

Pohorske metamorfne kamenine II

Ančka Hinterlechner-Ravnik

Vsebina

Uvod	245
Petrografija kamenin	249
Kamenine zelenega skrilavca in prehodne cone	249
Blestnik in amfibolit z vložki marmorja, kvarcita in pegmatitnega gnajsa	252
Očesni gnajs, muskovitno biotitni gnajs in pegmatitni gnajs	254
Diaforitni almandinovo muskovitni blestnik in gnajs s pegmatitnim gnajsom	254
Vpliv tektonike na kristalizacijo metamorfnih kamenin	258
Stratigrafija metamorfnih skladov	258
Povzetek	260
The Metamorphic Rocks of Pohorje Mountains II (Abstract)	261
Literatura	263

Uvod

V nadaljevanju petrografskih raziskav na Pohorju sem kartirala njegovo južno obrobje.

Kamenine zelenega skrilavca in prehodne cone ter kamenine stavrolitnega subfaciesa sem določila na podlagi profiliranja severozahodnega Pohorja in po vzorcih osnovne geološke karte Slovenj Gradca. Vzorce je nabrala skupina geologov oddelka za geološko kartiranje Geološkega zavoda (Dozet, 1969; Mioč, 1971 in 1972). Kamenine prehodnega območja med obema faciesoma, očesni gnajs in diaforitne kamenine sem kartirala v sedanji raziskovalni fazi na jugozahodnem Pohorju med Dovžani in Črnim vrhom.

Kamenine opisujem glede na stopnjo metamorfoze po Winklerju (1967). Za primerjavo podajem uvrstitve posameznih skupin v anhi-cono, epicono, mezocono in katacono. Pri klasifikaciji se ravnam po Fritschevih predlogih za poimenovanje metamorfnih kamenin na podlagi količine posameznih mineralnih sestavin in njihove zrnivosti (Fritsch in dr., 1967). Nadrobneje opisujem kamenine zelenega skrilavca in prehodne cone med obema Barrowima faciesoma.

Explanation of Fig. 1

Dark-grey phyllite with appearance of small-sized and colourless garnet; inclusions of green schist with blue-green hornblende (Fig. h). Blue-grey marble (M) with subordinate silicate fragments.

Fine-grained chlorite-muscovite schist with small-sized staurolite and pale-pink garnet (Sst). Inclusions of amphibole schist with epidote and chlorite (Aep), quartzite (Q), meta-keratophyre and its tuff (X'), blue-grey marble (M), and graphite slate (Sgr).

Hornblende-biotite dacite (aq), Tertiary.

Garnet-biotite-muscovite schist and gneiss with chloritoid (Sm-Gg, ct), inclusions of amphibolite (A) and almandine-disthene flaser gneiss (Gcy).

Amphibolite and amphibole schist with epidote and chlorite (A). Numerous inclusions of white marble (M) in intimate association with pegmatite gneiss (Pg). Lateral transition to fine-grained biotite-gneiss with garnet and andesine (Sb-Gb).

Diaphthorite almandine-muscovite schist and gneiss (Sdiaph) derived from retrogressively altered almandine-muscovite schist and gneiss. Inclusions of pegmatite gneiss (Pg), scarce amphibole schist (Aep) and marble (M).

Along the contact with tonalite (dq) the diaphthorite almandine-muscovite schist and gneiss (Sdiaph) are recrystallized to andalusite schist and gneiss (Sad).

Almandine-biotite-muscovite schist and gneiss (Sm-Gg), characterized by disthene and staurolite. It comprises small bodies of amphibolite (A), eclogite (E), amphibolite-eclogite (AE), quartzite (Q), and almandine-disthene flaser gneiss (Gcy). All of them are cut by pegmatite gneiss (Pg).

Calcareous phyllite and phyllites with prevailing quartz, sericite-muscovite, calcite, chlorite-pennine, epidote, albite, and green biotite respectively (F). The characteristic rocks: meta-keratophyre, its tuff (X'), and blue-grey, seldom white marble, including quartz, meta-keratophyre and phyllite fragments. The amount of amphibole is gradually increasing.

Amphibole schist with chlorite and biotite (Aep), epidote schist, amphibolite, and white marble (M). The characteristic rock is meta-dabase with unaltered augite crystals. Green biotite is gradually replaced by the red one, albite by oligoclase. Lateral transition to fine-grained chlorite-biotite phyllite-gneiss (Geo, bl).

Biotite-muscovite schist and gneiss with porphyroblasts of red garnet and staurolite. The last reaches the size of three cm (Sst, gr).

Garnet-biotite-muscovite schist and gneiss with chlorite, chloritoid, staurolite, and disthene (Sm-Gg, ct). Biotite is red-brown. Scarce inclusions of white marble (M), dark-grey quartzite (Q), amphibolite with epidote (A), garnet-disthene flaser gneiss (Gcy), and exceptionally pegmatite gneiss.

Besedilo k sl. 1

Temno sivi filit z drobnim brezbarvnim granatom in vključki zelenkastega skrilavca z modrikasto rogovačo (Fg, h). Modrikasto sivi marmor (M) s silikatnimi drobcii.

Finozrna kloritno muskovitni blestnik z drobnim stavrolitom in rožnatim granatom (Sst). Vključki amfibolovega skrilavca z epidotom in kloritom (Aep), kvarcita (Q), keratofirja in njegovega tufa (X'), modrikasto sivega marmorja (M) in grafitnega skrilavca (Sgr).

Rogovačno biotitni dacit (aq), terclar.

Granatov biotitno muskovitni blestnik in gnajs s kloritoidom (Sm-Gg, ct). Vključki amfibolita (A) in protastega almandinovo distenovega gnajsa (Gcy).

Amfibolit in amfibolov skrilavec z epidotom in kloritom (A). Pogostni vključki belega marmorja (M), in ob njem pegmatitnega gnajsa (Pg). Lateralni prehod v drobnozrnat biotitni gnajs z granatom in andezinom (Sb-Gb).

Diaforitni almandinov muskovitni blestnik in gnajs (Sdiaph), ki je nastal iz retrogradno spremenjenega almandinovo muskovitnega blestnika in gnajsa. Pogosten je pegmatitni gnajs (Pg), redek amfibolov skrilavec (Aep) in marmor (M).

Ob kontaktu s tonalitom (Zq) je diaforitni blestnik in gnajs (Sdiaph) spremenjen v andaluzitni blestnik in gnajs (Sad).

