning har även kärnborrningar utförts. På plansch 1 finns de flesta kärnborrningarna markerade, varav borrningarna strax söder om Vadstena och den vid Nässja (6j) är belägna inom detta kartområde. Markgeofysiska mätningar har utförts i trakten kring N. Freberga (9j), där man med hjälp av seismiska undersökningar har kunnat avgränsa de sedimentära bergarternas utbredning mot de anstående prekambriska bergarterna i väster och i norr. Omfattande geofysiska mätningar, framför allt geoelektriska, har dessutom genomförts strax söder om Vadstena i samband med undersökningen av Granbystrukturen.

Resultaten av den geologiska karteringen har bearbetats och sammanställts dels på en berggrundskarta, där den horisontella utbredningen av olika sedimentära bergarter redovisas (berggrundsytan), dels på en strukturgeologisk karta, där förkastningslinjer och nivåkurvor visar urbergsytans topografi. Nivåkurvorna anger urbergsytans läge i meter över havet.

På båda kartorna finns markeringar för brunnsborrningar och kärnborrningar, och på den strukturgeologiska kartan (tektoniska kartan) är de kompletterade med urbergsläget angivet i meter över havet. Det bör även i detta sammanhang påpekas att endast ett fåtal av brunnsborrningarna når ned till urberget, men genom identifiering av olika bergartsgränser högre upp i lagerföljden har man kunnat beräkna den sannolika totala mäktigheten av sedimentbergarterna och därmed kunnat få fram urbergs-

läget. Med kännedom om markytenivån, jordtäckets mäktighet och urbergsytans läge, kan man sedan direkt på kartan beräkna sedimentbergarternas ungefärliga mäktighet i olika områden. Uppgifter om markytenivån kan hämtas direkt från strukturgeologiska kartan och variationen i jordtäckets tjocklek finns sammanställd på fig. 12 i beskrivningen till jordartskartan Hjo NO (Johansson 1975).

Berggrundsytan på Vätterns botten inom ett område öster om en linje dragen från Kyttudden i norr, över öarna Erkerna, Fjuk och Jungfrun, ned mot nordspetsen av Omberg utgörs huvudsakligen av ordoviciska kalkstenslager, men även siluriska skiffrar bör förekomma inom ett mindre område i norr (jfr plansch 2). Geologiska institutionens maringeologiska avdelning vid Stockholms universitet har undersökt delar av detta område (Axberg och Wadstein 1980). Resultatet av den seismiska undersökningen har bl.a. sammanställts på en översiktskarta där berggrunden är odifferentierad och sammanfattats under beteckningen undre paleozoiska bergarter.

Inledningsvis påpekades i detta avsnitt att den paleozoiska berggrundsytan praktiskt taget helt är täckt av kvartära avlagringar. Detta har medfört att bergartsgränser och förkastningslinjer endast schematiskt har kunnat åskådliggöras på berggrundskartan respektive den strukturgeologiska kartan.

Bergartsbeskrivning

I det följande är de olika paleozoiska bergarternas utseende, sammansättning och inbördes stratigrafiska läge beskrivna. Allmänt sett kan de delas in i sandstenar, lerskiffrar, alunskiffer samt kalkstenar med inslag av skiffer och slamsten. Som redan tidigare nämnts bildades de under den kambriska, ordoviciska och äldre delen av siluriska perioden. Detta innebär att de äldsta delarna tillkom för ca 560—570 miljoner år sedan och de yngsta lagren för ca 430—440 miljoner år sedan, alltså inom ett tidsavsnitt på ca 130—140 miljoner år.

I beskrivningen till angränsande kartblad, Linköping NV (Wikman, Bruun och Dahlman 1980) har flertalet av de utförda kärnborrningarna på östgötaslätten presenterats i olika diagram. Läsaren hänvisas till dessa figurer för att få en allmän uppfattning om hur stratigrafin varierar inom olika delar av kambrosilurområdet.

Underkambrium

Den underkambriska sandstenen representerar den äldsta paleozoiska bergartsenheten, men finns inte blottat i markytan på något ställe inom hela

kambrosilurområdet. Däremot är det inte ovanligt att finna lösa block i jordlagren. På grund av de naturliga omständigheterna är våra bergartsdata därför i första hand baserade på resultat från bearbetningar av olika borrkärnor, och för det här kartområdet i första hand från Nässjakärnan (6i).

Underlaget till de sedimentära bergarterna på östgötaslätten utgörs av prekambriska kristallina bergarter, allmänt betecknat som urberg. Åldern är ungefär 1 700—2 000 miljoner år. Innan havet under äldre kambrisk tid

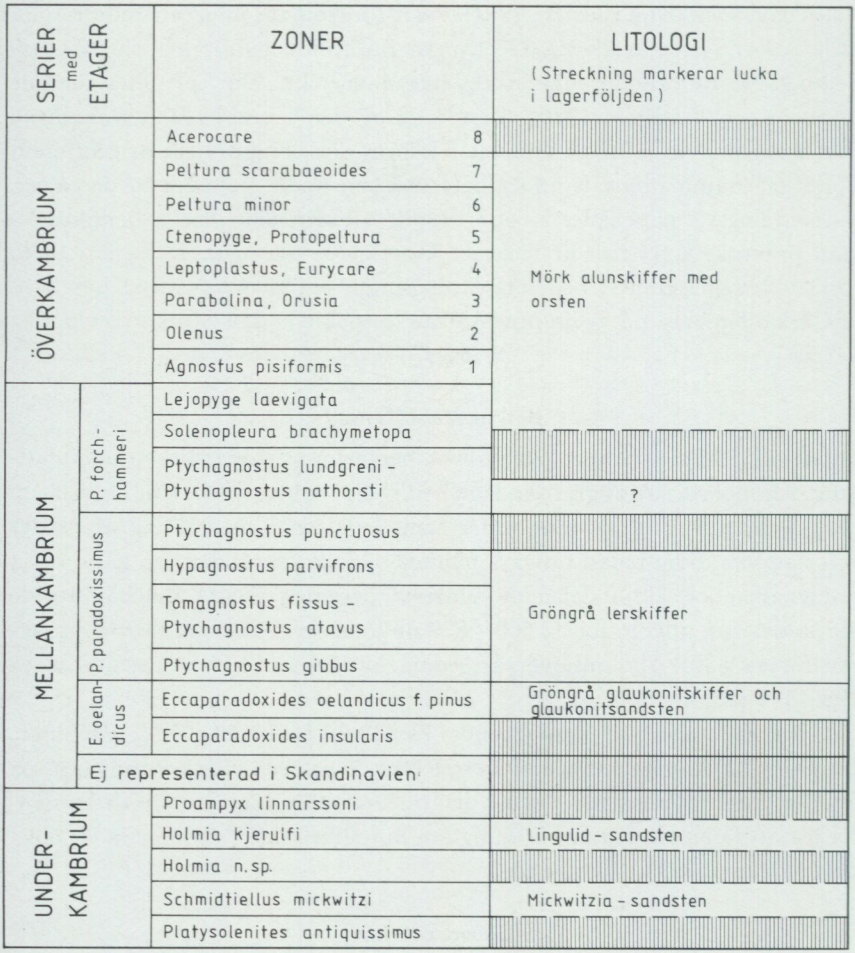


Fig. 32. Stratigrafisk översiktstabell.
Stratigraphy.

bredde ut sig över regionen och en omfattande sedimentationsprocess inleddes, hade urbergsytan under lång tid varit utsatt för vittring. Man kan därför t.ex. vid borrningar genom de sedimentära bergarterna ned till urberget träffa på en ibland till flera meters djup vittrad urbergszon. Vanligast är emellertid att denna zon saknas beroende på att vittringsprodukterna sannolikt spolades bort när havet gradvis trängde in över området. Kvar blev i stället ett tunt, föga omvandlat vittringsgrus med i stort sett samma mineralsammansättning som i det underliggande urberget. Direkt över dessa bildningar avsattes efter hand kvartsrik sand, som så småningom konsoliderades och nu representerar den underkambriska sandstenen.

En komplett profil över sandstenens vertikala omfattning i Nässjakärnan visas i fig. 33, där även den litologiska variationen är schematiskt illustrerad. Den totala mäktigheten uppgår till 23.97 m. Vad gäller hela kambrosilurområdet, så är denna lagerpacke påfallande konstant i mäktighet och varierar mellan ungefär 22 m och 25 m. Det finns dock mindre områden där sandstenslagren blivit snedställda på grund av rörelser i jordskorpan och därmed uppvisar en skenbart ökad lagermäktighet eller i vissa fall betydligt tunnare mäktighet än vad som är vanligt. Dessa förhållanden är framför allt knutna till den nordligaste delen.

Även bergartsmässigt är likheten stor vid en jämförelse mellan olika områden. Lagerföljden inleds oftast med ett tunt konglomeratartat skikt, vilket emellertid saknas i Nässjakärnan. Däröver följer en ca 3 m gråvit medelkornig sandsten. De understa delarna kan vara mycket löst konsoliderade, men uppåt i lagerserien hårdnar sandstenen och kan ställvis vara nästan kvartsitisk. Direkt över kommer sedan lager med betydligt högre lerhalt och ställvis förekommer även tunna skikt av gröngrå lersten. Totalt omfattar denna enhet ca 10 m i Nässjakärnan. Kännetecknande för de lerigare delarna är, att den primära skiktningen ofta uppvisar en tydlig deformation, som till stor del sannolikt har åstadkommits av grävande organismers aktivitetet, s.k. bioturbation. Vanligtvis benämns bergarten "kråksten". Andra tydliga strukturer orsakade av grävande organismer är olika mönster av igenslammade maskrör, t.ex. *Diplocraterion* (ett U-format maskrör) och *Scolithus* (sinsemellan vertikala rör). Torksprickor och böljeslagsmärken förekommer också i denna del av sandstenen och tyder på att vattendjupet varit ringa och att havsbotten även varit torrlagd under vissa perioder.

I jämförelse med andra områden på östgötaslätten uppvisar de lerigare delarna en mindre mäktighet i Nässjakärnan. I återstoden av den underkambriska lagersekvensen avtar inslaget av lera och i de översta ca 4 m

