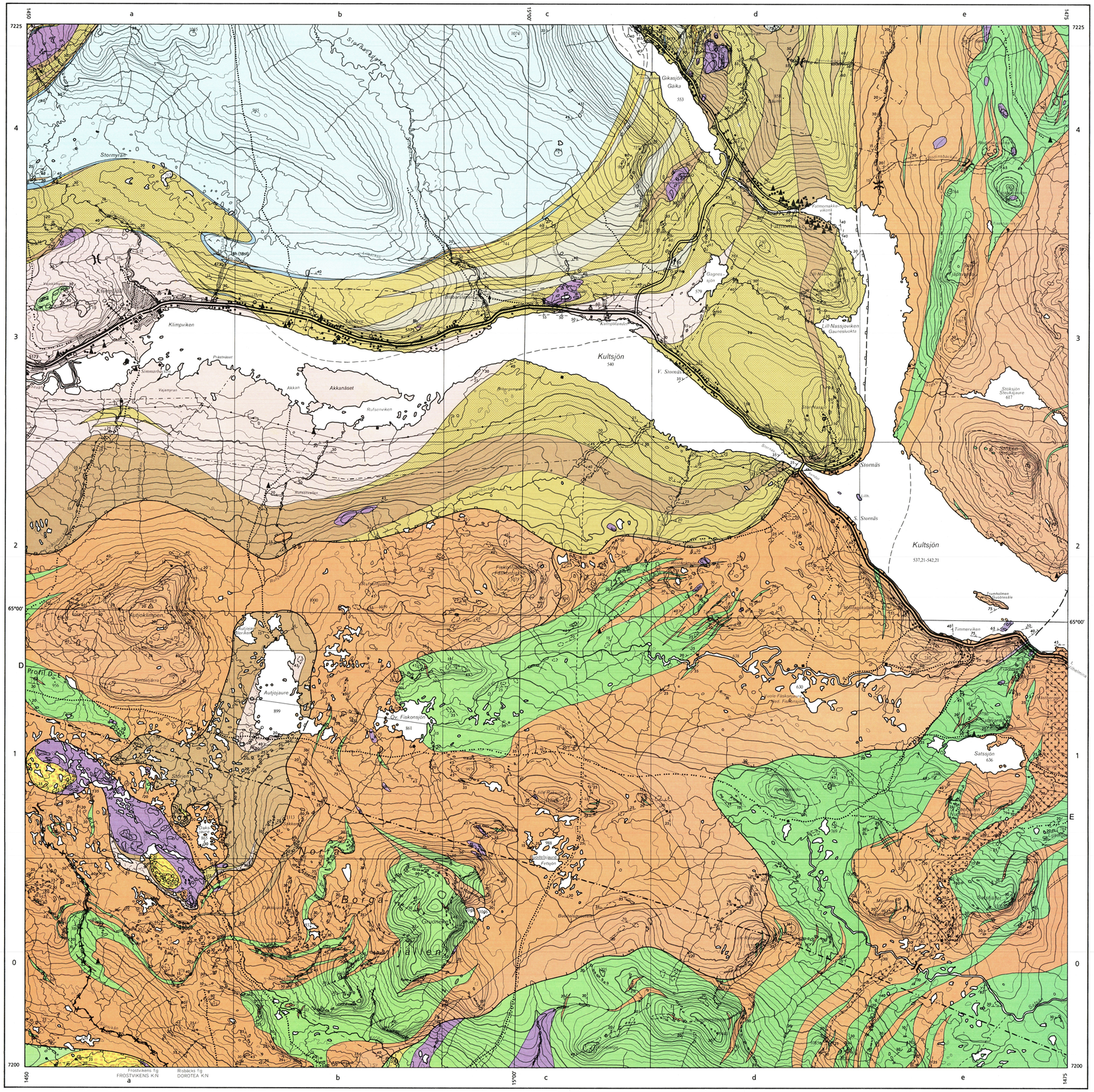
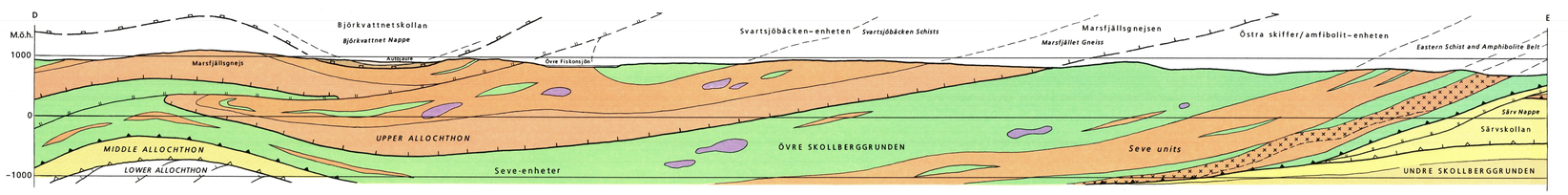



## ÖVRE SKOLLBERGGRUNDEN / *UPPER ALLOCHTHON*

### KÖLIBERGARTER / *KÖLI ROCKS*

- Ultramafiska bergarter (peridotit, serpentinit, täljsten) / serpentinitkonglomerat
  *Ultramafic rocks (peridotite, serpentinite, soapstone) / serpentinite conglomerate*
- Kvartskeratofyr, inkl. subvulkaniska intrusioner och grönskiffrerinslag / kårvskiffrig
  *Quartz keratophyre, incl. subvolcanic intrusions and minor greenschist / garbenschiefer*
- Grönskiffer, grönsten
  *Greenschist, greenstone*
- Amfibolit, metagabbro, hornbländit
  *Amphibolite, metagabbro, hornblendite*
- Tuffit
  *Tuffite*
- Kvartsit, metagråvacka (Virikskvartsit)
  *Quartzite, metagreywacke (Viris Quartzite)*
- Kalkfyllit, metagråvacka (i regel Lövfjällsfyllit)
  *Calcareous phyllite, metagreywacke (generally Lövfjäll Formation)*
- Kalksten eller marmor, i allmänhet kalcitisk (i regel Slätdalskalksten)
  *Limestone or marble, calcitic (generally Slätdal Formation)*
- Kvartsit / kvartsitkonglomerat (Rokonglomerat, Vojtjakconglomerat)
  *Quartzite / quartzite conglomerate (Ro Conglomerate, Vojtja Formation)*
- Grafitfyllit
  *Graphitic phyllite*
- Gråvacka
  *Metagreywacke*
- Grå fyllit
  *Grey phyllite*
- Kvartsfyllit, ibland grafitisk
  *Quartz phyllite, sometimes graphitic*
- Överskjutning vid basen av Köli skollkomplexet
  *Low–angle thrust at the base of the Köli Nappe Complex*