Almandinov biotitno muskovitni blestnik in gnajs (Sm-Gg) z distenom in stavrolitom. Vsebuje vključke amfibolita (A), eklogita (E), amfibolitnega eklogita (AE), kvarcita (Q) in protastega almandinovo distenovega gnajsa (Gcy). Vsi vsebujejo pegmatitni gnajs (Pg).

Apneni filit in drugi filiti s prevladujočim kremenom, sericitom-muskovitom, kalcitom, kloritom-peninom, epidotom, albitom, oziroma zelenim biotitom (F). Značilne kamnine so metakeratofir in njegov tuf (X') ter modrikasto siv redko bel marmor (M), ki vsebuje zrna kremenca, metakeratofirja in filita. Postopoma narašča količina amfibola.

Amfibolov skrilavec s kloritom in biotitom (Acp), epidotov skrilavec, amfibolit, amfibolovec in bel marmor (M). Ohranjen je metadiabaz z uralitiziranim avgitom. Z globino je zeleni biotit postopoma nadomeščen z rdečim, in albit z oligoklazom. Lateralni prehod v drobnozrnat kloritno biotitni filitni gnajs (Gcy, bi).

Biotitno muskovitni blestnik in gnajs s porfireblasti rdečega granata in stavrolita. Kristali stavrolita dosežejo 3 cm (Sst, gr).

Granatov biotitno muskovitni blestnik in gnajs s kloritom, kloritoidom, stavrolitom in distenom (Sm-Gg, ct). Biotit je rdečkast. Redki vključki belega marmorja (M), temnosivega kvarcita (Q), amfibolita z epidotom (A), protastega almandinovo distenovega gnajsa (Gcy) in izjemoma pegmatitnega gnajsa.

Petrografija kamenin

Na zahodnem Pohorju in zahodnem Kozjaku nastopajo naslednje metamorfne kamenine, ki so prikazane tudi na sliki o zaporedju metamorfnih kamenin (sl. 1).

1. Najmanj metamorfozirana skupina vsebuje kamenine zelenega skrilavca s preходом v almandinovo amfibolitni facies.

2. Blestnik in amfibolit z vložki marmorja in kvarcita, ki spadajo v stavrolitni subfacies almandinovo amfibolitnega faciesa.

3. Očesni gnajs, drobnozrnati biotitni gnajs in pegmatitni gnajs, ki so najgloblji del metamorfnih kamenin na Pohorju.

4. Diaforitni almandinov muskovitni blestnik in gnajs s pegmatitnim gnajsom, ki predstavljajo retrogradno spremenjen srednji del pohorskih kamenin.

Naštete kamenine ne predstavljajo zveznega profila in so pogosto v tektonskih kontaktih.

Kamenine zelenega skrilavca in prehodne cone

Po klasičnem profilu metamorfnih kamenin v Centralnih Alpah leži nad zelenim skrilavcem temno sivi fillit z redkimi vložki meljevca, apnenca in tufa. Te kamenine predstavljajo prehod med anhibiono in epicono. Na Pohorju so razširjene na Veliki Kopi in zahodno od nje.

Pod njimi slede neenakomerno debele plasti modrikastega in belega marmorja. Po stopnji metamorfoze ustreza marmor zgornjemu delu zelenega skrilavca, oziroma zgornji epiconi. Zelo verjetno pripadajo temu horizontu na Pohorju apnene kamenine vzhodno od Otiškega vrha. Pri dosedanjih raziskavah v njih nismo našli konodontov.

Slede zelo različne kamenine zelenega skrilavca, ki jih delimo na dva dela. Zgornji del vsebuje značilne apnene filite in kisle metavulkanite. Po stopnji metamorfoze obsega ta del zelenega skrilavca globlji horizont kloritnega subfaciesa, biotitni subfacies in prehaja v almandinov subfacies. Meje subfaciesov niso ostre. Te kamenine ustrezajo epiconi. Za spodnji del zelenega skrilavca so značilni bazični metamorfozirani vulkaniti z amfibolitom, ki pripadajo almandinovemu subfaciesu in prehajajo že v stavrolitni subfacies. Primerjam jih s kameninami med epicono in mezocono. Debelina obeh delov je približno 1000 m.

Zeleni skrilavec je razdelil že A. Kieslinger (1929) na svoji karti »Spodnji Dravograd« v zgornji in spodnji del; zgornjega je imenoval fillitu podoben diaforit, v spodnjega pa je štel zeleni in uralitni skrilavec (amfibolit). Še Tollmannu (1963) je bil ta »diaforitni« nivo v Centralnih Alpah dokaz za alpska narivanja. Vendar te kamenine niso retrogradno spremenjene, temveč vsebujejo značilne kisle metavulkanite: prvotni alkalni trahit, trahit in njuna tufa. Fritsch (1961) je prvi določil keratofir v ekvivalentnih plasteh v Krških Alpah. Na Svinški planini so opisali dobro ohranjene kisle metavulkanite Kleinschmidt & Wurm (1966) in Thiedig (1966). V istem horizontu so kisi metavulkaniti razširjeni tudi na Pohorju in na Kozjaku. Kemična analiza metakeratofirja (vz. 31710/25006, Mioč, 1972, str. 13), ki ima le delno albitizirane kristale mikrokliniziranega ortokla-

za, kaže, da vsebuje 3,5 % K_2O in 2,3 % Na_2O . Vtrošnikov kremenca ni, po analizi pa je veliko kremenca v osnovi (72,9 % SiO_2). Albit vsebuje do 3 % an. Kot optičnih osi mikrokliniziranega ortoklaza 2Vx 100°. Albit ima ponekod strukturo šahovnice, kar dokazuje njegov nastanek iz sanidina. Po petrografski in kemični sestavi je metakeratofir enak opisanemu metakeratofirju v literaturi.

Zeleni skrilavec se nahaja na južnem Pohorju v ozkem tektonsko razvlečenem pasu med Zročami in Vitanjem. Dobro je razkrit vzhodno od Dravograda na obeh bregovih Drave. Najdemo ga med Dravogradom, Trbonjami in Otišnikom ter južno od Vuhreda. S severozahodnega Pohorja se nadaljuje zeleni skrilavec na zahodni Kozjak in se zelo razširi severno od Mute. Na Remšniku približno na območju Otiča je ta nivo zelo stanjšal. Pasovi zelenega skrilavca se raztezajo od zahoda proti vzhodu in vpadajo povečini proti jugu. Od juga proti severu prihajajo na površje vedno globlje plasti, razen v dolini Vuhredščice, kjer je obratno zaporedje. Zaradi tektonike ponekod določene plasti manjkajo.