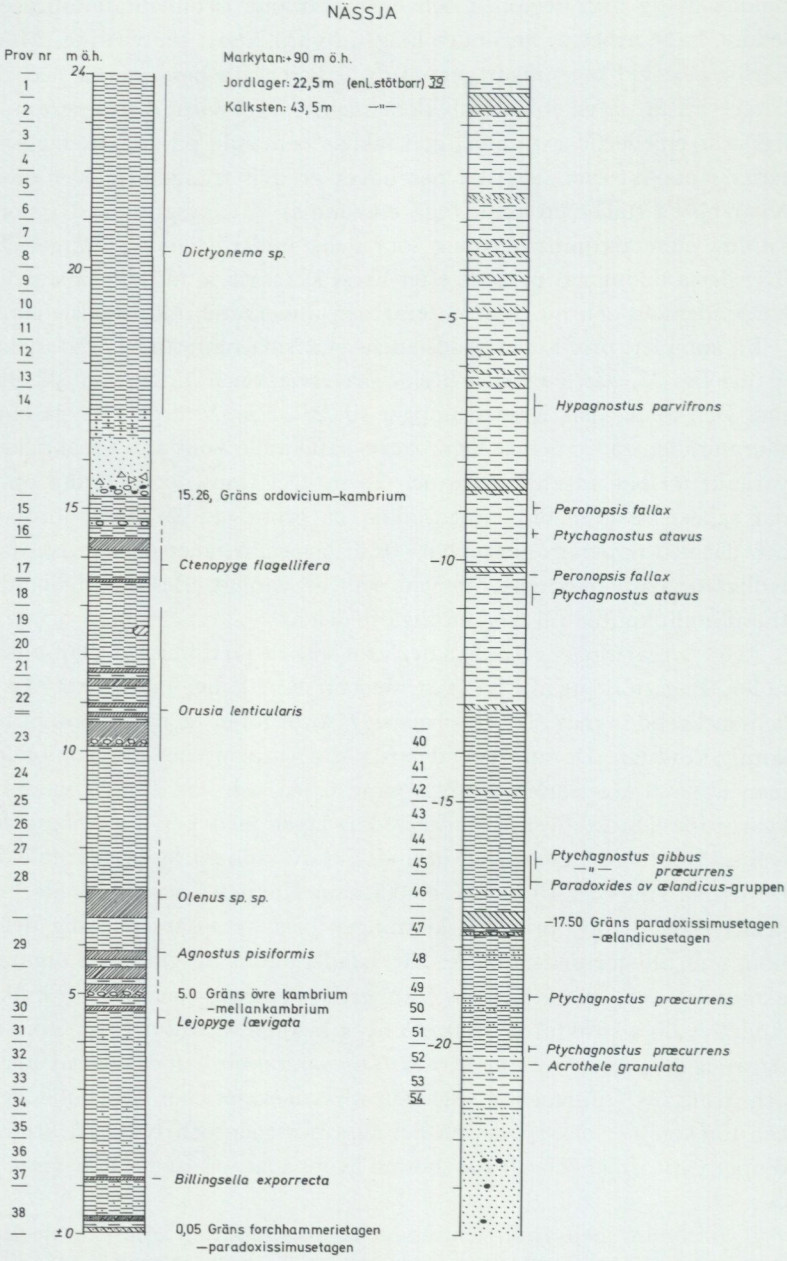
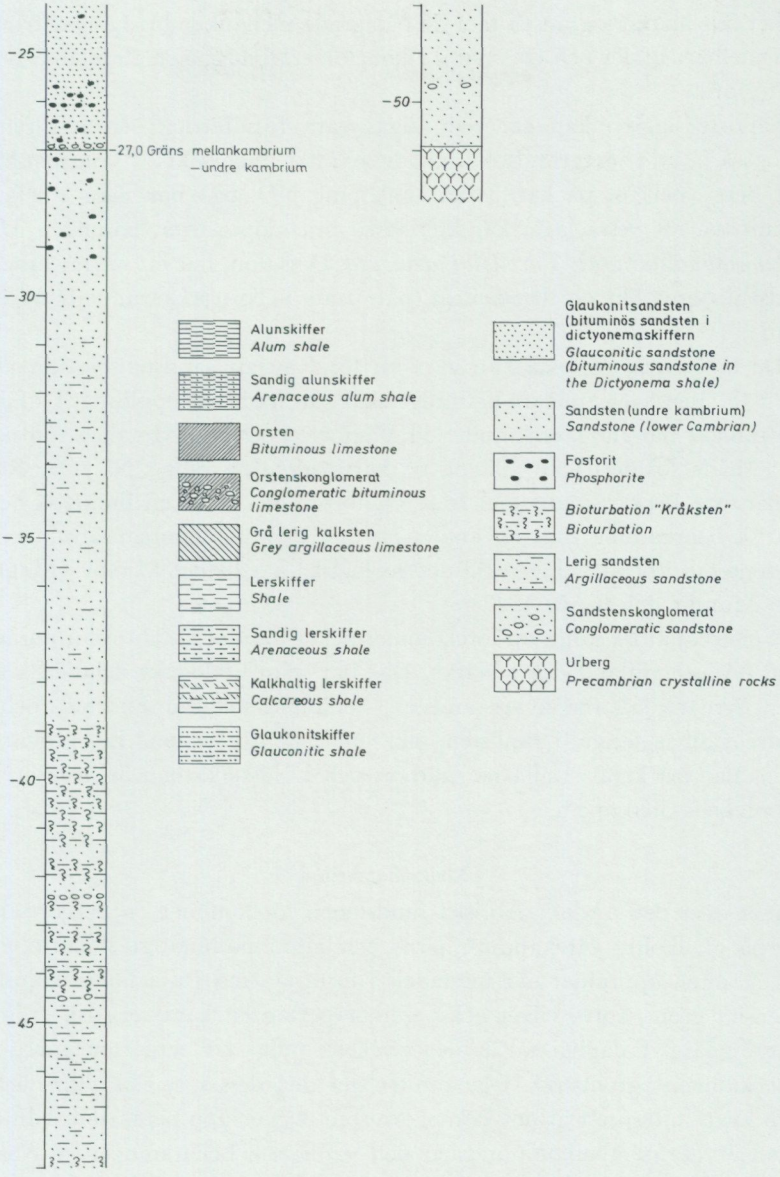


Fig. 33. Borrkärnprofil genom kambriska lager och underordovicisk alunskiffer.
Core section in Cambrian beds and Lower Ordovician alum shale.


-25
-27,0 Gräns mellankambrium
—undre kambrium
-30
-35
-40
-45
-50
Alunskiffer
Alum shale
Sandig alunskiffer
Arenaceous alum shale
Orsten
Bituminous limestone
Orstenskonglomerat
Conglomeratic bituminous limestone
Grå lerig kalksten
Grey argillaceous limestone
Lerskiffer
Shale
Sandig lerskiffer
Arenaceous shale
Kalkhaltig lerskiffer
Calcareous shale
Glaukonitskiffer
Glauconitic shale
Glaukonitsandsten (bituminös sandsten i dictyonemaskiffern
Glauconitic sandstone (bituminous sandstone in the Dictyonema shale)
Sandsten (undre kambrium)
Sandstone (lower Cambrian)
Fosforit
Phosphorite
Bioturbation "Kråksten"
Bioturbation
Lerig sandsten
Argillaceous sandstone
Sandstenskonglomerat
Conglomeratic sandstone
Urberg
Precambrian crystalline rocks

består sandstenen nära nog enbart av kvartskorn. När havet så småningom gradvis drog sig tillbaka bildades sannolikt i strandzonen det konglomerat, vilket fått markera gränsen mot de pålagrade mellankambriska bergarterna. Omedelbart under och över samt i konglomeratbildningen finns små bollar av fosforit.

Sandstenslagren kan generellt sägas vara fossilfattiga och fossilfynden är också få i de berggrundsblottningar som har undersökts. I sandstensblock vid Berg (beläget på kartbladet Linköping NO, 6g) har man emellertid funnit två för dessa lager karakteristiska brachiopodarter, nämligen *Mickwitzia monolifera* och *Torellella laevigata*. Dessutom har ett vittrat brachiopodskal, sannolikt en *Mickwitzia*, påträffats i Tornbykärnan (jfr Westergård).

De få fynden av fossil kan vara en följd av att sandstensblottningarna varit få, men även tidigare befintliga skal kan ha blivit upplösta. Tillfälliga blottningar har tidigare funnits vid Vågforsen och vid Motala ström intill Näs (båda lokalerna är belägna på kartbladet Linköping NV). S. Rosén undersökte bergartsmaterialet från Vågforsen och såväl en litologisk-petrografisk bearbetning som en analys av den kemiska sammansättningen är presenterad i beskrivningen till det geologiska kartbladet Mjölby (Magnusson, Munthe och Rosén 1922).

Underkambrisk sandsten förekommer också i andra kambrosiluromåden, t.ex. i Västergötland och i Närke. Där har man litologiskt delat in lagren i en övre nästan ren kvartssandsten, benämnd lingulid-sandsten, och en undre ställvis lerigare sandsten, s.k. *mickwitzia*-sandsten. En provisorisk gräns har markerats i alla borrkärnor, och i Nässjakärnan är gränsen satt vid nivån —30.0 m ö.h.

Mellankambrium

Direkt över den underkambriska sandstenen förekommer en bergartsenhet rik på glaukonit: ett kalium-, järn- och aluminiumhaltigt silikatmineral. Glaukoniten uppträder här mestadels i form av små (ofta mikroskopiska), intensivt gröna korn, vilket också ger bergarten en karakteristisk grön till blågrön färg. I dagligt tal är det mycket vanligt att bergarten går under beteckningen "grönberg". Glaukoniten ger den dess speciella kännetecken, men kvantitativt sett är det kvartskorn som bygger upp bergarten. I litteraturen är därför glaukonitsandsten den vanligaste benämningen. I Nässjakärnan mäter lagren 5.50 m. Den övre gränsen är dock svår att exakt bestämma då såväl glaukoniten som kvartskornen successivt avtar i mängd och slutligen övergår i en slamsten, även den något glaukonitisk i den ba-

TABELL 12. Kemiska analyser av mellankambrisk alunskiffer (*E. oelandicus*-etagen) från Nässjakärnan (vikt-%). Sammanställd efter Dahlman 1962. Provnivåerna angivna i fig. 33.
Chemical analyses of Middle Cambrian alum shale (weight %). Sampled levels in Fig. 33.

Prov nr	47—49	50—52	53—54
SiO_2	58.9	58.0	57.8
Al_2O_3	17.1	18.3	18.3
Fe_2O_3	10.2	9.5	9.9
MgO	1.8	2.0	2.1
CaO	0.8	0.8	0.8
TiO_2	1.2	1.1	1.1
K_2O	4.6	4.9	4.9
Na_2O	0.2	0.2	0.3

47—49: 107.40—109.00 m under markytan.
50—52: 109.00—110.50 „ „ „
53—54: 110.50—111.20 „ „ „

sala delen.

Vid en jämförelse med övriga områden på östgötaslätten framgår, att de glaukonitförande lagren varierar märkbart både vad gäller bergartsutbildning och mäktighet. Till skillnad från Nässjakärnan visar flertalet av de övriga borrkärnorna ett betydligt större lerinslag, och många gånger använder man istället bergartsbeteckningen glaukonitskiffer — en kanske inte helt korrekt term då det snarare är frågan om en slamsten. Mäktigheten varierar inom kambrosilurområdet mellan ca 1.5 m och 5.5 m.

Biostratigrafiskt tillhör dessa glaukonitförande lager *oelandicus*-etagen och zonen med *Eccaparadoxides oelandicus* f. *pinus*. Den äldsta delen av den mellankambriska lagerföljden, representerad av zonen med *E. insularis*, saknas såvitt hittills är känt inom hela kambrosilurområdet. Vid en jämförelse med den mellankambriska lagerföljden i Nordamerika finner man dessutom en avsevärd stratigrafisk lucka mellan under- och mellankambrium.

Lerskiffer är den bergart som direkt överlagrar de glaukonitrika skikten och stratigrafiskt representerar den undre och mellersta enheten av den mellankambriska lagerpacken. Benämningen skiffer är dock något missvisande då bergarten i flera avsnitt saknar benägenhet att klyva upp sig i tunna flak längs parallella plan. Lersten eller slamsten skulle i dessa fall vara en mer korrekt bergartsbeteckning. Svårigheten är emellertid att exakt kunna avgränsa de två bergartstyperna i distinkta enheter, varför benämningen lerskiffer genomgående används i denna beskrivning. Lerskiffern är vanligen gröngrå till färgen, men vissa nyansförändringar förekommer. I

TABELL 13. Kemiska analyser av mellankambrisk alunskiffer (*P. paradoxissimus*-etagen) från Nässjakärnan (vikt-%). Sammanställd efter Dahlman 1962. Provnivåerna angivna i fig. 33.
Chemical analyses of Middle Cambrian alum shale (weight %). Sampled levels in Fig. 33.

Prov nr	40—41	42—44	45—46
SiO_2	58.0	56.9	58.5
Al_2O_3	17.1	17.8	17.1
Fe_2O_3	10.8	11.3	10.0
MgO	2.1	2.0	1.9
CaO	1.6	1.3	1.4
TiO_2	1.1	1.0	1.2
K_2O	4.5	4.7	4.7
Na_2O	0.3	0.2	0.3

40—41: 103.50—104.50 m under markytan.
42—44: 104.50—106.00 „ „ „
45—46: 106.00—107.16 „ „ „

Nässjakärnan är de basala delarna tydligt gröngrå beroende på att skiffern innehåller en viss halt av glaukonit. Högre upp är färgen mörkbrun och bergarten kan i det närmaste liknas vid alunskiffer. Halten organisk substans är dock lägre jämfört med den överkambriska och underordoviciska alunskiffern. Mäktigheten är ungefär 7 m. I borrkärnor från den östra delen av kambrosilurområdet saknas denna mörkbruna skiffer.

Den egentliga gröngråa lerskiffern ligger i Nässjakärnan mellan nivåerna ± 0.0 m ö.h. och — 13.0 m ö.h. I skiffern förekommer upp till decimetertjocka mellanlagringar av grå kalksten. Vanligt är också utbildningen av ljusa, tunna, diffust avgränsade kalkhaltiga skikt.

I motsats till den underkambriska sandstenen är den mellankambriska skiffern betydligt fossilrikare, vilket åtminstone tyder på ett gynnsammare förhållande vad beträffar bevaringen av den fossila faunan. Biostratigrafiskt kan man därmed mer noggrant dela in denna enhet i zoner och subzoner, i det här fallet framför allt baserade på olika trilobitarter. Den stratigrafiska korrelationen mellan olika områden underlättas härmed och blir i många fall också exaktare.

Biostratigrafiskt ingår de undre ca 3 m, dvs. skiffern med den mörkbruna färgnyansen, i *oelandicus*-etagen och tillhör samma zon som den underliggande glaukonithaltiga sandstenen. Mellankambriums mellersta enhet (etagen med *Paradoxides paradoxissimus*) omfattar den gröngråa lerskiffern samt merparten av den underliggande, svagt bituminösa skiffern. I Nässjakärnan har gränsen mellan *oelandicus*- och *paradoxissimus*-etagen dragits vid basen av en sandig, lerig och något konglomeratisk kalksten

(jfr fig. 33). Seriens yngsta delar (ca 5.0 m i Nässjakärnan) är i det närmaste en kontinuerlig sekvens av alunskifferlager. Gränsen mot den underliggande etagen har bestämts till basen av ett tunt, lerigt, sandigt kalkstensskikt, och det markerar också den definitiva nivån för övergången från lerskiffer till alunskiffer. Den basala alunskiffern är oftast något sandig och ibland förekommer inlagringar av tunna kalkstens- eller orstensskikt, mer eller mindre konglomeratiskt utbildade. Sannolikt är detta motsvarigheten till det s.k. exporrectakonglomeratet i t.ex. Billingen-Falbygdenområdet i Västergötland, och i Nässjakärnan har man också registrerat ett exemplar av brachiopoden *Billingsella exporrecta*. Huvuddelen av den mellankambriska alunskiffern ingår emellertid i zonen med *Lejopyge laevigata*.