### SEVEBERGARTER / *SEVE ROCKS*

- Ultramafiska bergarter (peridotit, serpentinit, täljsten)
  *Ultramafic rocks (peridotite, serpentinite, soapstone)*
- Amfibolit, granatamfibolit; mindre inslag av gnejs eller glimmerskiffer
  *Amphibolite, garnet amphibolite; minor intercalations of gneiss or mica schist*
- Grafitskiffer
  *Graphitic schist*
- Glimmerskiffer, gnejs, i allmänhet granat–biotit–muskovit(±fengit)–förande; mindre inslag av amfibolit / ortognejs (Nuortenjuone–gnejsen)
  *Mica schist, gneiss, generally garnet–biotite–muscovite(±phengite)–bearing; minor intercalations of amphibolite / orthogneiss (Nuortenjuone Gneiss)*
- Gnejs, högmetamorf (kyanit–sillimanit–kalifältspat), migmatitisk (Marsfjällsgnejs)
  *High–grade gneiss (kyanite–sillimanite–K-feldspar), migmatitic (Marsfjället Gneiss)*
- Kvartsit, fältspatkvartsit, meta–arkos, kvartsitisk gnejs
  *Quartzite, feldspathic quartzite, meta–arkose, quartz–rich gneiss*
- Mylonit, blastomylonit
  *Mylonite, blastomylonite*
- Överskjutning vid basen av den centrala Sevedelen
  *Low–angle thrust at the base of the Seve 'Central Belt'*
- Överskjutning vid basen av Seve skollkomplexet
  *Low–angle thrust at the base of the Seve Nappe Complex*

## MELLERSTA SKOLLBERGGRUNDEN / *MIDDLE ALLOCHTHON*

- * Meta-arkos (Fjällfjällarkos)
  *Meta–arkose (Fjällfjäll Arkose)*
- * Gabbro, amfibolit (proterozoisk)
  *Metagabbro, amphibolite (Proterozoic)*
- * Granit till syenit (proterozoisk), mylonitisk
  *Granitoid (Proterozoic), mylonitic*

## BETECKNINGAR / *SYMBOLS*

- * Bergart som ej finns på detta kartblad
  *Lithology not present on this map sheet*
- Fossilokal
  *Fossil locality*
- Uppåt i lagerföljd
  *Way–up determination*
- Häll, observerad yta av blottat berg
  *Observed outcrop*
- Häll eller välblottade områden, överfört från äldre kartor
  *Outcrop or exposed area, transferred from previous maps*
- Kärnborrhål
  *Drillhole site*
- Lineation p.g.a. mineralorientering eller skärande förskiffringar med gradtal för stupning / horisontell
  *Mineral lineation or intersection lineation, plunge in degrees / horizontal*
- Veckaxel med gradtal för stupning / horisontell
  *Fold axis, plunge in degrees / horizontal*
- Förskiffring, horisontell / med gradtal för stupning / vertikal
  *Foliation, schistosity, horizontal / dip in degrees / vertical*
- Lagring med gradtal för stupning
  *Bedding, compositional layering, dip in degrees*
- Överskjutning repeterande tidigare skollgränser
  *Out–of–sequence thrust, breaching thrust*
- Överskjutning mellan delskollor, mindre överskjutning
  *Minor low–angle thrust*
- Bergartsgräns
  *Lithologic boundary*
- Mineralförekomst; nr enl. SGUs förekomstregister
  *Mineral deposit; no. acc. to SGU mineral deposit register*
- Höjdkurvor, 20 m ekvidistans
  *Contour lines, interval 20 metres*

0 1 2 3 4 5 km

Skala 1:50.000

**Fältarbeten** som ligger till grund för de geologiska kartbladen 23F Fatmomakke NV och SV har utförts under skilda perioder åren 1956–1991. Materialet har insamlats till SGU och systematiserats av E. Zachrisson som också svarat för en väsentlig del av kartering och revidering. Kartbilden över Seveberggrunden bygger till stor del på arbeten av holländska studenter och forskare under ledning av prof. H.J. Zwart (Univ. i Leiden/Utrecht), åren 1968–1979, speciellt karta och beskrivning av R. Trouw, 1973. I fältarbeten och materialinsamling har vidare M. Ambros, G. Bergman, C. Biermann, L. Björklund, R. Brandt, B. Böger, Ö. Einarsson, B. Eriksson, K. Flodberg, D. Gee, J. Glass, R. Greiling, O. Häggbom, G. Kautsky, M. Plikk, T. Sjöstrand, B.A. Stevens, J. Stigh, K.-E. Strömgård, P. Süss, A. Vinnefors, G. Widén och B. Wigström deltagit. Slutlig sammanställning samt design- och layoutarbeten har utförts av Ebbe Zachrisson, 1991–1992, reproduktionsarbetet av I. Källberg.

Detaljkartor i skala 1:20.000 finns tillgängliga på SGU.
*Detailed maps, generally at 1:20 000, are available at SGU.*

Engelsk beskrivning och litteraturförteckning på bladets baksida.
*English description and reference list on the back of this map sheet.*

*Referens till kartorna:* Zachrisson, E., 1993: Berggrundskartorna 23F Fatmomakke NV och SV, 1:50 000. – SGU Ai 75–76.

Topografisk underlag enligt avtal med Lantmäteriverket. Geografiska längden är räknad från Greenwich. Gauss' projektion. Godkänd från sekretessynpunkt för spridning. Lantmäteriverket 1993-01-29.
Printed in Sweden by MO Print AB, Uppsala 1993.