Precej popoln profil nizko metamorfoziranih kamenin zelenega skrilavca najdemo severno od Mute. V apnenem horizontu nastopajo apneni filit z redkimi ležami modrikasto sivega laminiranega marmorja, metakeratofir z metamorfoziranimi tufi, bel kvarcit s prehodi v filit in tuf. Kvarcit je ponekod mikrobrečast in rumenkasto prepereva. Marmor vsebuje pogosto vključke kremenca, plagioklaza in zoisit-epidota ter lapile kisle sestave in sericitno muskovitne filitne fragmente (tabla 1, sl. 1 in 2). Najdemo jih v raznih delih profila. Filitni fragmenti so za marmor značilni, medtem ko so v drugih kameninah manj izraziti. Biotit je v tem horizontu zelen.

Enake kamenine so razvite južno od Vuhreda, kjer opazujemo številne lečaste vključke modrikasto sivega laminiranega marmorja, ki so verjetno tektonske ponovitve. Skrilavce prekrivajo sedimenti štalensko-gorske serije in miocena.

Pod apnenim filitom je razvit zelenkast drobnozrnat skrilavec z zelo različno količino sericita, muskovita, klorita, zelenega biotita, epidota, albita, neprosojnega minerala in redkega turmalina. Predstavlja metamorfozirane tufe in tufite. Pravi filit, to je sericitno muskovitni kremenov skrilavec, je redek. Značilen je metakeratofir s tufskimi različki. Klastična struktura debelozrnatih različkov je ohranjena. Fina diferenciacija kamenin je pogojena že s prvotno sedimentacijo. Lineacija je dobro izražena v kameninah, ki vsebujejo več belih mineralov. Ta del zelenega skrilavca nastopa v nadaljevanju profila proti severu nad Muto in nad Otiškim vrhom. V njem postopoma narašča količina rogovače in kamenine prehajajo v pravi zeleni skrilavec značilne temno zelene in rumenkasto zelene barve, ker vsebujejo v glavnem zelene minerale. Razširjene so predvsem ob bregovih Drave med Dravogradom in Muto oziroma Trbonjami. Rogovača je zelenkasto modro plicohroična, ponekod brezbarvna. Biotit je zelen, a postopoma je več rdečega. Klorit je brezbarven, relativno visoko dvolumen Mg-različek, ki pripada sheridanitu in grochautu (Neugebauer, 1970, str. 35). Epidot prevladuje nad zoisitom. Manj je albita, albitnega oligoklaza, oligoklaza in kremenca.

Akcesorni so neprosojni minerali, titanit in turmalin. Po razporeditvi neprosojnega minerala včasih še slutimo prvotne tufske fragmente. Najbolj bazični različki, ki vsebujejo samo rogovačo, so redki. Zanimivi so metadiabazi z ohranjenimi uralitiziranimi kristali avgita, velikimi do 3 mm v zelo drobnnozrnati osnovi paličaste rogovače in klorita ter z malo saličnih mineralov. V uralitiziranem avgitu je rogovača neenotna, včasih lamelarna, zelenkasto modra do brezbarvna.

Posrednost je prsten rjavkast zelo drobnnozrnat kloritni muskovitno biotitni gnajs z desetinko mm velikim brezbarvnim granatom in oligoklazom, ki je razširjen v globljem delu zelenega skrilavca, zlasti na Kozjaku.

V kameninah zelenega skrilavca nastopajo tanke bele žilice albita, klorita, penina in žarkovitega laumontita (tabla 2, sl. 1). Žilice so potektonske.

V globlji del prehodne cone štejem kamenine na manjši površini zahodno od Turčnika na Pohorju. Prevladuje finoizrnat blestnik. Njegova zrnavost je prehodna med filitom in blestnikom. Velikost mineralov sljude je okrog 0,2 mm. Barve je sivkaste ali zelenkaste, kar je odvisno od količine komponent: dvolomnega klorita, muskovita, rdečkastega biotita in neprosojnega minerala. Rdečkast granat je redek; njegovi kristali so veliki le nekaj desetink mm. Značilen pa je nekaj desetink do 3 mm velik stavrolit, ki je zaradi neprosojnih vključkov temno zelen (tabla 2, sl. 2). Razporeditev vključkov dokazuje njegovo prvo fazo kristalizacije. Podobno vsebujejo drobni kristali oligoklaza fine neprosojne vključke, razporejene prečno na skrilavost kamenine. Megaskopska struktura dveh različkov blestnika je zelo značilna. Prvi je valovito skrilav v centimetrskih dimenzijah. Ima mehke svetlikajoče se površine ter velike kristale muskovita poleg sericita in klorita. Kristali muskovita so krpasto združeni in nabrani (tabla 3, sl. 1). Drugi različek je bolj gladko skrilav; po ploskvah skrilavosti vidimo le fino nabranost v dimenzijah desetink mm. To je posledica prečne kristalizacije muskovita in biotita. Kristalizacija sljud je potektonska (tabla 3, sl. 2). Poleg blestnika nastopata zeleni amfibolov skrilavec s kloritom in z epidotom in zelo redko pegmatitni gnajs, ki ga tu prvič srečamo v profilu metamorfnega zaporedja.

Manj metamorfozirane značilne kamenine tega horizonta pa so svetlo siv drobnnozrnat kvarcit z muskovitom in grafitni skrilavec; sivkast apnen biotitno kloritni skrilavec, ki vsebuje povečini primes verjetno tufskega plagioklaza; zelenkast fino ploščast kremenovo kloritni skrilavec s plagioklazom, verjetno tufskega porekla; povečini modrikasto siv laminiran marmor s silikatnimi in filitnimi vključki; redek je bel in siv metakeratofir, ki prehaja v kvarcit; značilen je črn ploščast kremenovo filitni skrilavec, ki je zelo drobnnozrnat in vsebuje posamezne kristale kloritiziranega in zoisitiziranega granata, velike do 3 mm, ter posamezne zelenkaste lamine z modrikasto rogovačo (tabla 4, sl. 1).

Manj metamorfozirane kamenine leže konkordantno med drobnnozrnati blestnikom s stavrolitom in ne dajejo videza tektonske vgnetenosti.