Överkambrium

Alunskiffer är den dominerande bergarten i överkambrium. Det är en mörkbrun, nästan svart lerskiffer, lätt att skiva upp längs parallella ytor. I överkambrium och även till viss del i mellankambrium är skiffern ställvis mellanlagrad av en mörk bituminös kalksten, s.k. orsten, som oftast uppträder i form av isolerade bollar eller linser. Dessutom kan den förekomma som mer eller mindre sammanhängande bankar. Exempel på detta är den "stora orstensbanken" i seriens understa del. Dess mäktighet har i flera fall visat sig överstiga 1 m. Orstenen är ibland grovkristallin och består då nästan enbart av stora kalkspatkristaller. Vanligast är dock den finkristallina varianten och i dess skiktade delar påträffas ofta rikligt med skalbärande fossil. Trilobiter är mycket vanliga och med hjälp av olika arters bestämda

TABELL 14. Kemiska analyser av mellankambrisk alunskiffer (*P. forchhammeri*-etagen) från Nässjakärnan (vikt-%). Sammanställd efter Dahlman 1962. Provnivåerna angivna i fig. 33.
Chemical analyses of Middle Cambrian alum shale (weight %). Sampled levels in Fig. 33.

Prov nr	30—32	33—36	37—39
SiO_2	57.9	60.7	59.6
Al_2O_3	17.6	17.5	17.1
Fe_2O_3	10.0	8.1	8.2
MgO	2.7	1.8	1.7
CaO	1.7	1.2	1.7
TiO_2	1.2	1.3	1.2
K_2O	5.0	4.7	4.5
Na_2O	0.4	0.3	0.3

30—32: 85.00—86.50 m under markytan.
33—36: 86.50—88.50 „ „ „
37—39: 88.50—90.27 „ „ „

utbredning i lagerpacken kan den delas in i väl avgränsade biostratigrafiska zoner (jfr fig. 32). Zonen med *Agnostus pisiformis* utgör den äldsta delen och representerar i vissa områden orstensförande alunskiffer, medan andra områden kännetecknas av orstenar, ibland utbildade som en enda bank, "stora orstensbanken". Förutom nämnda zon kan även zonerna med *Olenus, Orusia* och *Parabolina* ingå i denna bank och mäktigheten kan överstiga 1 m. Den yngsta zonen i överkambrium (zonen med *Acerocare*) saknas i Nässjakärnan liksom inom hela kambrosilurområdet varför lager tlllhörande den närmast yngre zonen med *Peltura scarabaeoides* bildar de yngsta skikten. Den sammanlagda mäktigheten har uppmätts till 10.2 m i Nässjakärnan.

I beskrivningen till kartbladet Linköping NV, finns en litologisk och biostratigrafisk sammanställning baserad på resultaten från olika borrkärnor på östgötaslätten. Beträffande den överkambriska alunskiffern kan man skönja en viss tendens till successiv minskning i lagermäktigheten i riktning mot öster. Exempelvis kan nämnas att lagren i Flistadkärnan endast mäter 5.5 m mot 10.2 m i Nässjakärnan. Differensen ligger framför allt i utbildningen av zonerna med *A. pisiformis, Olenus, Orusia* och *Parabolina* där Flistadkärnan är representerad av "stora orstensbanken" (ca 1 m mäktig) medan motsvarande zoner i Nässjakärnan utgörs av orstensförande alunskiffer (ca 8 m mäktig).

Ur samhällsekonomiska aspekter är alunskiffern speciellt intressant då vissa begränsade avsnitt innehåller relativt höga halter av bl.a. uran, koppar, nickel, molybden, vanadin och skifferolja. Den högsta koncentrationen

TABELL 15. Kemiska analyser av överkambrisk alunskiffer från Nässjakärnan (vikt-%). Sammanställd efter Dahlman 1962. Provnivåerna angivna i fig. 33.
Chemical analyses of Upper Cambrian alum shale (weight %). Sampled levels in Fig. 33.

Prov nr	15—19	20—24	25—29
SiO_2	57.3	55.3	56.8
Al_2O_3	15.0	15.1	16.3
Fe_2O_3	13.4	13.3	14.3
MgO	1.4	1.3	1.3
CaO	1.2	1.8	1.2
TiO_2	1.0	1.0	1.1
K_2O	5.2	5.2	5.0
Na_2O	0.6	0.4	0.4

15—19: 74.75—77.55 m under markytan.
20—24: 77.55—80.70 „ „ „
25—29: 80.70—84.45 „ „ „

av uran är i Östergötland, liksom i de övriga mellansvenska alunskifferområdena, knuten till zonen med *Peltura scarabaeoides*. I Nässjakärnan har i ett prov en maximal halt av 265 g/ton skiffer registrerats och medeltalet i samma zon ligger på ca 200 g/ton. I Östergötland är denna zon, jämfört med t.ex. Västergötland och Närke, förhållandevis tunn med en skiffermäktighet (exklusive orstenen) från 0 m upp till 1.1 m. Mängden utvinnbar skifferolja varierar från ca 2.9 % i den mellankambriska delen (zonen med *Lejopyge laevigata)* upp till ca 3.9 % i överkambrium. I tabell 17 finns en sammanställning av beräkningar på mängden kol, väte, karbonatbundet kol, svavel och uran. Analyserna är utförda på halvmeterprover från Nässjakärnan.

Underordovicium

Alunskiffer förekommer också i den undre delen av underordovicium och ligger direkt ovanpå den kambriska skiffern. Den underordoviciska alunskiffern är ofta benämnd dictyonemaskiffer efter den ställvis rika förekomsten av olika graptolitarter tillhörande släktet *Dictyonema*. Dess basala delar utgörs av en moig sandig skiffer eller i vissa områden av en moig, kalkhaltig, delvis bituminös sandsten. Mäktigheten varierar och i vissa fall uppträder endast en något moig alunskiffer. I Nässjakärnan mäter enheten ca 1.8 m (jfr fig. 33). Gränsskikten är här något konglomeratisk och även breccierad. Enligt Wiman (1903) och Rosén (1916) kan denna sandstensenhet stratigrafiskt motsvara den i flera andra kambrosiluromräden utbildade obolussandstenen eller oboluskonglomeratet, som där representerar ordoviciums bottenlager.

TABELL 16. Kemiska analyser av underordovicisk alunskiffer (dictyonemaskiffer) från Nässjakärnan (vikt-%). Sammanställd efter Dahlman 1962. Provnivåerna angivna i fig. 33.
Chemical analyses of Lower Ordovician alum shale (weight %). Sampled levels in Fig. 33.

Prov nr	1— 5	6—10	11—14
SiO_2	64.7	61.5	60.0
Al_2O_3	15.6	17.7	18.5
Fe_2O_3	7.1	8.4	9.2
MgO	1.7	2.2	1.8
CaO	1.1	1.4	0.9
TiO_2	1.1	1.2	1.1
K_2O	5.4	5.7	5.6
Na_2O	0.5	0.5	0.6

1— 5: 66.00—68.50 m under markytan.
6—10: 68.50—71.00 „ „ „
11—14: 71.00—73.04 „ „ „

Biostratigrafiskt är skiffern uppdelad i zonen med *Dictyonema flabelliforme flabelliforme* och den närmast yngre zonen med *Clonograptus tenellus*. Däremot har man ej påträffat zonen med *Dictyonema flabelliforme norvegica*. Skiffern är i Nässjakärnan 8.8 m och utgör därmed den största uppmätta mäktigheten i Östergötland. Tillsammans med den kambriska delen skulle då alunskiffern (inklusive orstenar) uppgå till ca 19 m.

Även dictyonemaskiffern visar upp relativt höga metallhalter, och då i synnerhet vanadin med en koncentration på upp till 0.2 %. Även uran förekommer, men genomsnittshalten (ca 120 g/ton skiffer) är lägre jämfört med delar av de överkambriska lagren. Mängden utvinnbar skifferolja har beräknats till maximalt 4.5 %.

Direkt över alunskiffern kommer sedan lager av kalksten, kvantitativt sett den dominerande bergarten inom kambrosilurområdet. Kalkstenen förekommer i ett antal olika varianter med avseende på färg, lerhalt, kornstorlek, lagertjocklek m.m. Den huvudsakliga byggnadskomponenten är skal- och skalstoftsfragment (se fig. 37) som under tidernas gång sedimenterade på havsbotten. Vanligt är också en mellanlagring av mer eller mindre tunna skikt och lager av slam- och lersten. Ibland är mellanlagringen ej bunden till väl avgränsade och parallellt liggande skikt utan är mycket oregelbunden, vilket ger kalkstenen ett knöligt utseende.

Liksom de tidigare presenterade bergartstyperna finns kalkstenen inte i några större blottningar på detta kartblad. Ej heller finns det några kärnborrningar genom denna del av stratigrafin med undantag av borrningarna från Granbystrukturen (se plansch 1). Bergarterna skiljer sig emellertid där i utseende och mäktighet så mycket att de har behandlats i ett separat avsnitt längre fram i beskrivningen. Detaljerna i presentationen av kalkstenslagren är därför i första hand hämtade från undersökningar på de närmast intilliggande kartbladen. Genom att jämföra resultaten av dessa arbeten med de berggrundsdata man får fram vid brunnsborrningar eller från äldre brunnsprotokoll, har det visat sig att variationerna i utseende och mäktighet är mycket små. De litologiska gränserna kan därför ganska lätt följas över hela kambrosilurområdet.

Bergartssekvensen närmast över dictyonemaskiffern består i flera andra områden med kambrosilurisk berggrund, t.ex. på Öland och i Skåne, av ceratopygeskiffer och ceratopygekalksten. I Östergötland däremot, har dessa eller stratigrafiskt motsvarande lager inte kunnat påvisas. Dictyonemaskiffern är där istället direkt överlagrad av närmast yngre bergartsenhet, som stratigrafiskt ingår i Latorpetagen. Tjernvik (1956) har undersökt denna del i stenbrotten vid Borensberg och i Knivinge (jfr plansch 1). Vid

TABELL 17. Analyser av svavel, väte, kol, karbonatbundet kol (C_{co3}) och uran från underordovicisk och kambrisk alunskiffer (Nässjakärnan). Sammanställd efter Dahlman 1962. Provnivåerna angivna i fig. 33.
Analyses of sulphur, hydrogen, coal and uranium in Lower Ordovician and Cambrian alum shale from the Nässja-core. Sampled levels in Fig. 33.

Prov nr	S vikt-%	H vikt-%	C vikt-%	C_{co3} vikt-%	Uran g/ton
1— 5	2.88	1.53	12.29		105
6—10	4.24	1.65	14.72		127
11—14	4.52	1.73	14.51		123
15—19	7.69	1.69	14.47		133
20—24	7.91	1.67	14.94		141
25—29	7.69	1.79	14.66		122
30—34	4.23	1.26	7.94	0.09	33
35—39	3.10	0.90	4.49	0.20	17
40—46	3.25	0.84	3.50	0.19	11
47—54	2.48	0.80	2.74	0.08	13

1—14: Underordovicium (dictyonemaskiffer)
15—29: Överkambrium
30—39: Mellankambrium (*P. forchhammeri*-etagen)
40—46: „ (*P. paradoxissimus*-etagen)
47—54: „ (*E. oelandicis*-etagen)

Borensberg mäter lagren 3.3 m och är biostratigrafiskt indelade i olika trilobitzoner. Litologiskt kännetecknas den understa delen av ett tunt lager glaukonitsand och glaukonithaltig kalksten. I övrigt dominerar grå och svagt rödbrun kalksten, mellanlagrad av ett fåtal centimetertjocka kalkhaltiga slamstenslager. I beskrivningen till kartbladet Linköping NV finns dessa lagar presenterade i fem olika borrkärnor. Materialet är dock inte i detalj bearbetat, varför de hittills markerade etagegränserna endast kan betraktas som provisoriska. Gränsen mellan Latorp- och Lanna-Volhovetagen har bestämts till det yngsta ca 5—10 cm tjocka slamstenslagret. Över detta lager är slamstensinlagringen ringa och framträder endast som millimetertunna skikt, medan slamstenslagren under den markerade gränsen är mäktigare. Dessutom är kalkstenen under gränsen något mindre arenitisk, dvs. kornstorleken är mindre. Med utgångspunkt från denna gränsdragning kommer Latorpetagen att omfatta en lagermäktighet på mellan 2.55 m och 4.12 m. Borrkärnan Motala Ekön ligger närmast det aktuella området och representerar den minsta mäktigheten.