SGU Ser. Ai nr 76
BERGGRUNDSKARTAN
**23F FATMOMAKKE SV**

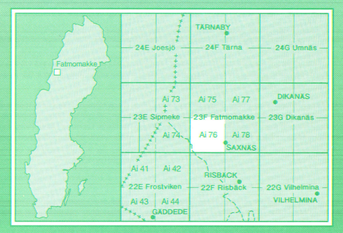
SGU serie Ai nr 76

# Berggrundskartan

## 23F Fatmomakke SV

Bedrock map

Skala 1:50 000




SGU
Sveriges Geologiska Undersökning

1993

## KORTFATTAD BESKRIVNING
(Gemensam för Ai 75 och Ai 76)

### INLEDNING

Kartbladen 23F Fatmomakke NV och SV är belägna inom den kaledoniska fjällkedjan, som är resultatet av en bergskedjebildning för ca 520–400 miljoner år sedan. Iapetus, det hav som i senprekambrisk tid gränsade till kontinenten Baltica, började då pressas ihop. Havsbottenskorpan pressades ner i subduktionszoner med samtidig utbildning av öbågar, både på den östliga (europeiska) och på den västra (amerikanska) sidan. Genom storslitade överskjutningar kom omfattande bergartskomplex att skjutas upp över den baltoskandiska urbergsskölden, vars västra randzon samtidigt kraftigt deformerades. Sådana överskjutna enheter benämns skollor och kan ha transporterats flera hundratals kilometer åt öster eller sydost. De översta skollorna har i regel de längsta transportavstånden medan de undre enheterna är mer lokala och ofta innehåller bergarter som med stor sannolikhet tillhört det baltoskandiska underlaget.

### TEKTONISK INDELNING

Fjällberggrunden består i regel av en understa, tunn zon av rotfasta (autoktona) bergarter men uppbyggs i huvudsak av tektoniskt överskjutna (alloktona) enheter. Dessa kan indelas i den undre, mellersta, övre och översta skollberggrunden. Inom de nu aktuella kartbladen 23 F Fatmomakke NV och SV är endast den mellersta och övre skollberggrunden representerade. En översikt över de strukturella enheterna inom de båda kartbladen lämnas i nedanstående karta och diagram. Den tektoniskt sett lägsta enheten påträffas i västra delen av Ai 75 och representeras av den mellersta skollberggrunden i den s.k. Fjällfjällantiformen. Seveberggrunden, som systematiskt tunnar ut mot väster, upptar kartbladens sydöstra och södra delar. Endast ett par tunna zoner av Seve berggarter uppträder på Fjällfjällets östsida. I Sevens centrala del (på Ai 76) har bergarterna delvis utsatts för en kaledonsk migmatitbildning, men utgångsmaterialet i dessa bergarter liksom vissa led i den lägre Seven kan möjligen vara av urbergsålder. Seven överlagras av Köli berggarter, samtliga hemmahörande i undre Köli. De uppträder i en bred NNE/SSV-lig synform genom hela Ai 75 och på norra delen av Ai 76 samt dessutom som en isolerad rest (*Klippe*) på Ai 76 liksom i det sydvästligaste hörnet av detta blad.

### BERGARTERNAS ÅLDER

Utifrån tillgängliga data samt geologiska bedömningar och jämförelser med angränsande områden kan man uppskatta bergartenas ålder. Den mellersta skollberggrundens arkosberganer representerar troligen senprekambriska sediment. Då de bedöms vara äldre än tillitterna bör deras ålder vara mer än ca 630 miljoner år. Seven innehåller troligen såväl senprekambriska som underpaleozoiska bergarter, men partier av urbergsunderlaget torde också ingå. Kölibergarterna är däremot med största sannolikhet underpaleozoiska, d.v.s. 600–400 miljoner år gamla (kambrium–ordovicium–silur). Fossilbelägg är begränsade. Fragment av stjälkförsedda taggbudingar (pelmatozoer, 'crinoider') har dock påträffats i kalkstenshorisonten i Durrenjukke och i Döda bäckens nedre del, vilket indikerar att kalkstenarna är kambriska eller yngre. Ett block med en stor gastropod från fjället Daunentjakke insändes till Riksmuseet redan år 1915. I Daunentjakkeområdet (Ai 75) och nordost om Storbacken (Ai 77) innehåller Slätdalskalksten dessutom kolonibildande koraller (*Favosites, Halysites*), men rekristallisation och deformation har förstört de interna texturerna så att en mera preciserad artbestämning ej är möjlig. De hör troligen hemma i översta ordovicium (Ashgill). Kvartsitkonglomerat–kalkstenshorisonten representerar således övergången mellan ordovicium och silur. Den stratigrafiskt överlagrande kalkfyllten (Lövfjällsfyllten) och Virikskvartsiten är siluriska.

### METAMORFOS

I samband med bergskedjeveckningen pressades bergarterna ned till relativt stora djup. Ökat tryck och förhöjd temperatur ledde till att de ursprungliga såväl sedimentära som vulkaniska bergarterna omvandlades genom den process som kallas metamorfos (omvandling). Mellersta skollberggrunden förelegger nu i grönskifferfacies och har, åtminstone delvis, utsatts för retrograd metamorfos, relaterad till överskjutningarna. Den övre skollberggrundens Sevebergarter domineras av amfibolitfacies med hornblände och granat som indexmineral, medan den kyanit–kalifältspat-förande migmatitiska Marsfjällsgnejsen med sina granat–klinopyroxen-förande metabasiska inlagringar när upp i granulitfacies. Kölibergarterna däremot är typiska grönskifferbergarter med muskovit–klorit–aktinolit–epidot som typmineral, i de undre delarna ibland med begynnande biotit–granat-nybildning.

### MALMER, INDUSTRIELLA MINERAL OCH BERGARTER

SGU för ett register över malmer och mineraliseringar, vilka i fjällkedjan har beteckningen OREC, och över förekomster av industriella mineral och bergarter med beteckningen ORED.

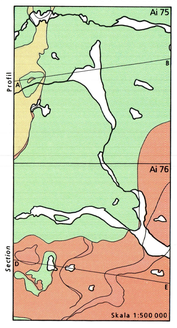
Såväl undre Köli- som Sevebergarterna inom de båda kartbladen saknar nästan helt kända malmer och mineraliseringar, trots att stora ansträngningar gjorts för att lokalisera bl.a. de rika malmblocken i området mellan Grasensjöarna och Ransarn. Undersökningar har också gjorts på de ultrabasiska bergarterna, vars innehåll av nickel (och kobolt) visserligen är lägt men bergartsvolymerna är mycket stora. Serpentinitkonglomeraten (bl.a. Gottern-massivet, OREC 2964) var föremål för regionala provtagningar under 1970-talet. I området norr om Gikasjön (ruta 5d) borrades 1973 ett borrhål på vardera av de massiva serpentiniterna i Graipeavare (OREC 2983) och Marfjället (OREC 2984). En täljstensomvandlad ultrabasitkropp vid Lövberg (ORED 5175) har varit känd sedan gammalt. 1992 sattes 2 st kärnborrhål för att utröna linsens mäktighet och eventuella möjligheter för talkutvinning.