Drobnnozrnati blestnik je ponekod delno drugod popolnoma spremenjen v diaforitni blestnik, vendar je idiomorfna oblika kristalov po-

gosto ohranjena. Stavrolit in plagioklaz sta sericitizirana, granat in rogovača pa kloritizirana. V horizontu diafioritnega almandinovo muskovitnega blestnika in gnajsa kažejo bolj groba zrnavost, velik skoraj popolnoma kloritiziran rdeči granat in stalna prisotnost sericitiziranega pegmatitnega gnajsa na prvotni globji nivo. Stavrolit prve faze kristalizacije, ki je za naše območje za stopnjo metamorfoze značilen, omejuje na Svinški planini nekoliko nižje v profilu (Kleinschmidt, 1970, str. 106).

Blestnik in amfibolit z vložki marmorja, kvarcita in pegmatitnega gnajsa

V precej obsežnem prehodnem območju obeh faciesov Barrowe faciale serije, ki ustreza istočasno zgornjemu delu mezocone, opazujemo že izrazito kristaliziran blestnik in gnajs. Zanj so značilni majhni in centimetrski kristali stavrolita in granata, na Svinški planini tudi disten. Zelo značilni so idiomorfni kristali in mreža finih vključkov v njih, po katerih sklepamo na tektonsko dogajanje med njihovo rastjo. Klorit polagoma izginja. Poseben pomen ima kloritoid, ker nastopa v zaporedju metamorfnih kamenin samo v tem horizontu. V njegovem globjem delu je razvit amfibolit, ki se ne razlikuje od višje ležečega amfibolita iz globjega nivoja zelenega skrilavca. Na tanke plasti marmorja v amfibolitu so v tem nivoju vezani tudi najvišji pogostni pojavi pegmatitnega gnajsa.

Blestnik in gnajs z značilnimi porfiroblasti je razvit na zahodnem Kozjaku v talnini globjega nivoja zelenega skrilavca. Prehod je oster, kar je odvisno od prvotne litološke razlike: blestnik je nastal iz glinasto peščenih sedimentov, zeleni skrilavec pa iz srednje bazičnih vulkanskih kamenin, ki so se povečini pomešale s sedimenti. Ker najdemo blestnik s kloritoidom, stavrolitom in granatom na celotnem severozahodnem Kozjaku, sklepam, da gre verjetno za tektonske ponovitve. Navidezna debelina tega horizonta je najmanj 500 m, na Svinški planini pa le 150 m. Marmor, amfibolit, kvarcit in pegmatitni gnajs so redki. Globji mezoconalni deli nastopajo na Kozjaku proti vzhodu. V Ožbalskem jarku najdemo manjše leče serpentinita v distenovem protastem dvo-sljudnem blestniku in gnajsu z redkimi granati, velikimi 1 cm (Mioč, 1972).

Po dosedanjih podatkih je blestnik z velikimi kristali granata in s kloritoidom na Pohorju manj značilno razvit. V Vuhredskem jarku mu ustreza v talnini drobnnozrnatega oligoklaznega amfibolita z epidotom in kalcitom (vz. 71/23473) drobnnozrnat biotitno muskovitni blestnik z drobnimi in velikimi granati ter drobnim stavrolitom, rekristaliziranim v nize; vsebuje tudi Mg-klorit.

Na Pohorju nad Dovžami severno od Tomažiča pa leži ta nivo tektonsko omejen med zelo drobnnozrnatim blestnikom, diafioritnim almandinovo muskovitnim blestnikom in očesnim gnajsom. Nastopa predvsem značilni muskovitni blestnik z velikim in drobnim granatom ter kloritoidom, plavajočim v sericitnem agregatu (tabla 4, sl. 2). Je precej retrogradno spremenjen. Vsebuje tanjše vključke amfibolita in protastega sericitiziranega distenovega gnajsa z granatom. V blestniku so tudi drobni conarni kristali zoisita-epidota. Pegmatitni gnajs je redek.

Nekoliko globji deli, ki so najbolj razširjeni, pripadajo neenakomerno zrnatemu amfibolitu z epidotom in kloritom, ki vključuje tanke plasti belega marmorja in številne žile pegmatitnega gnajsa s turmalinom. Opazujemo lateralne prehode v drobnozrnat biotitni gnajs z drobnim granatom in v drobnozrnat muskovitni kvarcit. Plagioklaz v amfibolitu je oligoklazni andezin, plagioklaz v biotitnem gnajsu pa andezin. Amfibolit in pegmatitni gnajs sta pogosto zelo kataklazirana. V zbruskih opazujemo celo psevdotahilitna območja.

Na meji med zelenim skrilavcem in kloritoidnim blestnikom, torej na meji med epicono in mezocono nastopa biotitno muskovitni blestnik z granatom in stavrolitom. Kristali stavrolita so veliki do tri centimetre, kristali granata pa majhni, dosežejo le 2 do 3 mm. Prevladuje zeleno pleohroičen biotit, rdeče pleohroičnega je manj. Plagioklaz in kremen sta redka. Stavrolit je idiomorfen, včasih izometričen in obdan tudi s terminalnimi ploskvami, kar je redkost. Nekateri kristali so dvojčični in podolgovati. Tudi granat je navadno idiomorfen in obdan od ploskev (110). V stavrolitu in granatu je ohranjena interna struktura, nakazana z neprosojnimi vključki in s kremenom; v granatu je zelo fina, v stavrolitu pa groba. Obod granata je brez vključkov, kar kaže na večfazno kristalizacijo, ki je glede na sigmoidno nanizane fine vključke v jedru predtektonska in sintektonska. Conarni granat je vključen tudi v velikem kristalu stavrolita. To dokazuje, da je v končni fazi kristalizacije stavrolit lahko nadomestil granat. Tudi veliki vključki, ki nakazujejo interno strukturo v stavrolitu in so ob obodu le rahlo zasukani, bi dokazovali mlajšo rast tega minerala. Obrobek stavrolita je včasih sericitiziran. Opazujemo tudi nekaj mm velike popolnoma sericitizirane kristale, ki so morda pripadali prvotno distenu. Veliki kristali niso bili tektonsko deformirani. Sljuda je fino mimetsko nabrana, a tudi prečno orientirana.