Närmast överliggande lager tillhör stratigrafiskt Lanna-Volhovetagen, och är utbildad som en massiv tjockbankad kalksten. Banktjockleken är vanligen 10—12 cm, men betydligt mäktigare — upp till 40 cm förekommer. I enhetens undre och mellersta delar är färgen svagt rödbrun med inslag av gråa partier. De övre ca 1.5—2.0 m (något mer i borrkärnan från

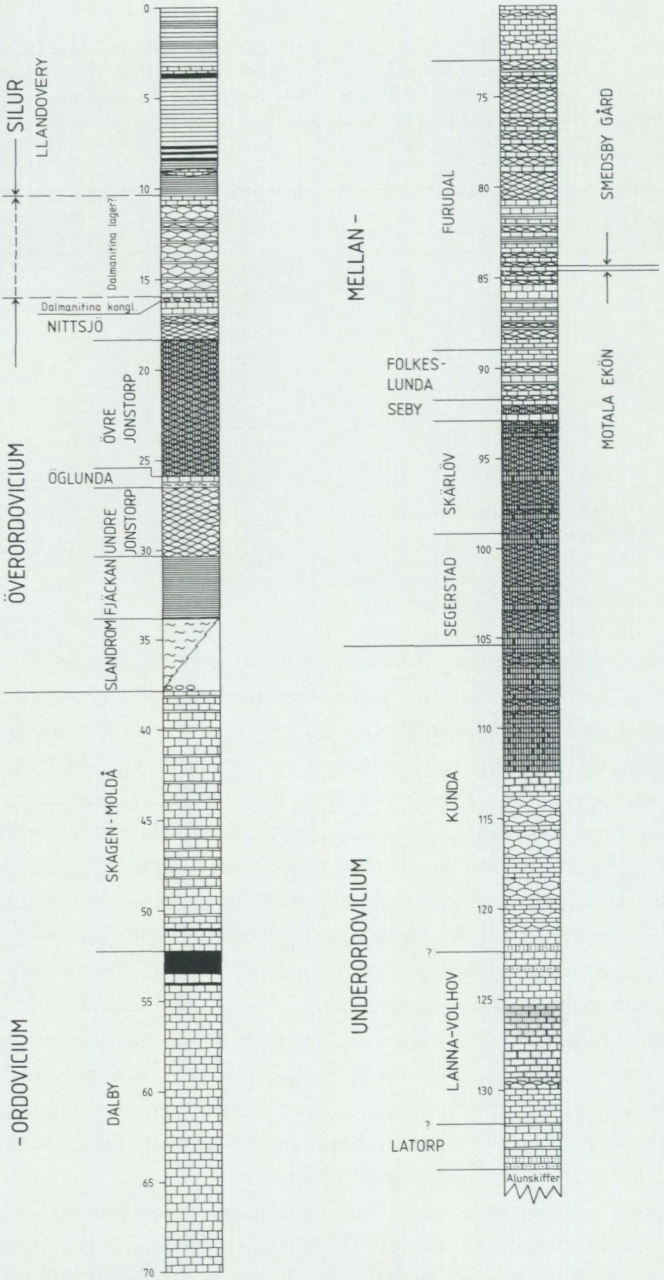


Fig. 34. Sammanställda borrkärnprofiler genom silurlager och ordoviciska kalkstenslager (i meter).
Core section in Silurian beds and Ordovician limestones (in metres).

Motala Ekön) är genomgående gråa med ett fåtal svagt gröna och tunna glaukonithaltiga skikt. Gränsen mot Kundaetagen har bestämts till en lätt identifierbar diskontinuitetsyta, dvs. en tydligt eroderad yta med små gropar, i det här fallet till stor del fyllda med glaukonitkorn. Den totala mäktigheten av etagen Lanna-Volhov kommer därmed att variera mellan 9.55 m och 10.25 m.

Kunda är den yngsta etagen och inleds med tjockbankade, ca 2 m mäktiga gråa kalkstenar. I borrkärnorna är framför allt den understa delen rikligt impregnerad med glaukonit. Direkt över följer en mindre tjockbankad, grå kalksten, ca 2.0—2.5 m mäktig. Lagren övergår sedan successivt i en något mörkare grå knölig kalksten. Den knöliga strukturen är mindre markant inom det aktuella området och i riktning ned mot Ombergs nordspets har knölkalken helt ersatts av skiktad kalksten. Kundaetagens översta ca 8.5 m består till övervägande del av rödbrun bankad kalksten med ett fåtal tunna, finknöliga sekvenser i framför allt den övre delen. Gränsen mot mellanordovicium går ej att urskilja litologiskt. Jaanusson (1962) har däremot faunistiskt kunnat definiera en gräns i Ekönkärnan och därmed har Kundalagrens mäktighet beräknats till ca 17.05 m.

Mellanordovicium

Den mellanordoviciska lagerserien är i detalj endast känd från de två borrningarna Smedsby Gård och Motala Ekön (se plansch 1). Lagren har undersökts såväl stratigrafiskt och litologiskt som paleontologiskt (Jaanusson 1962, 1965). De är stratigrafiskt indelade i topostratigrafiska enheter — en uppdelning där de olika enheterna är definierade antingen litologiskt och/eller faunistiskt. I fig. 34 visas en förenklad sammanställning av Jaanussons undersökningar. Som tidigare nämnts går gränsen mot underordovicium inte att exakt litologiskt definiera. De mörkt rödbruna kalkstenslagren som avslutar Kundaetagen, återfinns således även i den basala delen av mellanordovicium (12.51 m mäktiga), dock med den skillnaden att dessa lager (Segerstadkalkstenen och den direkt överliggande Skärlövformationen) i större utsträckning är småknölig. Därefter följer 1.18 m till färgen

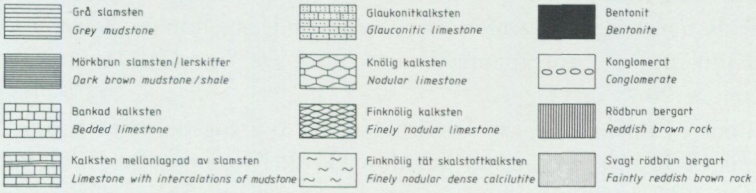




Fig. 35. Cystoidéer ("kristalläpplen") i mellanordovicisk Dalbykalksten från N. Freberga (9j), ca ×0.3. Foto U. Samuelsson.
Cystoids in Middle Ordovician Dalby Limestone.

fläckig rödbrun och grå Sebykalksten överlagrad av Folkeslundaformationen, en 2.26 m mäktig delvis knölig, grå kalksten mellanlagrad av slamsten med inneslutningar av mer eller mindre linsformade kalkstenar. Enheten är direkt pålagrad av Furudalkalksten, som enligt Jaanusson (1962) utgörs av 60 % mer eller mindre bankad finkornig kalkslam-kalksten, 28 % lersten och 12 % knölig kalksten. Mäktigheten har angivits till ca 16 m — en beräknad lagermäktighet, som är osäker då en kontinuerlig profil genom totala Furudal för närvarande saknas.

Närmast yngre enhet är Dalbykalkstenen. Den kännetecknas av grå regelbundet bankad, grovkornig skalsand-kalksten med ett fåtal knöliga partier. I de övre delarna finns mellanlagring av bentonit, dvs. ursprungligen lager av vulkaniska askor omvandlade till vissa lermineral som i kontakt med vatten är starkt svällande. Överytan av det mäktigaste bentonitlagret (ca 1.40 m i Smedsby Gård-kärnan) utgör gräns mot Skagenkalkstenen, som tillsammans med Dalbykalkstenen motsvarar vad man tidigare kallade Ludibunduskalksten. I lagren framför allt närmast under bentoniten kan cystoidéer ("kristalläpplen") förekomma i stort antal (se fig. 35). Den totala mäktigheten är 20.75 m.

Skagen och Moldåkalksten, mellanordoviciums två yngsta enheter, utgör tillsammans 14.35 m i borrkärnan Smedsby Gård. Någon exakt definierad litologisk eller biostratigrafisk gräns kan inte urskiljas. Enligt Jaanusson

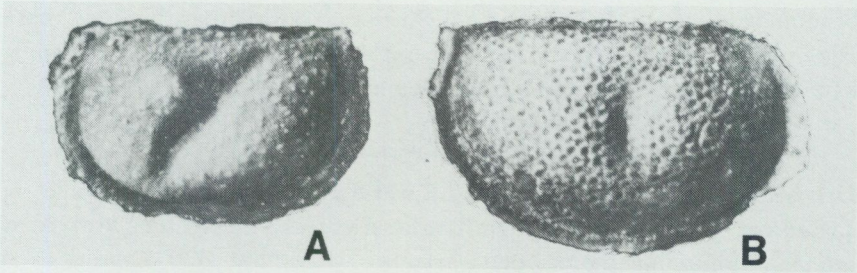


Fig. 36. Två arter av ostrakoder (musselkräftor) i mellanordovicisk Skagen- resp. Moldåkalksten från Granbystrukturen (5j). A, (ca ×68): *Sigmobolbina camarota* (Jaanusson); B, (ca ×32): *Platybolbina (Rimobolbina) rima* (Schallreuter). Foto Å. Bruun.
Ostracods from Middle Ordovician Skagen and Moldå Limestone respectively.

(1966) visar emellertid den biostratigrafiska undersökningen — trots att fynden av bestämbara fossil är få — att åtminstone halva mäktigheten utgörs av Skagenkalksten. Litologiskt är de båda enheterna mycket lika och kan innan närmare undersökningar är gjorda beskrivas som en enhet av ljusgrå kalkslam-kalksten med tunna, spridda och oregelbundna slamstensskikt. Flera av dem kan dock bli några centimeter tjocka (jfr fig. 38). I äldre geologisk litteratur motsvarar Moldå den del av stratigrafin man

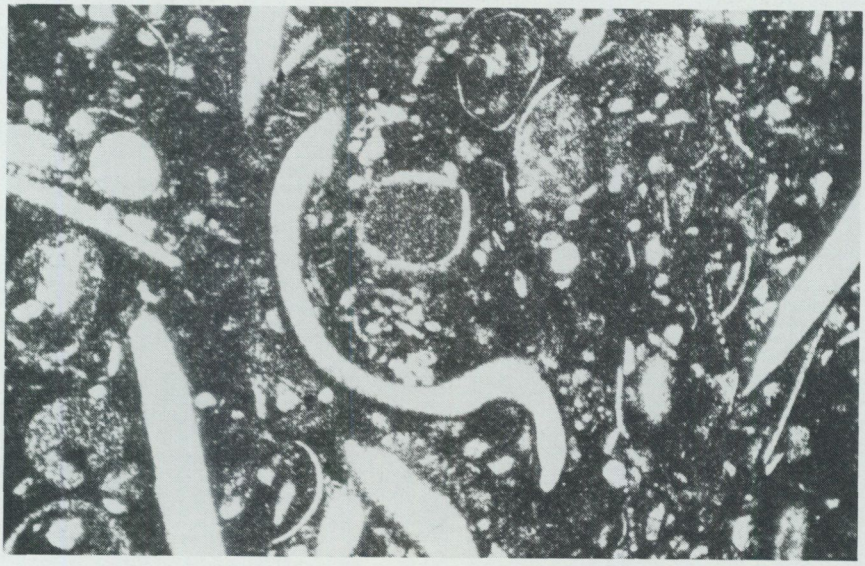


Fig. 37. Fragment av skalbärande fossil i mellanordovicisk kalksten. Ca ×60. — nic. Foto Å. Bruun.
Thin section of Middle Ordovician Limestone.

benämnde macrouruskalksten, och i Smedsby Gård-kärnan avslutas dessa lager med ett decimetertjockt konglomerat av ljusa kalkstensbollar i en mörkare grå lerig, pyrit- och fosforitförande matrix.

Överordovicium

Den överordoviciska lagerserien är i Smedsby Gård-kärnan totalt 23.28 m. Jaanusson (1963) har litostratigrafiskt beskrivit sekvensen och en kortfattad sammanfattning har gjorts i detta avsnitt.

Direkt över kalkstenskonglomeratet på gränsen mellan över- och mellanordovicium, följer en 3.33 m mäktig svart till mörkbrun skiffer, Fjäckaskiffer. I äldre litteratur kallades den "svart tretaspisskiffer". I andra kambrosiluromåden, exempelvis i Dalarna och på Gotland, inleds emellertid den överordoviciska sekvensen med Slandromkalksten — en variant av tät, finkornig och delvis finknölig ljusgrå kalksten. Bergarten har rapporterats från en numera ej tillgänglig berggrundsblottning vid södra stranden av Motalaviken. Kalkstenen — här benämnd masurkalksten, ibland även kallad knyckelkalksten i Östergötland — finns vid denna lokal enligt Jönsson (1887, s. 20) och Wiman (1908, s. 125) i kontakt med underliggande mac-



Fig. 38. Grå Skagenkalksten mellanlagrad av slamsten i strandklinten vid Fyrstensberget (5h). Foto Å Bruun.
Grey Skagen Limestone with intercalation of mudstone.

rouruskalksten (Moldåkalksten). Flera block till utseendet mycket lika Slandromkalkstenen har också hittats bl.a. vid stranden strax norr om Näs-sja (6i). Man bör dock påpeka att Slandromkalkstenen kan förväxlas med den något yngre Öglundakalkstenen (se nedan) — även den kallad masur-kalksten i den äldre litteraturen. Däremot kan man vara granska säker på att Slandromkalkstenen finns med i två kärnborrningar från Granbyområ-det (se s. 106). Mäktigheten är ca 4 m och kalkstenen ligger i direkt kontakt med under- respektive överlagrande Moldåkalksten och Fjäcka-skiffer. Man kan därmed konstatera att Slandromkalkstenen åtminstone i ett område, sannolikt flera, finns bevarad i ursprungligt läge, medan mot-svarande nivå i andra områden representeras av ett tunt konglomeratlager.