Kalksten för kalkbränning till husbehov och för lokal användning som jordbrukskalk har i äldre tider brutits bl.a. vid Grundfors (ORED 5177, ruta 4d) och i Döda bäcken (ruta 3a). Under åren 1988–1992 utfördes undersökningar och kärnborrning på Slätdalskalkstenen i Döda bäcken (ORED 4730), nära trädgränsen. Provmaterial analyserades för att utröna kalkens sammansättning och spårelementinnehåll.

Skiffer för huvudsaklig användning som takbeläggning har i äldre tider brutits såväl i Durrenjukke som i Döda bäcken. Ett stenbrott i västra delen av Klimpfjäll (ORED 5173) var i drift under 1970-talet för uttag av krossberg till väg- och industribyggnation.

*(Fortsättning på kartans baksida.)*

### STRUKTURELLA ENHETER / *STRUCTURAL UNITS*




| | | |
|---|---|---|
| Björkvattnetskollan (Undre Köli) *Björkvattnet Nappe (Lower Köli)* | Köli Nappes | UPPER ALLOCHTHON |
| Svartsjöbäcken-enheten *Svartsjöbäcken Schists* | Seve units | UPPER ALLOCHTHON |
| Marsfjällsgnejsen (Centrala Sevedelen) *Marsfjället Gneiss (Central Seve Belt)* | Seve units | UPPER ALLOCHTHON |
| Östra skiffer/amfibolit-enheten *Eastern Schist and Amphibolite Belt* | Seve units | UPPER ALLOCHTHON |
| * Sårvskollan *Sårv Nappe* | | MIDDLE ALLOCHTHON |
| Fjällfjäll-enheten *Fjällfjäll unit* | | MIDDLE ALLOCHTHON |
| * Stalonskollan *Stalon Nappe* | | MIDDLE ALLOCHTHON |
| * Krutsjöskollan *Krutsjö Nappe* | Blåsjö Nappe Complex | LOWER ALLOCHTHON |
| * Njakafjäll-duplexen *Njakafjäll duplex* | Blåsjö Nappe Complex | LOWER ALLOCHTHON |

* Finns ej på dessa kartblad / *Not present on these map sheets*

## BERGARTER

Beroende på utgångsmaterialet och som följd av variationer i deformation och metamorfos föreligger inom kartbladsområdet följande huvudbergarter:

**Meta-arkos** är benämningen på en fältspathaltig sandsten. Den är i Fjällfjällområdet tydligt bandad och svagt grönaktig beroende på sitt innehåll av sericit och klorit. I regel är den dominerande förskiffringen dock ej tillräckligt stark och regelbunden för att göra den brytbar som skiffer.

**Glimmerskiffer och gnejs** utgör huvuddelen av Seven. Utgångsmaterialet har mestadels utgjorts av sandiga och lerhaltiga sediment, vilket lett till att den nuvarande mineralogin domineras av kvarts, något fältspat, glimrar (biotit och muskovit) samt granat. I det centrala Sevebältets Marsfjällsgnejs (Ai 76) har metamorfosen varit speciellt hög. Dessa bergarter karakteriseras av kalifältspat och kyanit och uppvisar ofta ådror och körtlar av segregerad (nybildad) kalifältspat, plagioklas, kvarts och granat.

**Amfibolit** är en väsentlig bergartskomponent inom Seven. Sannolikt representerar amfiboliten basiska intrusioner och/eller vulkaniter. Ursprunglig pyroxen har ersatts av hornblände (amfibol), vilken i kombination med stark deformation gett bergarten dess bandade, gröna utseende. Även andra mineral har omkristalliserat eller nybildats. Innehåll av epidot eller granat indikerar lägre resp. högre metamorfosgrad.

**Fyllitter** är benämningen på de ursprungligen sedimentära bergartsled som dominerar Köliberggrunden. Beroende på om utgångsmaterialet varit ett sandigt, lerigt eller kalkigt sediment eller haft en alunskifferartad sammansättning benämnes de kvartsfyllit, grå fyllit, kalkfyllit, resp. grafitfyllit. Dominerande mineral förutom kvarts är oftast ljus glimmer (sericit, muskovit) och klorit. Dessa mineral kallas också fyllosilikat (därav namnet fyllit) och ger bergarten ett sidenglänsande utseende. I den undre delen av Köli, där metamorfosgraden ökar något, kan biotit, granat och hornblände börja uppträda.

**Grönskiffer och kvartskeratofyr** är benämningar på de mafiska resp. felsiska (sura) metavulkaniska bergarterna i Köli. De förra domineras av natrium-rik plagioklas (albit), aluminium-fattig hornblände (aktinolit), epidot och klorit, medan de felsiska leden huvudsakligen består av kvarts och albit, i vissa lager även med strökorn av dessa båda mineral i en finkornigare mellanmassa. Vissa grovkornigare, homogena bergartskomplex tolkas som subvulkaniska intrusioner (trondhjemiter). Samma ursprung har eventuellt det metagabbro/hornbländitmassiv som är beläget nordväst om Klimpfjäll (ruta 3–4a).

**Ultramafiska bergarter** uppträder både i Seve- och Kölieinheterna. Massiven är i regel rödaktiga p.g.a. järnoxider och speciella lavar och kallas i folkmun ofta "rödberg". De innefattar peridotiter (olivin och pyroxen) och serpentiniter (serpentin) och är i randzonerna ibland taljstensomvandlade (talkdominerade). Flera av massiven i Köli består helt eller delvis av monomikta serpentinitkonglomerat med bollar enbart av serpentinit, tolkade som lokala nedbrytningsprodukter från en underlagrande (entill-liggande) serpentinitkropp.