Biotitno muskovitni blestnik z granatom in stavrolitom je razširjen na Kozjaku ob potoku Velka in severneje ob Bistrici (tabla 5, sl. 1). Pas tega blestnika se razteza več kilometrov daleč. Nastopa tudi na Svinški planini (Kleinschmidt, 1970), kjer se izmenjuje z granatovim blestnikom. Granat je tam velik več centimetrov.

Pod blestnikom z velikimi idiomorfnimi kristali stavrolita vidimo na dvosljudnem blestniku in gnajsu s kloritoidom sledove močnih deformacij in večfazno kristalizacijo (tabla 5, sl. 2). Zaporedje kristalizacije je različno od vzorca do vzorca in zelo komplicirano. Opazujemo dve ali več faz kristalizacije kloritoida, granata in stavrolita (tabla 6, sl. 1). Kloritoid predstavlja v nekaterih vzorcih začetno in končno fazo kristalizacije. V prvem primeru nastopa z značilno interno strukturo v granatu, v zadnjem primeru je lahko retrogradni produkt stavrolita. Granat je idiomorfen, pa tudi zelo korodiran. Poleg kristalov granata, velikih 1 cm, opazujemo zelo drobna idiomorfna zrna granata. Stavrolita in kloritoida ne vidimo na oko. Posebno stavrolit je v vseh kameninah možno zamenjati s turmalinom. Biotit je zelen in rdeč. Vzorci so delno sericitizirani in kloritizirani.

Očesni gnajs, muskovitno biotitni gnajs in pegmatitni gnajs

Najgloblji del pohorskih metamorfnih kamenin predstavlja drobnozrnat muskovitno biotitni gnajs z očesnim in pegmatitnim gnajsom. Skrajni zahodni del območja očesnega gnajsa seže do Dovž, kjer je tektonsko prekinjen. Gnajs je antiklinalno naguban. Gube imajo glavno smer vzhod—zahod. Pogosto je na mejnih območjih foliacija bolj strmo nagnjena. Očesni gnajs se zmenjuje z muskovitno biotitnim gnajsom, ki je brez porfiroblastov in ponekod levkokraten. Petrografsko sem opisala gnajse tega horizonta v prejšnjem delu (Hinterlechner-Ravnik, 1971, str. 204). Gnajsi ne vsebujejo mineralov, značilnih za stopnjo metamorfoze.

Diaforitni almandinovo muskovitni blestnik in gnajs s pegmatitnim gnajsom

V prejšnji razpravi (Hinterlechner-Ravnik, 1971, str. 196) sem te kamenine imenovala almandinov filitni blestnik in gnajs. Predstavljajo značilen horizont, debel okrog 500 m. Njihova rekristalizacija v nižjo metamorfno stopnjo je pozno sintektonska.

Diaforitne kamenine so razvite na severnem obrobju Pohorja južno od Ribnice ob tektonski črti v smeri E—W. Bolj pa so razširjene na južnem Pohorju od Volovice in Skrivnega hriberja na vzhodu, prek Črnega vrha do Planjave in Razborce. Zahodna meja je tektonska, kjer meje na različne kamenine prehodne cone obeh faciesov ter na anhimetamorfne temno sive skrilavce. Krovnina diaforitnih kamenin je popolnoma denudirana. V normalnem kontaktu z diaforitnimi kameninami je v njihovi talnini biotitno muskovitni blestnik in gnajs z almandinom. Ta vsebuje tudi eklogitne leče, ki jih je od vzhoda proti zahodu vedno manj. Na meji s tonalitom obroblja diaforite pas biotitnega blestnika in gnajsa z andaluzitom, širok do 100 m. V njem ni retrogradnih sprememb. Granodiorit je termično vplival na kristalizacijo kamenin z idiomorfnimi kristali andaluzita, ki so v diaforitnih kameninah popolnoma sericitizirani. Dacit in njegov diferenciat malhit, ki pogosto sečeta diaforitne kamenine, v njih nista povzročila kontaktnih sprememb.

Za diaforitni almandinovo muskovitni blestnik in gnajs so značilni ostanki rožnatega granata. Njegovi kristali so bili veliki po več milimetrov in so sedaj povčini nadomeščeni s peninom. Kloritni agregati so tektonsko zelo razvlečeni (tabla 6, sl. 2). Druga značilnost diaforitnih kamenin so sericitni agregati, pri katerih še lahko sklepamo na njihove prvotne kristalne oblike; povčini pa so tektonsko razpotegnjeni. Prvotni možni kristali, ki so glede na sedanje oblike merili do nekaj milimetrov, so andaluzit, disten, stavrolit in plagioklaz. Redko vsebujejo sericitni agregati posamezen kristal kloritoida, bolj pogosto drobno paličast epidot-zoisit. Plagioklaz meri okrog 1 mm. V jedru je svež, po obodu pa pogosto nadomeščen z velikimi luskami sericita. Struktura je redko dvojčična in neizrazito lamelarna. Sestava plagioklaza, merjena na UM, je 31% an, kar ustreza oligoklaznemu andezinu. Iste značilnosti opazujemo tudi v plagioklazu pegmatitnega gnajsa. Kremen je povčini kataklaziran. Muskovit je pozno sintektonski. Količina muskovita je zelo

različna, ponekod ga skoraj ni. Temno barvo daje diafторитnim kameninam fino dispergirani penin in ne neprosojni minerali, ki so sorazmerno redki. Akcesoren je turmalin.

Sestava diafторитnega horizonta je enolična. Poleg diafторitnega blestnika in gnajsa s pegmatitnim gnajsom sem našla rdečkasto zeleni biotitni gnajsa, ki je le delno diafторitiziran. Sicer je biotit ohranjen pogostejše v talninskih delih diafторitnega horizonta. Marmorni vložki so tanki in zelo redki. Vsebujejo z brezbarvnim kloritom leuchtenbergitom psevdomorfozirani mineral, epidot, zoisit, oligoklazni andezin, muskovit, klorit, kremen in rdečkast biotit.

V diafторitnih kameninah ohranjene oblike kristalov, psevdomorfozirane s sericitom in peninom, dokazujejo, da je bila njihova izhodna kamenina izrazito kristalizirana. Vsebovala je pegmatitni gnajsa, bazičnih in apnenih vključkov pa skoraj ne. Glede na to sta kot izhodni kamenini možna blestnik in gnajsa v krovnini blestnika z eklogitom. Diafторitizirana sta bila pozno sintektonsko ob koncu variscijske orogeneze. Kataklaza je redka. Retrogradna metamorfoza je bila izokemična. To dokazujejo skoraj enaki podatki kemične analize diafторitnega almandinovo muskovitnega blestnika in muskovitno biotitnega blestnika z andaluzitom (tabela 1). Zanimiva je velika količina alkalij ter oksidov aluminija in titana.