Jonstorpformationen är bergartsenheten närmast över Fjäckaskiffern, och kan i bl.a. Östergötland delas in i tre litologiska underavdelningar. Den äldsta delen — Undre Jonstorp — är en 3.84 m mäktig grå till grönaktig lerig kalksten, överlagrad av gröngrå Öglundakalksten. De undre 0.20 m av Öglundakalkens totala 0.58 m består, liksom den tidigare beskrivna Slandromkalken, av småknölig, ställvis lerig kalksten. De övre 0.38 m är däremot förhållandevis regelbundet bankad. Övre Jonstorp (7.45 m mäk-tig) består av en intensivt rödbrun, småknölig kalksten och märgel. Partier med svagt bruna och nästan gråa inneslutningar kan förekomma. De röda Jonstorplagren eller som de tidigare kallades, "röd tretaspisskiffer", är följt av 2.34 m mörkgrå kalkhaltig slamsten. Dessa lager är ännu inte i de-talj undersökta, men sannolikt är de en motsvarighet till Nittsjöformationen i Dalarna.

De förmodade Nittsjöekvivalenta lagren pålagras av en 5.65 m mäktig bergartsenhet, bestående av grå övervägande knölig kalksten med oregel-bundna och ställvis tjocka mellanlagringar av kalkhaltig slamsten och mär-gel. Enheten inleds med ett 0.1 m tjockt konglomeratlager (dalmanitina-konglomerat?) uppbyggt av väl avrundade kalkstensfragment i en mörk-grå lerig matrix. Bankad kalksten (0.3 m) ligger direkt på konglomeratet samt även i de översta 0.5 m. Man har ännu inte helt kunnat fastställa om lagren ingår i Hirnantetagen (även benämnt Tommarp- och Dalmanitina-ledet), alltså översta etagen i ordovicium, eller om avsnittet över konglo-meratet delvis eller i sin helhet utgör understa silur. Preliminära resultat från undersökningar av fossilinnehållet i bergartsmaterial från Råssnäs-udden (beläget på kartbladet Linköping NV, strax väster om Motala), där dessa lager finns representerade i en strandskärning, tyder dock på en si-lurisk ålder.

Silur

Siluriska skiffrar och slamstenar utgör de yngsta sedimentära bergarterna i Östergötland. Berggrundsblottningar saknas på detta kartblad, men i samband med brunnsborrningar har man funnit att berggrundsytan i området strax söder om huvudförkastningen består av siluriska lager. Vid Lindenäs (8j) borrade man igenom ca 37 m. Berggrundsytan var här täckt med ca 30 m lösa kvartära avlagringar. Omedelbart öster därom, vid Gatugården, registrerades också som väntat siluriska avlagringar, men mäktigheten är större och har uppskattats till ca 66 m. De närmaste berggrundsblottningarna med silurskiffrar finns vid den ovan nämnda Råssnäsudden och vid Klubbudden strax intill. Vid Klubbudden har Linnarsson (1881) undersökt en svart och grå graptolitförande skiffer, som han tillsammans kallade Klubbuddenskiffer. Stratigrafiskt ingår de i Klubbuddenetagen, den näst yngsta etagen i Llandovery. Linnarsson lär även i samma område ha observerat block av retiolitesskiffer, vilket antyder att lager yngre än Klubbuddenskiffern bör finnas fast anstående i den närmaste omgivningen.

I berggrundsblottningen vid Råssnäsudden, såväl som i vattenbrunnen vid Lindenäs, ligger den mörka silurskiffern direkt över en gröngrå delvis lerig och knölig kalksten mellanlagrad av ljusa kalkhaltiga slamstensskikt. Det preliminära resultatet från undersökningarna vid Råssnäsudden visar, att skifferns basala delar ingår i zonerna med *Petalograptus folium* och *Cephalograptus cometa,* samt att även de underliggande ljusa kalkhaltiga lagren är av silurisk ålder (jfr föregående kapitel).

I Smedsby Gård-kärnan är de översta 10.40 m silurisk skiffer och slamsten. Lagren har preliminärt undersökts av B. Waern och från hans dagboksanteckningar har följande sammanställning gjorts: Direkt ovanpå lager av gråblå märglig kalksten följer mörka grå, nästan svarta slamstenar, ca 2.20 m mäktiga. Närmast yngre lager består av ljusare grå slamsten, ställvis mellanlagrad — framför allt i de övre delarna — av betydligt mörkare lager. Tre tunna bentonithorisonter, vardera på ca 2.0 cm, anstår i den basala delen av den ljusgrå slamstenen och ytterligare ett, ca 8.0 cm mäktigt, förekommer direkt under ett kalkstenslager ca 3.0 m under ytlagret. Stratigrafiskt tillhör denna sekvens uteslutande de äldre delarna av Llandovery, och ingår huvudsakligen i zonen med *Monograptus turriculatus* (Klubbuddenetagen) och den närmast äldre zonen med *M. sedwicki* (Silvbergetagen). Som redan nämnts i föregående kapitel tillhör sannolikt även de allra översta slamstensförande kalkstenslagren silur, men får tills undersökningarna slutförts representera topplagren i ordovicium.

Den stratigrafiska korrelationen mellan Smedsby Gård-kärnan och resul-

tatet från undersökningen av borrkaxet vid brunnsborrningen Lindenäs (8j), visar en entydig litologisk överensstämmelse. Den nästan svarta slamstenen uppmättes till ca 2.5 m och såväl fragment av de överliggande bentonithorisonterna som av den ljusare grå slamstenen registrerades. Den sistnämnda enheten uppgår till ca 34.5 m, vilket antyder att siluriska lager yngre än vad man tidigare känt till kan finnas anstående. Man bör dock ta med i beräkningen att berggrunden i området strax söder om huvudförkastningen varit utsatt för omfattande förkastningstektonik. Detta har medfört att lagren delvis har snedställts mycket kraftigt, samt att bergartspartier kan ha skjutits över varandra. Följden blir att man får skenbart ökade lagermäktigheter.

Tektonik

Genom olikartade rörelser i jordskorpan, har de förhållandevis lätteroderade sedimentbergarterna sänkts ned i den motståndskraftigare prekambriska berggrunden, och därigenom skyddats mot olika erosionsprocesser. Mot norr avgränsas sänkan av en markant förkastningslinje med den ungefärliga huvudriktningen VNV—OSO. Den maximala språnghöjden är ca 280 m. Nedsänkningen har varit asymmetrisk och är djupast i den norra delen. De paleozoiska bergarterna i sin helhet stupar därmed mot norr och nordväst. Detta får till följd att lagerpacken successivt tunnas ut i riktning mot söder (se plansch 2). Sedimentbergarternas södra begränsning (belägen på intilliggande kartblad Hjo SO) bildar därmed till största delen en erosionsgräns.

Förkastningslinjen i norr kan i det närmaste betraktas som en zon, bestående av mer eller mindre parallella sprickplan utefter vilka differentierade rörelser har ägt rum. Därigenom har en trappstegsformad förkastningszon uppkommit och nedsänkningen av urbergsytan och de ovanliggande sedimentbergarterna är djupast något söder om nordgränsen. I en profil från norr mot söder kommer då berggrundsytan inom ett begränsat område i norr att utgöras av språngvis inkommande yngre bergarter, för att sedan bli successivt äldre ju längre åt söder man kommer. De tektoniska huvuddragen är presenterade på plansch 2. I verkligheten är naturligtvis förkastningsplanen mer oregelbunden än vad som här har kunnat åskådliggöras och överhuvudtaget är förkastningstektoniken mer komplicerad med kraftigt snedställda lager och bergartspartier som sannolikt skjutits över varandra. Man har kunnat påvisa, att stratigrafiskt äldre lager verkligen utgör ytberggrunden intill den stora förkastningen; t.ex. i det numera svåråtkomliga kalkstensbrottet strax söder om N. Freberga (9j), där tidigare geolo-

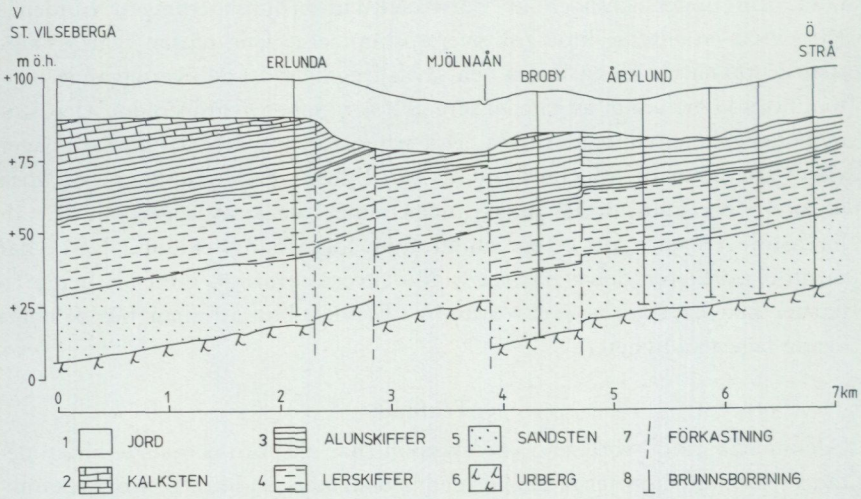


Fig. 39. Schematisk tvärprofil söder om Vättern från St. Vilseberga i väster till Strå i Öster.
Simplified profile of the stratigraphy south of Lake Vättern. 1. Quaternary deposits, 2. Limestone, 3. Alum shale, 4. Clayey shale, 5. Sandstone, 6. Precambrian crystalline rocks, 7. Fault, 8. Well-boring.

giska undersökningar visat att mellan- och sannolikt underordovicisk kalksten ligger i ytan, men är kraftigt snedställda. I beskrivningen till det geologiska kartbladet Motala (Jönsson 1887) finns uppgifter om lagerstupning på 50—80° mot norr och angivelsen för lagrens strykning är N 65—85° V. I samma beskrivning finns även uppgifter om sannolikt likåldriga kalkstenslager under vattenytan öster om Aludden (9j), vilka fortsätter förbi Kyttudden. Lagren stryker N 25° O och är starkt uppresta, men något mått på stupningen kunde inte registreras. Även nästan vertikalt stående alunskiffer påträffades med nordostlig strykning. Dessa observationer ligger mycket nära gränsen mot de prepaleozoiska bergarterna och på vägen ca 300 m nordväst om Aludden har det exakta gränsläget bestämts med hjälp av seismiska undersökningar. Mätningarna visar också att de paleozoiska bergarterna i nordvästra området inte står i direkt kontakt med Visingsögruppens bergarter, utan uppstickande urbergspartier ligger emellan. Urberget är också observerat i markytan omedelbart NNV om N. Freberga. På ömse sidor har berggrunden sjunkit ned längs de på kartorna schematiskt markerade förkastningslinjerna. I verkligheten är dock den strukturgeologiska bilden mer komplex med många sprick- och förkastningslinjer i en kraftigt krossad berggrund. Med stor sannolikhet var den här

svaghetszonen anlagd redan i prekambrisk tid och rörelser i området har sedan ägt rum i flera omgångar, t.ex. den stora nedsänkningen av de paleozoiska bergarterna i postsilurisk tid.

Av förkastningszonens huvudriktning att döma, verkar det som om urbergsribban sannolikt fortsätter ut i Vättern, över granitöarna Erkerna och omedelbart öster om öarna Fjuk och Jungfrun ned mot nordspetsen av Omberg (se plansch 1). Berggrundsytan på Fjuk och Jungfrun består av Visingsögruppens bergarter. Huruvida förkastningen utgör kambrosilurområdets definitiva gräns mot väster vet man ej med säkerhet. Axberg och Wadstein (1980) har presenterat bl.a. en berggrundskarta över ytberggrunden i Vättern baserad på marinseismiska undersökningar, där ett mindre område väster om förkastningskomplexets begränsning representeras av paleozoiska bergarter. Dessa har dock inte differentierats, utan endast betecknats som i det närmaste horisontella lager av undre paleozoiska bergarter.

På den södra delen av kartbladet är den strukturgeologiska bilden något enklare. Förkastningarna är ungefär nord—sydliga, vilket ger samma strukturgeologi som på södra delen av kartbladet Linköping NV. I en geologisk tvärprofil från St. Vilseberga (5h) i väster via Erlunda, Broby, Åbylund till Strå i öster (jfr fig. 39) får man en viss uppfattning om hur rörelserna har orsakat en utpräglad blocktektonik, som kännetecknar framför allt den södra delen av kambrosiluren.