## DESCRIPTION

(Related to Ai 75 and Ai 76)

### General geology

The bedrock within the map sheets 23F Fatmomakke NW and SW (Ai 75 and Ai 76) forms part of the Scandinavian Caledonides. Most Caledonian rocks in Scandinavia are allochthonous and have been thrust east- or southeastwards onto the Baltoscandian platform. Regionally, the Caledonides are divided in ascending tectonostratigraphic order into the Autochthon (Parautochthon) and the Lower, Middle, Upper (Seve and Köli Nappes) and Uppermost Allochthons (Kulling 1972, Gee et al. 1985).

The lowermost units, up to and including the Seve, are interpreted as part of the imbricated and shortened margin of Baltoscandia. Within the area, rocks of the Middle Allochthon are dominated by clastic cover sequences of Late Proterozoic age, related to the continent Baltica. Minor Precambrian basement units were incorporated during thrusting. The Seve units were derived from similar quartz-rich sedimentary complexes of Late Proterozoic – Early Palaeozoic (?) age, deposited along the western edge of the continent Baltica, and metabasic rocks which represent intrusions and extrusions related to the opening of the Palaeozoic Iapetus Ocean (Proto-Atlantic). During deformation and compression, slices of Precambrian basement rocks were involved. The lower Köli rocks (Stephens 1980) of the present map sheets are interpreted as ensimatic arc–basin complexes that probably developed in the vicinity of the Baltoscandian margin of Iapetus, whereas the Middle and Upper Köli Nappes (cf. map sheets 22E and 23E, Zachrisson and Sjöstrand 1990, Zachrisson 1991) are considered to represent exotic ensimatic arc–basin sequences which were probably related to the Laurentian side of Iapetus (Stephens and Gee 1985, Stephens 1988).

All units have a complex tectonic and metamorphic history. The Seve units were affected by a Late Cambrian – Early Ordovician event, which locally produced high-grade migmatitic assemblages. Deformation and metamorphism continued during the Ordovician and Silurian and the various complexes were successively brought together along a suture zone formed during collision of the continents Baltica and Laurentia in the Silurian – Early Devonian. After nappe emplacement onto the Baltoscandian Platform, the Caledonian activity faded out.

### Tectonostratigraphic units

The geological units distinguished on the maps are principally lithological or lithostratigraphic in character. The tectonostratigraphic, generally flat-lying units are separated by major and minor thrusts, as demonstrated by the main map, the cross-sections and the structural inset map. These already established tectonostratigraphic units were locally disturbed by repeated out-of-sequence thrusting, which affected the relationship between the Middle Allochthon and Köli (Ai 75), and between Seve subunits (Ai 76).

Three major tectonostratigraphic units occur, described in ascending order.

**MIDDLE ALLOCHTHON**

The Fjällfjäll Arkose (Zachrisson 1964, 1969), exposed at the western edge of Ai 75, is a fairly clean, greenish meta-arkose with a well-developed banding and schistosity, often demonstrating isoclinal folding. In the area southwest of Gottern, the Fjällfjäll Arkose is overlain by lenses of highly deformed, feldspathic (K-feldspar) rocks and metagabbro/greenstone, interpreted as slices of Precambrian basement incorporated within the Middle Allochthon. Similar rocks are also present at the same tectonic level within the map sheet 23E Sipmeke SW–SE at the southern edge of Fjällfjället and at the northwestern corner of the Hetenjaure Window (Zachrisson 1991).

The Fjällfjäll Antiform, which enters Ai 75 from the west, forms part of a major structure which has its main extension within 23E Sipmeke and terminates just north of the map boundary, in 24F Tärna. The antiform is slightly asymmetric with a steep eastern limb which becomes overturned in the area north of Ransarån. Here further complications occur, demonstrated by repetitions of the Fjällfjäll Arkose and Köli rocks. These disturbances probably resulted from early out-of-sequence thrusting (breaching thrusts) which transported the Middle Allochthon meta-arkose on top of the overlying Köli sequence. Seve rocks are principally absent in these westerly areas. As a result, the Fjällfjäll Antiform was probably initiated during this phase of thrusting and further tightened during a later stage of duplex development, associated with the emplacement of the Lower Allochthon. This latter stage of deformation caused further up-doming of the overlying thrust sequence and also deformed the regional low-angle thrusts and previous out-of-sequence thrusts, as demonstrated in the section (cf. also section of Ai 74).

The Fjällfjäll Arkose extends outside the type area, and can be correlated westwards with similar rocks along the northeastern side of the Børgefjellet Window (and into Norway) and also southwards with rocks of the Hetenjaure Window. The continuation of the Fjällfjäll Arkose eastwards is more problematic, as no lithological equivalents appear to exist. If it is accepted that the Raineskiumpen unit (Ai 73) is an equivalent of the Stalon Nappe, as suggested by Greiling (1989), then the Fjällfjäll Arkose belongs to a structural level on top of the Stalon Nappe (Zachrisson and Greiling 1993a, b).

**SEVE UNITS**

The higher-grade rocks in the structurally lower part of the Upper Allochthon are included in the Seve Nappes. Within the map area, they are represented by a sequence of mica schist, gneiss, amphibolite and minor graphitic schist, including bodies of ultramafic rocks.

The Seve rocks of the Marsfjällen area were studied and described by Trouw (1973), who distinguished three separate units, and his subdivision was extended to the area south of Kultsjön by Brandt (1973). Rocks of the **Eastern Schist and Amphibolite Belt** form the lowermost unit and cover the southeastern part of the map sheet Ai 76. It includes a well-preserved to highly deformed gneissic granite (Nuortenjunone Gneiss) which forms a recognizable unit that can be traced over a considerable distance to the northeast (into Ai 78). The Central Seve Belt is represented by the migmatitic **Marsfjället Gneiss,** characterized by K-feldspar and kyanite, and intercalations of metabasic rocks generally with the mineral association hornblende–plagioclase–garnet–clinopyroxene, suggesting granulite facies. Metamorphic conditions have been estimated (Sillanpää et al. 1987) to represent >600°, c. 10 kbar and a burial depth of about 35 km. The lower, eastern contact is tectonic. It is marked by an impressive blastomylonite zone which developed under amphibolite facies conditions (Zwart 1974) and was reactivated under retrograde, low-grade conditions. The upper, western belt of schist and amphibolite, referred to as the **Svartsjöbäcken Schists,** has a transitional contact with the structurally underlying Marsfjället Gneiss. No tectonic break has been suggested.