Table 1

Tabela 1

Kemični analizi — Rock analyses					
1	SiO ₂	59,00 %	2	SiO ₂	58,70 %
	TiO ₂	0,80 %		TiO ₂	1,00 %
	Al ₂ O ₃	20,50 %		Al ₂ O ₃	20,50 %
	Fe ₂ O ₃	1,30 %		Fe ₂ O ₃	1,02 %
	FeO	5,90 %		FeO	6,50 %
	MnO	0,16 %		MnO	0,17 %
	MgO	2,00 %		MgO	2,43 %
	CaO	2,20 %		CaO	1,68 %
	Na ₂ O	2,00 %		Na ₂ O	1,75 %
	K ₂ O	3,30 %		K ₂ O	3,15 %
	P ₂ O ₅	0,38 %		P ₂ O ₅	0,027 %
	H ₂ O ⁺	0,70 %		H ₂ O ⁺	0,98 %
	H ₂ O	0,10 %		H ₂ O ⁻	0,04 %
	CO ₂	1,76 %		CO ₂	3,19 %
	S	—		S	0,35 %
		100,10 %			99,387 %

1 14261/18170
Muskovitno biotitni blestnik z andaluzitom in staurolitom jugovzhodno od Črnega vrha. — Muscovite-biotite schist with andalusite and staurolite SE of Črni vrh.

2 304/25251
Diafторitni almandinovo muskovitni blestnik jugovzhodno od Črnega vrha. — Diaphторite-almandine-muscovite schist SE of Črni vrh.
Analizirali: M. Treppo in T. Lavrič, Metalurški inštitut, Ljubljana. — Analyzed by: M. Treppo and T. Lavrič, Metalurški inštitut, Ljubljana.

Vpliv tektonike na kristalizacijo metamorfnih kamenin

Centralne Alpe sestojе večidel iz regionalno metamorfoziranih kamenin. Njihovi vzhodni grebeni segajo na območje severne Slovenije. Progressivna regionalna metamorfoza je posledica orogenetskega in magmatskega delovanja v več časovnih intervalih. Regionalna metamorfoza centralnoalpskih kamenin, ki ustrezajo Barowi facijalni seriji, je variacijska. Morfološko pa se je gorovje izoblikovalo v alpski orogenezi, torej mnogo pozneje. V alpski orogenezi so prodrle v metamorfne sklade magmatske kamenine, ki so povzročile kontaktne spremembe. Gre v glavnem za tonalit in dacit. Naj tu pripomnimo, da ime tonalit ne ustreza pohorski globočnini. Njena sestava govori za biotitni kremenov diorit s prehodi v granodiorit (Fanning, 1970). Ob njenem kontaktu z diafotritnimi kameninami so se ohranili kristali andaluzita, kar kaže na kontaktno metamorfozo. Po skladnih strukturah kremenovega diorita in granodiorita ter metamorfnih kamenin bi sklepali, da v njihovi starosti ne more biti velike razlike.

Pohorje predstavlja tektonski blok, ki je bil ob vzdolžnih in prečnih alpskih prelomih dvignjen glede na mezozojske sklade za več 1000 metrov. Dviganje je bilo stopničasto. Zato so prišle bolj metamorfozirane kamenine v stik z nižje metamorfnimi in nespremenjenimi kameninami. Stopničasto dviganje je izrazito z južne in vzhodne smeri. Na zahodu pa so razširjeni manj metamorfozirane kamenine in paleozojski sedimenti.

Podobno tektoniko opazujemo tudi na zahodnem Kozjaku, kjer so na morfološko višjem severnem delu prišle na površje bolj metamorfozirane kamenine.

Glavna tektonska smer je E—W. Pogojena je s periadriatskim prelomom, ki omejuje Pohorje na jugu in se nato obrne proti severovzhodu (Premru, 1971). Tudi severno obrobje Pohorja, zlasti ribniški tektonski jarek, kaže enako tektonsko smer. Od periadriatskega preloma proti severu so se usmerjali alpski narivi.

Na zahodu omejuje Pohorje in Kozjak labotski prelom. Ta mlajša tektonska smer WNW—ESE je na zahodnem Pohorju zelo izrazita, kar se odraža v njegovi parkeetni strukturi. Ob labotskem prelomu kakor tudi ob prelomih, vzporednih z njim, se metamorfni skladi in granodiorit zaslučajo iz prvotne smeri vzhod—zahod v smer severozahod—jugovzhod.

Merjene mikrostrukture, ki se odražajo v foliaciji, lineaciji in B-oseh gub centimetrskih dimenzij, se skladajo z veliko tektoniko. Mikrostrukture so zato manj enotne v zahodnem kot v južnem delu Pohorja. Polja maksimumov so tudi razvlečena. Maksimumi merjenih foliacij in lineacij, dobljenih iz strukturnih diagramov, so naslednji:

1. Drobnozrnati blestnik z vključki amfibolita, marmorja, kvarcita, metakerafiorja in melatufa, zahodno od Turičnika.

Maksimuma foliacije: $0^{\circ}/39^{\circ}$, $10^{\circ}/21^{\circ}$.

2. Drobnozrnati blestnik z vključki amfibolita, marmorja, kvarcita, metakerafiorja in melatufa zahodno od Turičnika.

Maksimuma lineacije: $282^{\circ}/29^{\circ}$, $316^{\circ}/49^{\circ}$.

3. Amfibolit in biotitni gnajs z vključki marmorja in pegmatitnega gnajsa, severno od Dovž.

Maksimuma foliacije: $328^{\circ}/40^{\circ}$, $0^{\circ}/20^{\circ}$.

4. Amfibolit in biotitni gnajs z vključki marmorja in pegmatitnega gnajsa, severno od Dovž.

Maksimuma lineacije: $11^{\circ}/21^{\circ}$, $265^{\circ}/45^{\circ}$.

5. Muskovitni blestnik z redkim amfibolitnim eklogitom, južno od Črnega vrha — potok Mislinja.

Maksimuma foliacije: $310^{\circ}/9^{\circ}$, $325^{\circ}/40^{\circ}$.