Skollor, dvs. ofta mycket stora paleozoiska berggrundspartier förflyttade av inlandsisen, är mycket vanliga. Ibland är de topografiskt framträdande i form av mjukt avrundade höjder och kan vara svåra att särskilja från fast anstående berggrund. Ett exempel är höjden vid Örberga (5i), där man vid en brunnsborrning borrade igenom ca 19.0 m lösa kvartära jordlager under ca 12.0 m ordoviciska kalkstenslager, innan man nådde ned till fast berggrund. I strandklinten vid Fyrstensberget (5h) förekommer också både större och mindre istransporterade block av framför allt Skagenkalksten (jfr fig. 40), men även Fjäckanskiffer och Dalbykalksten finns representerat.

Bergarternas praktiska användning

Någon större stenindustriell brytning av kambrosiluriska bergarter har hittills inte förekommit inom detta kartområde. Från äldre tider finns numera endast rester av små stenbrott där framför allt lokalbefolkningen tillvaratog delar av den ordoviciska kalkstenen. Eftersom kalkstenen i de flesta fall är lätt att klyva längs bankningsplanen, kunde man med fördel använda den



Fig. 40. Block av Skagenkalksten (skolla) inlagrad i morän vid Fyrstensberget (5h). Foto Å. Bruun.
Glacial erratic block of Skagen Limestone at Fyrstensberget (5h).

till plansten, byggnadssten m.m. Sannolikt tillverkades också hydrauliskt murbruk. Exempel på dessa mindre kalkstensbrott finns vid Solhaga (5j) och vid N. Freberga (9j).

Alunskiffer eller den underliggande lerskiffern och sandstenen har såvitt är känt aldrig brutits inom denna del av kambrosilurområdet. Alunskiffern bildar berggrundsytan i de södra delarna, men är överlag täckt med kvartära avlagringar. Utvinning av skifferolja och uran och andra metaller har till dags dato inte varit aktuellt, framför allt beroende på att halterna i medeltal är lägre jämfört med t.ex. förhållandena i Närke och Västergötland.

I den underkambriska sandstenen har man på flera platser observerat naturgas, speciellt i samband med brunnsborrningar. Gasmängden är oftast liten och vad man vet är det endast ett par hushåll som använt gasen till uppvärmning.

Granbystrukturen

Allmänt. På de äldre översiktskartorna (s. 76) finns ett mindre område markerat ca 2 km sydost om Vadstena (Granbyområdet), där berggrundsytan utgörs av kristallina bergarter av prekambrisk ålder. Thorslund (1960)

har beskrivit området och tolkar med utgångspunkt från då tillgängliga berggrundsdata, att den "förekommande graniten synes vara ett diapiriskt genom lagerföljden uppskjutet parti av urbergsgrunden". Inom ett begränsat område i anslutning till strukturen har också avsaknad av alunskiffer markerats.

I samband med den senaste karteringen kompletterades de äldre observationerna med data från de senaste brunnsborrningarna samt med kärnborrningar och olika geofysiska mätningar. Sammanställningen av detta material visade att strukturens form markant skiljer sig från den tidigare uppfattningen om en massiv urbergsdom. I områdets centrala del har urbergsytan i själva verket sjunkit och påträffas först på ett djup ca 270 m lägre jämfört med det prekambriska urbergspeneplanet i den närmaste omgivningen (jfr fig. 41). Från markytan räknat motsvarar detta ett djup något mer än 377 m. Strukturen har alltså en skålformad bottenprofil och åt sidorna begränsad av horstliknande urbergspartier, som i vissa delar höjer sig ca 70 m över urbergspeneplanet. Urbergsytan ligger där i direkt kontakt med överliggande kvartära avlagringar.

Den kraterformade strukturen är helt fylld med sedimentära bergarter av ordovicisk ålder. Den hittills kända maximala mäktigheten är ca 360 m och till övervägande del består lagren av karbonatbergarter. Underlaget är en urbergsbreccia, dvs. den kristallina bergarten har brutits upp i större och mindre partier. De uppkomna håligheterna är nu till största delen utfyllda, framför allt med kalcit, men även finkorniga sediment finns representerade.

Stratigrafi. De olika paleozoiska bergarterna inleds underifrån räknat av en annan typ av breccia med en bergartssammansättning som märkbart skiljer sig från den underliggande urbergsbreccian. Bergarten kan klassificeras som en sedimentär breccia (jfr fig. 42) och de olika kantiga fragmenten utgörs av sandsten (underkambrisk), lerskiffer (mellankambrisk), alunskiffer (sannolikt både överkambrisk och underordovicisk) samt kalksten (underordovicisk). Dessutom ingår även bergartsfragment av samma slag som kännetecknar urberget i omgivningen. Grundmassan (matrix), i vilken fragmenten är inlagrade, består av ett mörkt, nästan svart lerigt sediment med hög halt av väl rundade kvartskorn (övervägande av siltfraktionen). Pyrit är också vanlig i vissa skikt. De olika brecciafragmenten är genomgående större i bottenlagren jämfört med de övre nivåerna. Den totala mäktigheten har uppmätts till ca 70 m.

Den sedimentära breccian överlagras av en ca 20 m mäktig svart bitumi-

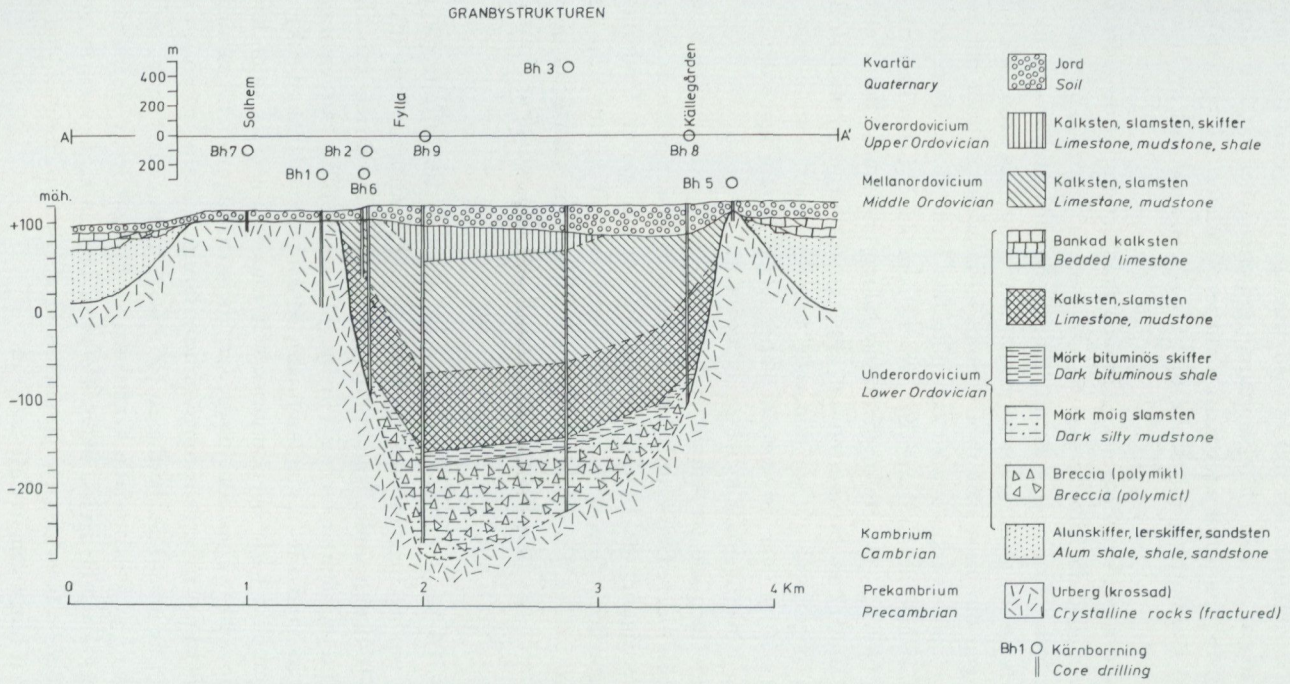


Fig. 41. Schematisk tvärprofil genom Granbystrukturen. Lägesanvisning se plansch 1.
Simplified profile of the sedimentary rocks of the Granby structure. See also Pl. 1.



Fig. 42. Sedimentär breccia från de lägsta delarna av Granbystrukturen. Foto Å. Bruun.
Sedimentary breccia from the lowermost part of the Granby structure.

nös skiffer, som i själva verket är en fortsättning av den underliggande mörka matrix, men i den svarta skiffern saknas såväl brecciafragmenten som siltinslaget. Därpå följer en sekvens av mörkt gröngrå kalkrik slamsten med tunna skikt eller lager av grå kalksten. Även linsformade kalkstenspartier är vanliga. Gränsen till den underliggande skiffern är distinkt markerad och vittnar om en markant förändring av bottenmiljön, som i fortsättningen av sedimentations- och konsolideringsprocesserna mer kom att likna förhållandena i omgivningen. Till skillnad från den övriga delen av kambrosilurområdet var tillförseln av terrigent material (mikroskopiskt fina partiklar av eroderade bergarter på land) till en början mycket riklig, vilket sannolikt medförde att havsbotten jämförelsevis höjde sig mycket fortare i strukturen. Detta innebar att man så småningom fick en successiv minskning av det terrigena inslaget och uppåt i lagerserien börjar en i det närmaste vanligt skiktad kalksten att dominera bergartsbilden. Färgen är till en början ljust grå, men övergår så småningom till svagt rödaktig för att till slut bli tydligt rödbrun. Den totala mäktigheten är uppmätt till ca

80 m, och enligt den preliminära biostratigrafiska undersökningen tillhör de hittills presenterade sedimentbergarterna — alltså en lagerpacke på ca 170 m — den del av den underordoviciska lagerserien som representerar Kundaetagen. Jämfört med biostratigrafiskt identiska lager i andra delar av kambrosilurområdet, innebär detta en mäktighetsökning på ca 150 m i Granbystrukturen.

Mellanordovicium inleds i strukturen liksom omgivande områden av rödbruna kalkstenslager och till utseende och mäktighet är de nästan identiska. Någon distinkt litologisk gräns mot underordovicium går ej heller där att urskilja (jfr s. 93). I övrigt domineras mellanordovicium av ljust grå-grågrön kalksten och något mörkare lager av ler/slamsten. Den sistnämnda bergartstypen uppträder i betydligt större mäktighet jämfört med likåldriga lager i omgivningen. Särskilt märkbart är detta i den del av stratigrafin som omfattar Furudal och i vissa borrkärnor även delar av Folkeslunda, samt i Skagen- och Moldålagren. Denna ökning av slamstensvolymen är sannolikt en avgörande faktor till att den mellanordoviciska lagerserien är i storleksordningen ca 60 m mäktigare i Granbystrukturen. Vidare kan nämnas att det bentonitlager, vars överyta bildar gräns mot Skagenkalkstenen och i allmänhet mäter ca 1.5 m i Östergötland, har uppskattats till att vara 3.5 m i centrala delen av strukturen. Även tidigare ej kända bentonitlager har kunnat konstateras, bl.a. i de äldsta Folkeslundalagren. Tydliga variationer i mäktighet förekommer emellertid och i vissa borrkärnor saknas de t.o.m. helt. Intill den skålformiga strukturens norra begränsning är de översta kalkstenslagren (mellanordovicium) i mindre utsträckning mellanlagrad av ler- och slamstensskikt, och i helhet "renare" än stratigrafiskt motsvarande lager i övriga delen av östgötaslätten. Denna typ av kalksten påträffades i Bh 2 och 6, men saknades i intilliggande Bh9. Ytligt sett är kalkstenen mycket lik "revkalkstenen" i bl.a. Dalarna och är stratigrafiskt närmast att jämföra med Kullbergskalken. Jordtäcket är i detta begränsade område ca 10 m och ytterligare undersökningar skulle säkerligen ge underlag för exploateringsbara mängder av högvärdig kalksten.

Den överordoviciska sekvensen av bergarter inleds med lager till utseendet mycket lika Slandromkalkstenen. Som redan har påpekats i ett tidigare avsnitt (se s. 97) saknas denna bergartsenhet i borrkärnan Smedsby Gård (jfr plansch 1). I övrigt är differenserna mycket små jämfört med de områden på östgötaslätten där dessa bergarter är bevarade. Sålunda finns Fjäckaskiffer, både undre- och övre Jonstorpformationen med mellanliggande Öglundakalksten samt lager troligtvis ekvivalenta till Nittsjöformationen. Den hittills yngsta påträffade bergarten motsvarar med stor sanno-

likhet den del av lagerföljden, som i andra delar av kambrosilurområdet har räknats till *Dalmanitina*-lagren eller ännu troligare, att dessa lager i stället representerar den allra äldsta delen av silur.