After the establishment of the internal Seve teconostratigraphy, as described above, the Seve units were repeated, probably due to a subsequent phase of out-of-sequence thrusting. This pattern is evident in the southern part of Ai 76 and illustrated in the section.

The Seve units thin markedly westwards (Zachrisson 1973), both regionally and across the area of the Fatmomakke map sheets. Only minor remnants of Seve rocks are present around the Fjällfjäll Window. These isolated fragments cannot, however, be classified in detail according to the subdivision described above. To the south, the Marsfjället Gneiss and the Svartsjöbäcken Schists are correlated with the Lillfjället Gneiss and the Transition units (Sjöstrand 1978), respectively, on the 22E Frostviken map sheets (Zachrisson and Sjöstrand 1990). The major part of the Seve on these map sheets (Sjouten, Gakkafjället, Blåsjösälven and eqv. units, including the Ertseke lens with abundant eclogites) are structurally related to the Eastern Schist and Amphibolite Belt on the Fatmomakke map sheets.

**KÖLI NAPPES**

The greenschist facies metamorphic rocks in the structurally higher part of the Upper Allochthon are included within the Köli Nappes. The Köli rocks represent the Cambro–Silurian volcanic and sedimentary eugeoclinal assemblages deposited outboard of the continent Baltica. They contrast markedly with the thin platformal and miogeoclinal sequences of Late Proterozoic–Silurian age deposited on the Baltoscandian platform. Only Lower Köli rocks are present within the map area.

Lower Köli rocks in the northern part of the map area can be mapped into the type area around Björkvattnet–Virisen (Kulling 1933), where the character and limits of the units have been established. The term **Björkvattnet Nappe** was applied as a regional name for this tectonic unit (Stephens 1982) and the Virisen terrane was introduced as a terrane concept by Stephens and Gee (1989).

In a broad sense, the main Köli area within the present map sheets is comprised of an open syncline, the central part of which is occupied by a calcareous metagreywacke, the Lövfjäll Formation (Kulling 1933). The stratigraphy is generally in a right way-up position except in the northwestern and northeastern parts of Ai 75, where very large recumbent folds have caused structurally complex patterns.

The stratigraphy of the Lower Köli rocks was established by Kulling (1933) in the Björkvattnet–Virisen area (24F) with successive minor modifications over the years (e.g. Kulling 1972). The lithologies were grouped, in ascending stratigraphic order, into the Rotik (Ro), Mesket (Seima), Gilliks, Vojtja, Slåtdal, Broken, Lövfjäll and Viris 'series' or 'groups'. For the present 1:50,000 bedrock maps it has not been possible, on available material, to recognize all of these formations, but general correlations can be made from the lithology and some characteristic rock types.

The lower part of the sequence (pre-Lövfjäll) is composed of various types of mainly non-calcareous, often dark-coloured phyllite, quartzite, graywacke, conglomerate, limestone and metavolcanic rocks. Ultramafic rocks and serpentinite conglomerates occur at various levels. At one locality, c. 5 km north of Vardofjäll (map sheet 24F), gastropods (s. *Maclaritacea*) of Ordovician age (Lower–Middle Ordovician boundary?) were discovered by Holmqvist (1980). The pre-Vojtja part of the sequence is identical with the Tjopasi Group (Zachrisson 1964, 1969, 1991) within the map sheets 23E Sipmeke.

The lowermost Köli units are characterized by abundant quartzite – quartzite conglomerate – serpentinite conglomerate and probably correlate with the Ro Conglomerate in the Björkvattnet–Virisen area. The *klippe* of Lower Köli rocks in the southwestern part of Ai 76 is dominated by these rocks. In the Autjojaure area, they are covered by felsic metavolcanic rocks (quartz keratophyre) which seem to have a maximum thickness in the Kultsjön valley and can also be followed into both limbs of the Ransarn synform. Although stratigraphic thickness as well as the proportion of felsic members diminishes northeastwards they are interpreted to be equivalents of the Mesket (Seima) Formation further north. In the type area, this unit is dominated by mafic metavolcanic rocks. The succeeding dark phyllite sequence contains coarse, fragment- and blue quartz-bearing greywackes and polymict conglomerates with granitoid rock boulders, typical of the Gilliks facies. It is overlain by a quartzite–quartzite conglomerate (Vojtja Formation) and a fossiliferous limestone (Slåtdal Formation). Pelmatozoan fragments and occasional corals in these limestones within the present map sheets and particularly brachiopods and gastropods in the type area (Kulling 1933) indicate a fauna of Ashgill age. Finally, a graphitic phyllite (Broken Formation) with local, thin greenschist or tuffite layers forms the base of the very thick Lövfjäll Formation. In two restricted areas, around the northern end of lake Ransarn (8c) and east of Rotikarna (9e), coarse metasandstones and wackes represent the Viris Quartzite, the uppermost stratigraphic member of the area.

On the eastern side of the Fjällfjäll Antiform, in a north-south-extended zone in the Ransarån–Gottern area (7b-9b), Lower Köli rocks occur in an inverted position, representing the downward-facing nose of a major anticlinal fold. Such folds are early in the structural sequence and may even be synsedimentary. As demonstrated by Zachrisson (1969, sections) they are accentuated further north, originating from the Fjällfjäll antiformal zone and causing regional inversions, for example of the fossiliferous units in the Broken area (24F).

Stratigraphic overturning is even more spectacular in the Daunentjakke-Silesbåune area. Most of the quartzite conglomerate/limestone horizons, such as those forming the peak areas of mount Daunentjakke (Daunatjåkko) are constantly facing downwards (Stigh 1976) and are interpreted as erosional remnants of the lower inverted limb of an extensive, recumbent anticlinal fold that originated from the Fjällfjäll antiformal zone further west (cf. section). The underlying, complementary syncline is represented by the zone of Viris Quartzite southeast of Rotikarna that passes along lake Silisen (Ai 77) and can be mapped into contact with the main Viris Quartzite unit in the surroundings of lake Virisen (24F). Here it represents the core of the large sideways-closing, east-facing Björkvattnet–Virisen synform.