6. Muskovitni blestnik z redkim amfibolitnim eklogitom, južno od Črnega vrha — potok Mislinja.

Maksimuma lineacije: $295^{\circ}/12^{\circ}$, $240^{\circ}/13^{\circ}$.

7. Diaforitni blestnik in gnajs s pegmatitnim gnajsom, Črni vrh—Dovže.

Maksimuma foliacije: $304^{\circ}/16^{\circ}$, $213^{\circ}/30^{\circ}$.

8. Diaforitni blestnik in gnajs s pegmatitnim gnajsom, Črni vrh—Dovže.

Maksimuma lineacije: $321^{\circ}/10^{\circ}$, $292^{\circ}/10^{\circ}$.

9. Očesni gnajs s pegmatitnim gnajsom, severno od Mislinje.

Maksimum foliacije: $201^{\circ}/38^{\circ}$.

10. Očesni gnajs s pegmatitnim gnajsom, severno od Mislinje.

Maksimumi lineacije: $111^{\circ}/10^{\circ}$, $271^{\circ}/20^{\circ}$, $291^{\circ}/10^{\circ}$.

V glavnem vpadajo lineacije rahlo proti W, WNW in WSW, redkeje v nasprotni smeri. Vse kamenine so bile ob metamorfozi enako plastične. Zato na določenem območju med posameznimi različki ni razlik v vrednostih lineacije in foliacije.

Kristalizacija metamorfnih kamenin je bila v glavnem sintektonska, le v manjši meri predtektonska in potektonska. Glavni znak za časovno odvisnost kristalizacije od tektonike je oblika mineralov, značilnih za stopnjo metamorfoze, in interna razporeditev njihovih vključkov, ki jo primerjamo s strukturo kameninske osnove. Visoka metamorfoza je prvotno notranjo strukturo povečini uničila. Prvotni vključki so zato ohranjeni v kristalih kamenin zelenega skrilavca in zgornjega dela almandinovo amfibolitnega faciesa. Opazujemo jih v plagioklazu, biotitu, rogovači, kloritoidu, stavrolitu, granatu in turmalinu.

Visoke pritiske ob pogojih kristalizacije kamenin v Barrowi facialni seriji pripisujejo intenzivnemu luskanju in narivanju.

Ohranjeni so tudi ostanki nekoliko starejše kristalizacije, ki je potekala pri prav tako visoki temperaturi, a nekoliko nižjem pritisku. Dokazujejo jo zaključeni agregati distena v almandinovem protastem gnajsu, ki predstavljajo tektonsko razpotegnjene proceje sericitizirane psevdomorfoze po andaluzitu. Za Barrowo facialno serijo andaluzit ni značilen mineral. V tem nivoju so ohranjene tudi reliktno kalcijevo silikatne kamenine z bitovnitom (Hinterlechner-Ravník, 1971, str. 201).

Pod skladi zelenega skrilavca, blizu njegove meje, pa najdemo v pegmatitnem gnajsu celo silimanit. Ta mineral je značilen za silimanitni subfacies almandinovo amfibolitnega faciesa. Na Svinški planini (Neugebauer, 1970, str. 73-76) pripisujejo silimanit starejši kristalizaciji

v zelenem skrilavcu. Silimanit predstavlja poseben relikv. Na istem nivoju nastopajo torej skupaj minerali, značilni za različne metamorfne stopnje. Zato se je težko držati razdelitve metamorfnih kamnin v facialne serije, ki temelji na laboratorijskih poskusih. V tem pogledu je zanimiv podatek o rasti distena v filitu pri zelo nizki temperaturi in pritisku (Kröner, 1971, str. 370). Verjetno sledovni elementi Ti, Mg in C katalitično vplivajo in zamenjujejo Al pri rasti distena v pelitskih sedimentih ob pogojih nizke metamorfoze.

V končni fazi variscijske orogeneze so se kamenine delno retrogradno metamorfozirale. Diafloreza je zajela kamenine od nižjih delov faciesa zelenega skrilavca navzdol. V zgornjih delih diafloreziranih kamnin so značilne psevdomorfoze penina po kristalih biotita, rogovače in granata. V spodnjih delih pa sta plagioklaz in disten sericitizirana. Stavrolit je prav tako sericitiziran in delno spremenjen v kloritoid. Granat v eklogitu je nadomeščen z rogovačo, epidotom in plagioklazom. Prvotne mineralne asociacije še vedno lahko določimo. Z diaflorezo se je torej stopnja metamorfoze posameznih horizontov v zaporedju skladov postopno zniževala.

Nad eklogitnim horizontom je ohranjen diaflorezni almandinovo muskovitni blestnik in gnajs s pegmatitnim gnajsom. Ta diaflorezni horizont ima regionalni obseg in je 400 m debel. Leži v sinklinalnih delih gub. Pred diaflorezo so bile kamenine izrazito kristalizirane, saj so ohranjene psevdomorfne oblike kristalov, velike več mm. Granat je spremenjen v penin. Sericitni agregati so lahko nastali iz andaluzita, stavrolita, distena in plagioklaza, ki pa je pogosto še delno ohranjen. Verjetno se je spremenil bazični plagioklaz, bolj kisli (30% an) pa se je ohranil. Kot izhodna kamenina diafloreznega almandinovo muskovitnega blestnika in gnajsa pride v poštev blestnik in gnajs z distenom in stavrolitom ali pa blestnik in gnajs z andaluzitom nad eklogitnim horizontom. Retrogradna metamorfoza je bila izokemična, kar dokazujeta presenetljivo enaki sestavi diafloreznega blestnika in blestnika z andaluzitom (glej tabelo 1). Andaluzitni blestnik nastopa kot ozek obrobek diafloreza na meji s kremenovim dioritom in granodioritom.

Stratigrafija metamorfnih skladov

Pri kartiranju metamorfoziranih kamnin se vedno postavlja vprašanje njihovega prvotnega stratigrafskega zaporedja. Stratigrafska korelacija je že pri sedimentih pogosto težka, pri metamorfnih skladih pa je še težja zaradi večkratne metamorfoze in tektonike. V metamorfnih kameninah se alpska tektonika odraža predvsem v razkosavanju, variscijska pa v močnem luskanju in narivanju, ki je bilo predmetamorfno in sirmetamorfno.