Tektonik. Den direkta orsaken till att denna nära nog skålformiga struktur har bildats är ännu inte helt klargjord, men dess form — som den hittills är känd — uppvisar onekligen stora likheter med de geologiska bildningar, som anses ha tillkommit genom meteoritnedslag, ett s.k. astroblem. Tidpunkten för tillkomsten av strukturen har beräknats till den period då de yngsta Lanna—Volhov- eller kanske äldsta Kundalagren bildades. Detta är grundat på det faktum, att det yngsta funna fragmentet i den sedimentära breccian härrör med största sannolikhet just från Lanna—Volhovlager. Dessutom, i några temporära berggrundsblottningar vid Kvarnbacken (5j), alltså i omedelbar anslutning till strukturen, kunde man konstatera att Lanna—Volhovkalkstenen genomgående är påverkad av rörelser i jordskorpan. Från att en gång i det närmaste ha legat horisontellt, stupar nu lagren 20°—40° mot NNV, men även överstjälpa lager, dvs. en stupning på mer än 90°, förekommer. Vidare kunde man konstatera att grå glaukonitrik kalksten av Kundaålder (flera fynd av *Megastaspidella acuticauda* gjordes) ligger i det närmaste horisontellt över Lanna—Volhovlagren. I schaktmassorna efter sprängningsarbeten i samma område påträffades också en kalkstensbreccia (jfr fig. 43) med fragment av framför allt röd kalksten (Lanna—Volhovålder) och till viss del av den nyss nämnda glaukonitkalkstenen. Grundmassan (matrix) utgörs av en något grå, men övervägande rödbrun, tät delvis finskiktad kalksten. Kalcitutfällning har varit vanligt och då framför allt på fragmentytorna och i sprickor bildade i ett senare stadium.

Vid Solhaga (5j), strax söder om Kvarnbacken, har SGU utfört två kärnborrningar. Den första borrades alldeles intill det vattenfyllda stenbrottet och penetrerade ca 17 m underordovicisk kalksten, dictyonemaskiffern och nära nog hela den kambriska lagerföljden. Den andra borrningen utfördes ca 20 m öster om den första. Här saknas hela kalkstenssekvensen och dictyonemaskiffern ligger överst. Skiffern är mycket sprickrik och på grund av tekniska svårigheter avbröts borrningen på ett tidigt stadium. Ytterligare ca 100 m mot öster och vidare i samma riktning visar de geoelektriska mätningarna, att urberget ligger i direkt kontakt med de lösa kvartära avlagringarna, vilket också bekräftades i borrningen vid Solhem. Förutom att undersökningarna vid Solhaga visar att berggrunden varit utsatt för omfattande strukturgeologisk omdaning, kan man också av-

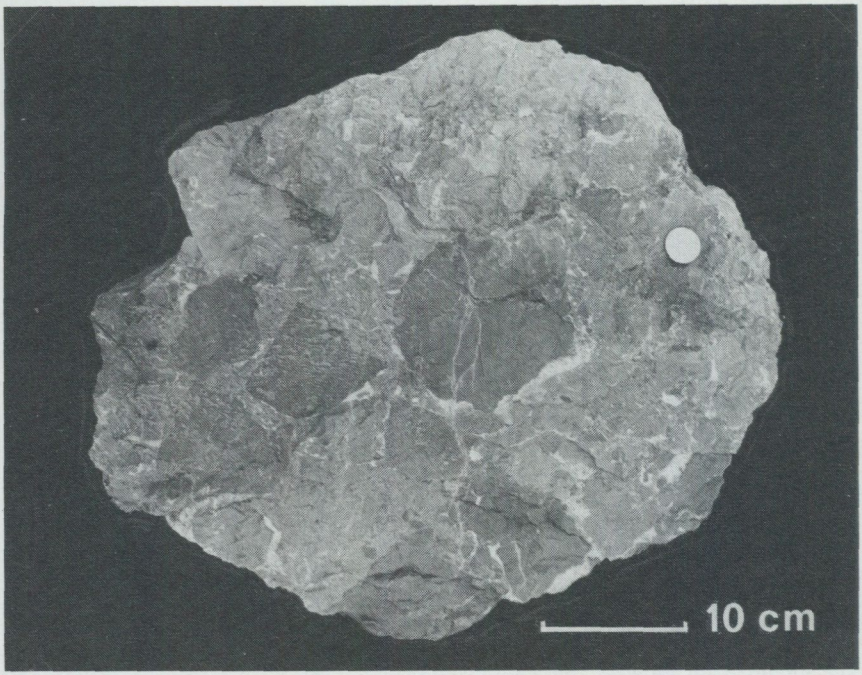


Fig. 43. Breccierad underordovicisk kalksten från Kvarnbacken (5j). Foto Å. Bruun.
Brecciated Lower Ordovician Limestone from Kvarnbacken (5j).

färda den tidigare uppfattningen att alunskiffer skulle saknas inom ett begränsat område runt strukturen (jfr Thorslund 1962). Även i flera brunnsborrningar i den närmaste omgivningen finns alunskiffer representerat. Ytterligare en kärnborrning (Berga) utfördes i strukturens ytterkant ca 600 m SSO om Hagalund. Berggrundsytan utgörs där av mellankambrisk lerskiffer och borrningen penetrerade ca 23 m underordovicisk sandsten och avslutades i det underliggande prekambriska urberget.

På basis av hittills gjorda undersökningar kan man emellertid inte entydigt klarlägga händelseförloppet eller den direkta orsaken till att strukturen bildades. Däremot kan man påvisa, antingen det är ett astroblem eller resultat av komplicerade förkastningsrörelser, att strukturen varit utsatt för deformerande rörelser i postordovicisk tid. Detta antyder en genomgående lagerstupning på 25—30° i borrkärnan Bh 8. Dessutom är den distinkta gränsen mellan den svarta bituminösa skiffern och de överliggande ljusgråa kalk- och slamstenslagren sannolikt orsakad av tidiga ordoviciska rörelser i jordskorpan. I gränsskikten finns också inlagringar av kantiga urbergsfragment. I fig. 41 kan man också notera att överytan av den svarta

skiffern ligger på olika nivåer i förhållande till nuvarande markyta. Differensen uppgår maximalt till ca 100 m och är troligtvis i första hand ett resultat av kompaktion och konsolidering av sedimenten, men även att en senare nedsänkning av strukturens centrala delar — kanske i samband med den postsiluriska nedsänkningen av hela kambrosilurområdet — är en bidragande faktor.

LITTERATUR

BGIU = Bulletin of the Geological Institution of the University of Uppsala
SGU = Sveriges geologiska undersökning

Axberg, S., och Wadstein, P., 1979: Distribution of the sedimentary bedrock in lake Vättern, southern Sweden. — Stockholm Contr. Geol. vol. XXXIV: 2.

Blomberg, A., 1905: Beskrifning till kartbladet Vadstena. — SGU Aa 130.

— 1906: Beskrifning till kartbladet Hjo. — SGU Aa 132.

Brotzen, F., 1941: Några bidrag till Visingsöformationens stratigrafi och tektonik. — GFF 63.

Cloos, H., 1939: Hebung-Spaltung-Vulkanismus. — Geol. Rundschau 30.

Collini, B., 1951: Berggrunden. *I* P. Geijer, B. Collini, H. Munthe & R. Sandegren: Beskrivning till kartbladet Gränna, s. 27—27. — SGU Aa 193.

Dahlman, B., 1962: Utredning om södra och mellersta Sveriges uranförande skiffrar. — SGU interna rapporter.

Ford, T. D., och Breed, W. J., 1972: The problematical Precambrian fossil *Chuaria*. — Palaeontology 16 (3).

Gavelin, A., 1925: Yttrande med anl. av S. Roséns föredrag om konglomeratens vittnesbörd om Visingsöformationens geologiska ålder. — GFF 47.

Gorbatschev, R., 1971: Age relations and rocks of the Svecofennian-Gothian boundary. Linköping, south central Sweden. — SGU C 664.

— 1975: Beskrivning till berggrundskartan Linköping SO. — SGU Af 113.

Gorbatschev, R., Fromm, E., och Kjellström, G., 1976: Beskrivning till berggrundskartan Linköping NO. — SGU Af 107.

Hjärne, U., 1694: Een kort anledning till åthskillige malm- och bergarters, mineraliers, wäxters och jordeslags sampt flere sällsamme tings efterspöriande och angifwande. — Stockholm.

Holm, G., 1885: Om Vettern och Visingsöformationen. — Bih. Kungl. Sv. Vet. Akad. Handl. 11 (7).

IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks, 1973: Classification and nomenclature of Plutonic Rocks. Recommendations. — N. Jb. Miner. Mh. 1973: 4, s. 149—164.

Jaanusson, V., 1962: The Lower and Middle Viruan Sequence in two borings in Östergötland, Central Sweden. — BGIU 39, s. 1—30.

— 1963: Classification of the Harjuan (Upper Ordovician) rocks of the mainland of Sweden. — GFF 85, s. 110—144.

— 1965: The Viruan (Middle Ordovician) of Kinnekulle and Northern Billingen, Västergötland. — BGIU 43, s. 1—73.

— 1973: Aspects of carbonate sedimentation in the Ordovician of Baltoscandia. — Lethaia 6, s. 11—34.

Johansson, H. G., 1975: Beskrivning till jordartskartan Hjo NO. — SGU Ae 22.

Jönsson, J., 1887: Beskrifning till kartbladet Motala. — SGU Aa 102.

Klingspor, I., 1976: Radiometric age-determination of basalts, dolerites and related syenite in Skåne, southern Sweden. — GFF 98, s. 195—216.

Kornfält, K.-A., Bergström, J., Carserud, L., Henkel, H., och Sundqvist, B., 1978: Beskrivning till berggrundskartan och flygmagnetiska kartan Kristianstad SO. — SGU Af 121.

Lind, G., 1967: Gravity of the Lake Vättern graben in southern Sweden. Festskrift tillägnad professor Gunnar Beskow. — Teknik och Natur.

— 1972: The gravity and geology of the Lake Vättern Area. — GFF 94.

Linnarsson, G., 1880: De äldsta paleozoiska lagren i trakten kring Motala. — GFF 5.

— 1881: Graptolitskiffrar med *Monograptus turriculatus* vid Klubbudden nära Motala. — SGU C 46.

Ljunggren, P., 1958: Origin of the manganese ore deposit of Bölet southern Sweden. — Kungl. Fysiologiska sällskapets i Lund Förhandlingar, Bd 28, nr 10.

MAGNUSSON, N. H., THORSLUND, P., BROTZEN, F., ASKLUND, B., och KULLING, O., 1962: — 1960: Age determinations of Swedish Precambrians rocks. — GFF 82.
MAGNUSSON, N. H., THORSLUN, P., BROTZEN, F., ASKLUND, B., och KULLING, O., 1962: Beskrivning till karta över Sveriges berggrund. — SGU Ba 16.
MARTINSSON, A., 1974: The Cambrian of Norden. *I* HOLLAND, C. H.: Cambrian of the British Isles, Norden, and Spetsbergen. Lower Palaeozoic rocks. Vol. II. — John Wiley & Sons.
MEHNERT, K. R., 1971: Migmatites and the origin of granitic rocks. — Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
MUNTHE, H., och GAVELIN, A., 1907: Beskrivning till kartbladet Jönköping. — SGU Aa 123.
NATHORST, A. G., 1879: Om de äldre sandstens- och skifferbildningarne vid Vettern. — GFF 4. (Även SGU C 36, 1880.)
— 1884: Upplysningar till Geologisk Öfversiktskarta öfver Sverige. — SGU Ba 4.
— 1886: Några ord om Visingsöserien. — GFF 8.
NORDENSTRÖM, G., 1879: Vanadinmineral för första gången träffadt i Sverige. — GFF 4, s. 209—210.
PATCHETT, P. J., 1978: Rb/Sr ages of Precambrian dolerites and syenites in southern and central Sweden. — SGU C 747.
ROSÉN, S., 1916: Zur Frage des Vorhandenseins von dem Oboluskonglomerat entsprechenden Bildungen in Östergötland. — BGIU 15, s. 213—218.
— 1925: Konglomeratens vittnesbörd om Visingsöformationens geologiska ålder. — GFF 47.
ROSÉN, S., m.fl., 1923: Motala Ström från Vättern till Boren. Ett minnesalbum. — Utgivet av Motala Museiförening.
SJÖGREN, HJ., 1906: Edingtonit från Böhlet och Kilpatrik i Skottland. — GFF 28, s. 169—177.
STRECKEISEN, A. L., 1973: Classification and nomenclature of plutonic rocks. Recommendations. — N. Jb. Miner. Mh., H4 ,s. 149—164.
TEGENGREN, F. R., m.fl., 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. — SGU Ca 17.
THORSLUND, P., 1951: Grundvattnet på Östgötaslätten. — Grundförbättring, årg. 4, nr. 3.
— 1962: Kambro-siluravlagringar utanför fjällkedjan. *I* MAGNUSSON, N. H., ASKLUND, B., och KULLING, O.: Beskrivning till karta över Sveriges berggrund. — SGU Ba 16, s. 127—130.
TIMJE, H., och WÅLLBERG, B., 1975: Seismiska undersökningar på Djurkällaplatån och vid Norra Freberga. Kartbladet 8E Hjo NO. — SGU interna rapporter.
TIMOFEEV, B. V., 1959: Drevnejsaja flora Pribaltiki ee stratigraficeskoe znacenie. — Trudy vsesojuznogo neftjanogo naucnoissledovatel'skogo geologorazvedocnoga instituta (VINIGRI) 129 Leningrad.
— 1960: Sur la caractéristique micropaléontologique de la formation de Visingsö. — GFF 82.
— 1969: Sferomorfidy proterozoja. — Akademija Nauk SSSR Institut geologii i geochronologii dokembrija. "Nauka" Leningrad.
— 1970: Sphaeromorphida géants dans le Précambrian avancé. — Rev. Palaeobotan. Palynol. 10, Amsterdam.
TJERNVIK, T. E., 1956: On The Early Ordovician of Sweden. Stratigraphy and Fauna. — BGIU 36, s. 109—284.
TJERNVIK, T. E., och JOHANSSON, J. V., 1980: Description of the upper portion of the drill-core from Finngrundet in the South Bothnian Bay. — BGIU N. S., Vol. 8, s. 173—204.
WELIN, E., 1980: Tabulation of recalculated radiometric ages published 1960—1979 for rocks and minerals in Sweden. — GFF 101 (1979), s. 309—320.
WELIN, E., BLOMQVIST, G., och PARWEL, A., 1966: Rb/Sr whole rock age data on some Swedish Precambrian rocks. — GFF 88, s. 19—28.
WELIN, E., LUNDEGÅRDH, P. H., och KÄHR, A.-M., 1980: The radiometric age of a Proterozoic hypertite diabase in Värmland, Sweden. — GFF 102, s. 1—56.