### Cross section

The sections form direct continuations westwards of those constructed for the eastern map sheets (Ai 77 and Ai 78). The probable vertical extension of the allochthonous units is based on an estimated constant dip of 1.5° for the sole thrust (base of Lower Allochthon), from the eastern Caledonian margin towards the WNW. Thus, at the western border of the map sheets, basement is predicted to occur at a depth of c. 2000 m b.s.l. Unfortunately, due to space limitations, the sections are restricted in their vertical extent.

In the northern section (Ai 75), an important Lower Allochthon duplex is postulated to occur beneath the Fjällfjäll Antiform, doming the already established tectonostratigraphy (Middle Allochthon, Seve (?), Köli) with the pre-existing internal major folds and breaching thrusts. At the eastern side of the synform, in the Daunentjakke area, the Lövfjäll Phyllite is covered by erosional remnants of the Vojtja–Slåtdal–Broken successions in an upside-down position. These units represent the inverted lower limb of a very large, early recumbent antiformal fold which can probably be correlated, northwestwards over the synform, with the regional inversion in the Broken–Viristjället areas (24F) at the western edge of the Björkvattnet–Virisen synform. The synformal core of this major fold is occupied by the Viris Quartzite in the type area (24F), enters 23F in the surroundings of lake Silisen (Ai 77) and extends southwestwards over Fättjarn (9c). The axial trace of this regional synform passes between Daunentjakke and Daunevalle. There, the Lövfjäll Phyllite, with a very much reduced thickness, must represent both the right-way-up and the inverted limbs, as indicated by arrows in the section. The Viris Quartzite at Ransarn is probably stratigraphically coherent with the thick Lövfjäll Phyllite sequence, but bounded tectonically to the north.

The southern section (Ai 76) similarly postulates a Lower Allochthon duplex beneath the domal structure in the Autjoklimpen area, exposing the Marsfjället Gneiss. The latter is probably transected at depth by an out-of-sequence thrust. The same mechanism seems to affect the Särv/Seve contact at the eastern end of the section and provides an explanation for the small Särv window on the adjoining map sheet (Ai 78).

Important features in both sections are thrusts breaching the roof thrust of existing or developing duplexes, locally transporting a lower unit over an overlying major tectonic unit. Such out-of-sequence thrusts affect the contacts between the Middle and Upper Allochthon (Köli) in the northern section (Ai 75) and between Seve subunits and between Särv and Seve in the southern section (Ai 76). Successively they cut across previous thrusts, making them inactive and coupling underlying tectonic units to the overlying nappe complex. Therefore, they represent an important mechanism of the moving orogenic wedge.