Westergård, A. H., 1909: Studier öfver Dictyograptusskiffer och dess gränslager. — Lunds Universitets Årsskrift 3.
— 1922: Sveriges Olenidskiffer: I. Utbredning och lagerföljd, II. Fauna: 1. Trilobita. — SGU Ca 18.
— 1928: Om Östergötlands kambrium. — GFF 50, s. 193—206.
— 1930: Om lagerserien i de nyfunna områdena med kambro-ordovicisk berggrund i Slätbaken i Östergötland och Erken i Uppland (referat av föredrag). — GFF 52, s. 147—153.
— 1940: Nya djupborrningar genom äldsta ordovicium och kambrium i Östergötland och Närke. — SGU C 437.
— 1944: Borrningar genom alunskifferlagret på Öland och i Östergötland 1943. — SGU C 463.
— 1946: Agnostidea of the Middle Cambrian of Sweden. — SGU C 477.
— 1947: Supplementary notes on the Upper Cambrian trilobites of Sweden. — SGU C 489.
Westergård, A. H., Johansson, H. E., och Willén, N., 1926: Beskrivning till kartbladet Karlsborg. — SGU Aa 162.
Vidal, G., 1972: Algal stromatolites from the Late Precambrian of Sweden. — Lethaia 5, Oslo.
— 1974: Late Precambrian microfossils from the basal sandstone unit of the Visingsö beds, South Sweden. — Geol. et Palaeont. 8, Marburg.
— 1976: Late Precambrian microfossils from the Visingsö beds in southern Sweden. — Fossils & Strata 9, Oslo.
— 1979 a: Acritarchs and the correlation of the Upper Proterozoic. — Publ. Inst. Mineral. Paleont. Quat. Geol. Univ. Lund 219.
— 1979 b: Acritarchs from the Upper Proterozoic and Lower Cambrian of East Greenland. — Grønlands Geologiske Undersøgelse Bull. 134.
Vidal, G., och Bylund, G., under tryckn.: Late Proterozoic boulder beds in the Visingsö Beds, south Sweden. — *I* Hambrey, M. J., & Harland, W. B. (red.): Pre-Pleistocene Tillities: A record of Earth's glacial history. Cambridge University Press.
Wikman, H., Bruun, Å., och Dahlman, B., 1980: Beskrivning till berggrundskartan Linköping NV. — SGU Af 119.
Wiman, C., 1903: Ett nytt fynd av Obolussandsten i Östergötland. — GFF 25, s. 335—338.
— 1908: Studien über das nordbaltische Silhurgebiet II. — BGIU 8, s. 73—168.
Åberg, G., 1972: An Rb/Sr age of Småland porphyries. — GFF 94, s. 311—320.
Ödman, O. H., 1942: Copper ores of the "Red Beds" type from Visingsö, Sweden. — SGU C 444.

Urval av litteratur rörande allmän geologi samt Sveriges berggrund.

Grip, E., och Frietsch, R., 1973: Malm i Sverige. Del 2. — Almqvist & Wiksell, Stockholm.
Hamilton, W. R., Woolley, A. R., och Bishop, A. C., 1980: Bergarter mineral, fossil.
Loberg, B., 1980: Geologi. Material, processer och Sveriges berggrund. Andra upplagan. — P. A. Norstedt & Söners förlag, Stockholm.
Lundegårdh, P. H., 1971: Nyttosten i Sverige. — Almqvist & Wiksell, Stockholm.
— 1980: Stenar i färg. Sjätte upplagan, andra tryckn. — Almqvist & Wiksell, Stockholm.
Lundegårdh, P. H., Lundqvist, J., och Lindström, M., 1978: Berg och jord i Sverige. Femte upplagan. — Almqvist & Wiksell, Uppsala.
Lundqvist, Th., 1979: The Precambrian of Sweden. — SGU C 768.
Magnusson, N. H., 1973: Malm i Sverige. Del. 1. — Almqvist & Wiksell, Stockholm.

ÖSTERGÖTLANDS KAMBRO-SILUR

B. Dahlman 1975

VÄTTERN
BOREN
ROXEN
TÅKERN
MOTALA
VADSTENA
Granby
SKÄNNINGE
Flistad
LINKÖPING
MJÖLBY
BOXHOLM
ÖMBERG
A
A'
B
B'
xA
0 5 10 km

Silur *Silurian*

Skiffrar med inslag av kalksten
Shale with intercalations of limestone

Ordovicium *Ordovician*

Kalksten, skiffer och slamsten
Limestone, shale and mudstone

Ortocerkalk
Orthoceras limestone

Kambrium *Cambrian*

Alunskiffer
Alum shale

Lerskiffer
Shale

Sandsten
Sandstone

Prekambrium *Precambrian*

Visingsögruppen
Visingsö group

Urberg eller gräns mot urberg
Crystalline rocks

Yngre förkastning
Younger fault

Äldre förkastning
Older fault

Profil
Profile

XA Förekomst av alunskiffer
Small areas with alum shale

Stenbrott
Quarry

1 Storberg
2 Norrby
3 Ljung
4 Knivinge

Kärnborrning
Core drilling

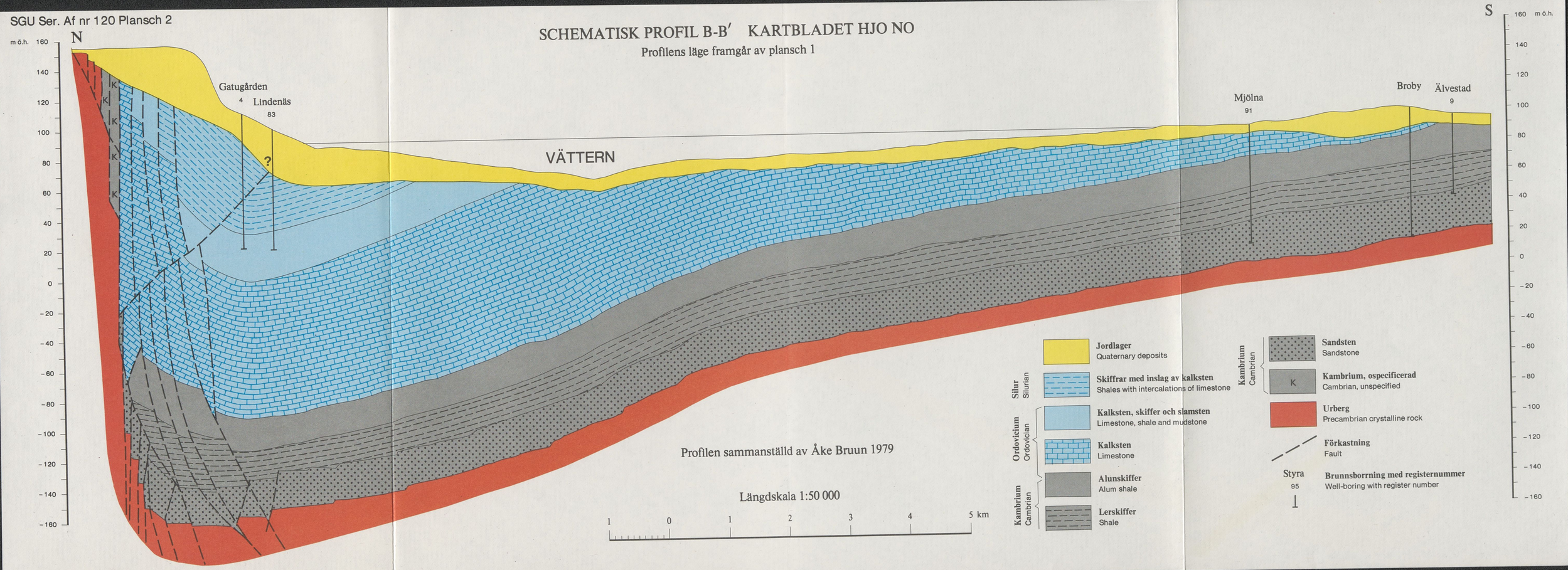
1 Borghamn 1972
2 Borghamn
3 Bårstad I och II
4 Bårstad 1972
5 Nässja
6 Ekön
7 Smedsby Gård
8 Solhaga I och II
9 Berga
10 Skåningstorp
11 Tornby
12 Borensberg
13 Grankulla
14 Håckla
15 Karstorp
16 Lerbäck
17 Flistad
18 Lyckhem

Hjo NO	Link. NV	Link. NO
Hjo SO	Link. SV	

SGU Ser. Af nr 120 Plansch 2

SCHEMATISK PROFIL B-B′ KARTBLADET HJO NO

Profilens läge framgår av plansch 1

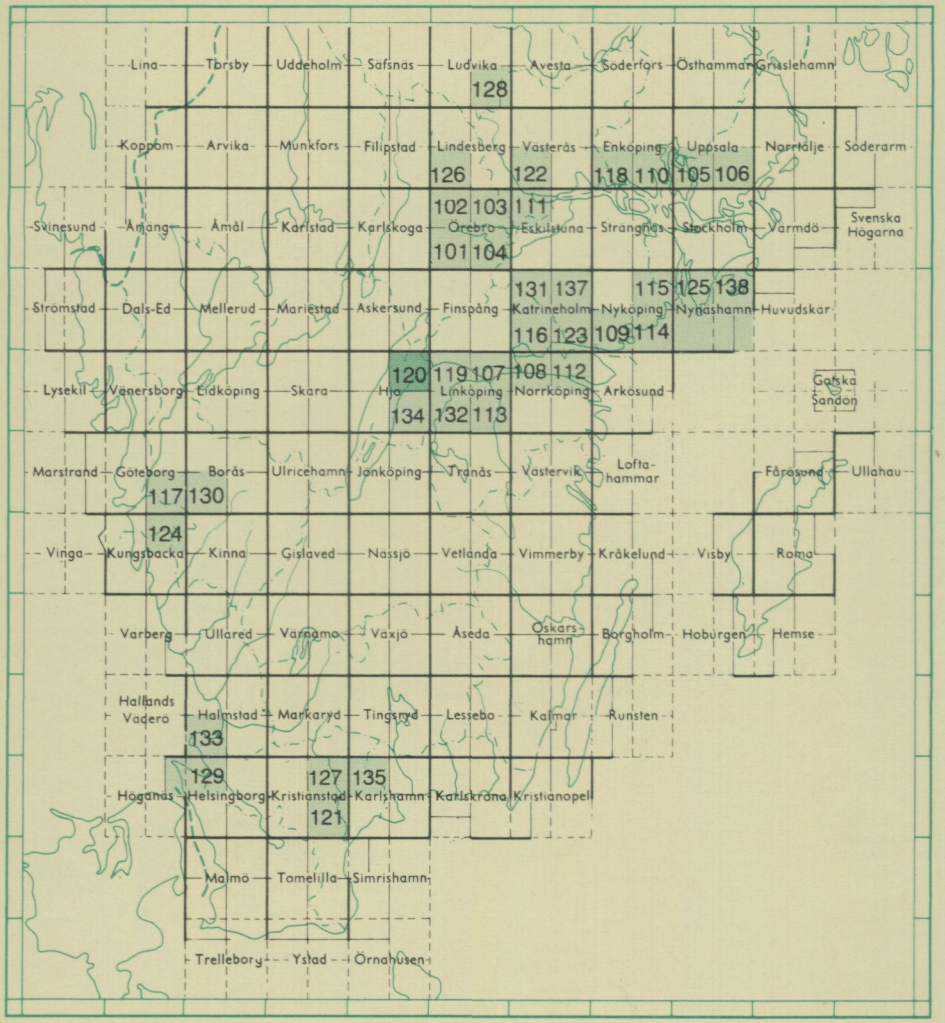


Profilen sammanställd av Åke Bruun 1979

Längdskala 1:50 000

1 0 1 2 3 4 5 km

Utgivna kartblad i serie Af, södra och mellersta Sverige



PRISKLASS B

Distribution

LiberKartor

162 89 STOCKHOLM

ISBN 91-7158-252-5

ISSN 0586-1543