## LITERATURE


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

Bever Donker, J.M. van, 1973: Geologie van het Norra Borgafjället, Västerbotten, Zweden. – 1e scriptie. Internal report, Geol. Min. Inst., Univ. Leiden. SGU BRAP 92002, 59 pp.
Bierlein, F.-P. and Greiling, R.O., 1993: New constraints on the basal sole thrust at the eastern Caledonian margin in northern Sweden. – GFF 115.
Biermann, C., 1974: De geologie van het Klimpfjällgebied. – Scriptie 1e bijvak. Internal report, Univ. Leiden. SGU BRAP 88007, 135 pp.
Brandt, R., 1973: Geologie van het Bijelite–Fiskonfjället gebied ten zuiden van het Kultsjön, Lapland, Västerbotten, Zweden. – 1e scriptie. Internal report, Geol. Min. Inst., Univ. Leiden. SGU BRAP 88018, 81 pp.
Broman, P.G., 1976: Nickel i fjällkedjan. Synpunkter på tillgångar och utvinningsmöjligheter. – Svenska Gruvföreningen, Medd. 144, p. 13–56.
Du Rietz, T., 1938: The injection metamorphism of the Muruhatten region. – SGU C 416, 86 pp.
– 1941: Nyare undersökningar inom Remdalens malmtrakt och dess omgivningar. – SGU C 439, 85 pp.
Einarsson, Ö., 1990a: Undersökning av kalkstenskroppen vid Döda bäcken. Sonderande diamantborrning 1990. – Sveriges Geologiska AB, PRAP 90025, 37 pp.
– 1990b: Undersökning av kalkstenskroppen vid Döda bäcken. Kompletterande analysering. – Sveriges Geologiska AB, PRAP 90057, 11 pp.
Einarsson, Ö. och Einarsson, U., 1987: Industrimineral i Vilhelmina kommun. – Sveriges Geologiska AB, PRAP 19871210, 81 pp.
Einarsson, Ö. and Westerberg, S., 1990: Karbonatstenar, kvartsiter och talk i Vilhelmina. – Sveriges Geologiska AB, PRAP 89076, 29 pp.
Gee, D.G., 1975: A tectonic model for the central part of the Scandinavian Caledonides. – Am. J. Sci. 275A, 468–515.
Gee, D.G. and Zachrisson, E., 1979: The Caledonides in Sweden. – SGU C 769, 48 pp.
Gee, D.G., Kumpulainen, R., Roberts, D., Stephens, M.B., Thon, A. and Zachrisson, E., 1985: De skandinaviska Kaledoniderna. Tektono-stratigrafisk karta, 1:2 milj. – SGU Ba 36. (English version, SGU Ba 35.)
Greiling, R.O., 1989: The Middle Allochthon in Västerbotten, northern Sweden: Tectonostratigraphy and tectonic evolution. *In* Gayer, R.A. (ed.): The Caledonide geology of Scandinavia. – Graham & Trotman, London, 69–77.
Holmqvist, A., 1980: Ordovician gastropods from Vardofjället, Swedish Lapland, and the dating of Caledonian serpentinite conglomerates. – GFF 102, 493–497.
Häggbom, O., 1972: Aspects on the Fjällfjäll Antiform. – SGU BRAP 00075, 38 pp.
Högbom, A., 1925: De geologiska förhållandena inom Stekenjokk–Remdalens malmtrakt. – SGU C 329, 96 pp.
Julin, M. and Vinnefors, A., 1978: Detritiska serpentiniter i Vardofjäll- och Hapkebaktemområdena, Västerbotten. – C-kursarbete, Geol. Inst., Chalmers Tekn. Högsk. och Göteborgs Univ., B117. SGU BRAP 78509, 55 pp.
Kihlstedt, P.G., 1979: Samhällets framtida försörjning med svenska mineralråvaror. – STU, Styrelsen för Teknisk Utveckling, info 147, p. 14–15, 27–30, 79–85.
Kulling, O., 1933: Bergbyggnaden inom Björkvattnet–Virisen-området i Västerbottensfjällens centrala del. – GFF 55, 167–422.
– 1942: Grunddragen av fjällkedjerandens bergbyggnad inom Västerbottens län. – SGU C 445, 320 pp.
– 1955: Den Kaledoniska fjällkedjans berggrund inom Västerbottens län. *In* Gavelin, S. and Kulling, O.: Beskrivning till berggrundskarta över Västerbottens län. – SGU Ca 37, 101–296.
– 1972: The Swedish Caledonides. *In* de Sitter, L.U. (ed.): Scandinavian Caledonides. – Wiley Interscience, London, 149–285.
Lönnberg, E., 1915: Ett intressant fossil från Vilhelminafjällen. – Fauna och flora, 10, 179–180.
Palm, H., Gee, D.G., Dyrelius, D. and Björklund, L., 1991: A Reflection Seismic Image of Caledonian Structure in Central Sweden. – SGU Ca 75, 36 pp.
Shaikh, N.A., Karis, L., Kumpulainen, R., Sundberg, A. and Wik, N.-G., 1989: Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1, Norra Sverige. – SGU, Rapporter och medd. 54, 380 pp.
Sillanpää, J., Annersten, H. and Stigh, J., 1987: Prograde and retrograde metamorphism in the Seve-Köli Nappe Complex in the Kittelfjället area, central Swedish Caledonides. – Univ. Uppsala, Dept. Mineral. Petrol., Res. Rep. 43, 32 pp.
Sjöstrand, T., 1978: Caledonian geology of the Kvarnbergsvattnet area, northern Jämtland, central Sweden. – SGU C 735, 107 pp.
Stephens, M.B., 1980: Occurrence, nature and tectonic significance of volcanic and high-level intrusive rocks within the Swedish Caledonides. *In* Wones, D.R. (ed.): The Caledonides in the USA. – Virginia Polytechnic Inst. and State Univ., Dept. Geol. Sci., Mem. 2, 289–298.
– 1982: Field relationships, petrochemistry and petrogenesis of the Stekenjokk volcanites, central Sweden. – SGU C 786, 111 pp.
– 1988: The Scandinavian Caledonides: a complexity of collisions. – Geology Today 4, 20–26.
Stephens, M.B. and Gee, D.G., 1985: A tectonic model for the evolution of the eugeoclinal terranes in the central Scandinavian Caledonides. *In* Gee, D.G. and Sturt, B.A. (eds.): The Caledonide Orogen – Scandinavia and Related Areas. – John Wiley & Sons, Chichester, 953–978.
– 1989: Terranes and polyphase accretionary history in the Scandinavian Caledonides. – Geol. Soc. Am., Spec. Paper 230, 17–30.
Stephens, M.B., Gustavson, M., Ramberg, I.B. and Zachrisson, E., 1985: The Caledonides of central-north Scandinavia – a tectonostratigraphic overview. *In* Gee, D.G. and Sturt, B.A. (eds.): The Caledonide Orogen – Scandinavia and Related Areas. – John Wiley & Sons, Chichester, 135–162.
Stevens, B.A., 1974: Strukturale geologie van het Borga Gebied, Caledoniden van Västerbotten, Zweden. – 1e scriptie. Internal report, Geol. Min. Inst., Univ. Leiden. SGU BRAP 88011, 72 pp.
Stigh, J., 1976: Geological map of the Björkvattnet–Virisjaure–Fättjarn area, Caledonides of Västerbotten, Sweden, 1:40 000. – Unpublished map.
– 1979: Ultramafics and detrital serpentinites in the central and southern parts of the Caledonian Allochthon in Scandinavia. – Geol. Inst., Chalmers Tekniska Högskola och Göteborgs Univ. A 27, 222 pp.
– 1980: Detrital serpentinites of the Caledonian Allochthon in Scandinavia. *In* Wones, D.R. (ed.), The Caledonides in the USA. – Virginia Polytechnic Inst. and State Univ., Dept. Geol. Sci. Mem., 2, 149–156.
– 1981. Content of Ni and Cr in ultramafites of the Caledonian allochthon in Scandinavia and their enrichment in detrital serpentinites. *In* An International Symposium on Metallogeny of Mafic and Ultramafic Complexes: The Eastern Mediterranean–Western Asia Area, and its Comparison with Similar Metallogenic Environments in the World. Proceedings 2. – National Technical University of Athens, Greece, 374–389.
Trouw, R.A.J., 1973: Structural geology of the Marsfjällen area, Caledonides of Västerbotten, Sweden. – SGU C 689, 155 pp.
Zachrisson, E., 1964: The Remdalen syncline. – SGU C 596, 53 pp.
– 1969: Caledonian geology of northern Jämtland – southern Västerbotten. – SGU C 644, 33 pp.
– 1973: The westerly extension of Seve rocks within the Seve–Köli Nappe Complex in the Scandinavian Caledonides. – GFF 95, 243–251.
– 1983: Kontrollanalyser av nickel och kobolt i detritiska och massiva serpentiniter, Jämtland-Västerbottensfjällen. – SGU, BRAP 83509, 27 pp.
– 1986: Scandinavian Caledonides. Stratabound sulphide deposits. Map 1:1.5 M scale. – SGU Ba 42.
– 1991: Berggrundskartorna 23E Sipmeke, 1:50 000. – SGU Ai 73–74.
Zachrisson, E. and Greiling, R.O., 1993a: Berggrundskartan 23F Fatmomakke NO, 1:50 000. – SGU Ai 77.
– 1993b: Berggrundskartan 23F Fatmomakke SO, 1:50 000. – SGU Ai 78.
Zachrisson, E. and Sjöstrand, T., 1990: Berggrundskartorna (22D–)22E Frostviken, 1:50 000. – SGU Ai 41–44.
Zachrisson, E. and Stigh, J., 1981: Ultramafiter i fjällen. – SGU BRAP 81522, 101 pp.
Zwart, H.J., 1974: Structure and metamorphism of the Seve–Köli Nappe Complex (Scandinavian Caledonides) and its implications concerning the formation of metamorphic nappes. *In* Belliere, J. et al. (eds.): Geologie des Domains Cristallins. – Soc. géol. Belgique, Liéges, 129–144.