Prvotno so centralnoalpski kristalinik razdelili na serije, ki jih predstavljajo značilni metamorfni litološki razliki poleg neznanih. Metamorfne serije pa predstavljajo zaporedje litoloških enot določene geosinklinalne. Če sledimo razprostranjenosti serije, ugotovimo facialne spremembe v geosinklinali. Posameznim serijam je bila vtisnjena določena stopnja metamorfoze, ki je bolj ali manj uničila prvotne znake

starosti. Zato pri določitvi starosti metamorfnih paleozojskih skladov sama razčlenitev na serije ne zadostuje. Razdelitev metamorfoziranih kamenin v anhicone, epicone, mezocone in katacone ter še novejša razdelitev progresivno metamorfoziranih kamenin po Barrowi facijalni seriji se mineraloško prekrivata z ugotovljenim zaporedjem metamorfnih serij, njihove stratigrafije pa prav tako ne rešujeta.

Po Fritschu (1962) je npr. debelina metamorfnih plasti na Svinški planini z vsemi serijami od anhicone prek mezocone do katacone okrog 10 000 m. Pri tej debelini bi bilo možno, da segajo metamorfne plasti od devona-silura, dokazanega s fosili, navzdol do predkambrija. Odsotnost groboklastičnih sedimentov assynthske faze (Clar in dr., 1963, str. 25) in sedemkratna ponovitev marmorja z metabaziti v tem profilu pa naj bi govorili proti predkambrijski starosti in za tektonske ponovitve. Nekateri raziskovalci (Thiedig, 1966, str. 50) sicer sklepajo, da konglomerati niso nujni za assynthsko orogenezo in da jih lahko nadomešča šibka kotna diskordanca, ki je bila z metamorfozo zabrisana. Velika razprostranjenost serij, ki kažejo enak litološko-metamorfni razvoj in njihovo zaporedje pa bi govorila proti večkratni tektonski ponovitvi posameznih serij.

Domneve raznih avtorjev o tektonskih ponovitvah metamorfnih serij so medtem potrdili s fosili. Neugebauer (1970, str. 23-93) je v srednjem delu epicone v filitni coni na Svinški planini našel v belem marmorju, ki leži v talnini modrikasto sivega marmorja, fosil iz rodu *Spirifer*. Ta brahiopod nastopi v zgornjem llandoveryju, a je verjetno še mlajši. Ugotovljena starost se skoraj sklada z najstarejšo konodontno favno štalenskogorske serije, ki je bila določena kot zgornji llandovery-spodnji wenlock. S tem odpade možnost, da bi plasti med obema s fosili določenima horizontoma, debele 1000 do 2000 m, razlagali kot neprekinjeno sedimentno zaporedje in je tektonska ponovitev dokazana.

Enako stare plasti leže v metamorfoziranih terenih večkrat druga prek druge in so različno močno metamorfozirane. Verjetnost tektonskega mešanja je veliko večja na manjšem območju kot v velikem prostoru. torej pri velikih daljinskih transportih. Luskanje je bilo paralelno s-ploskvam in plastem, to je litološkim spremembam ter ploskvam (nivojem) enake stopnje metamorfoze. Ploskve premikanja, luskanja in narivanja je na terenu težko ugotoviti. Premikanja so bila predmetamorfna in sin-metamorfna. Kamenine so bile istočasno močno rekristalizirane.

Zaradi dokazanih velikih narivov pred metamorfozo in med njo skušajo danes določiti stratigrafsko zaporedje metamorfnih kamenin s pomočjo kemična izhodnega materiala, zlasti na podlagi glavnih prvin. Ker je bila metamorfoza izokemična, je ostal kemizem nespremenjen. Vsaka sedimentna in magmatska kamenina ima že v prvotnem geosinklinalnem območju določene kemične lastnosti. Posledica teh je možnost rasti in oblika kristalov, značilnih za metamorfozo, kot so granat, stavorlit, disten in kloritoid (Neugebauer in Kleinschmidt, 1971). Na ta način sklepajo, da so metamorfne kamenine centralnoalpskega kristalinika litološko in kemično podobne staropaleozojskim sedimentom srednje Evrope. Tako ustrezajo:

— najmanj metamorfozirane kamenine epiconalnega apnenega razvoja kristalinika sedimentom silura ali devona, verjetneje devona,

— apneni filiti z metakeratofirjem sedimentom in vulkanitom silura in zgornjega ordovica,

— metabazične vulkanske kamenine z metamorfnimi skrilavci nemetamorfoziranemu zgornjemu ordovicu.

Kamenine iz skupine blestnikov bi lahko pripadale pred metamorfozo srednjemu ordovicu, kakršen je razvit v zahodni Evropi.

Ustrezno možnostim pri nas pri kartiranju metamorfne kamenine primerjamo s kameninami na sosednjih območjih. Ugotavljamo, da razvoj metamorfnih kamenin v severovzhodni Sloveniji ustreza zaporedju progresivno metamorfoziranih kamenin na Svinski planini.

Povzetek

Zaporedje pohorskih kamenin kaže naslednje značilnosti:

1. Najgloblje leži muskovitno biotitni gnajs z očesnim gnajsom. Kamenine so prepredene s pegmatitnim gnajsom in ne vsebujejo mineralov, značilnih za določeno stopnjo metamorfoze.

2. Slede najmanj rekristalizirane drobnnozrnate kamenine, ki obsegajo protast distenov gnajs z velikim almandinom, marmor, amfibolit in pegmatitni gnajs. Pogosto imajo blastomilonitno strukturo. Značilni so agregati distena, ki predstavljajo psevdomorfozo po andaluzitu.

3. Na njih leži blestnik z eklogitom in amfibolitom. Biotitno muskovitni blestnik vsebuje veliko almandina, stavrolit in disten. Ta del profila vsebuje najbolj debelozrnat blestnik in gnajs. Stavrolit in disten, ki sta značilna minerala za razlikovanje dveh subfaciesov, nastopata skupaj. Eklogit v globljem delu je manj spremenjen kot v višjem.

4. Blestnik in gnajs s pegmatitnim gnajsom v krovnini eklogitnega horizonta sta diaforitizirana, razen ozkega pasu ob granodioritu, kjer nastopata andaluzitni blestnik in gnajs.

5. Sledi amfibolit s kloritom in epidotom, ki lateralno prehaja v drobnnozrnat biotitni gnajs. Biotit je povečini rdeče plehroičen, podobno kot v globljih nivojih. Amfibolit vsebuje tanke vložke marmorja, ob katerem je zelo pogosten pegmatitni gnajs, ki je više redek. V krovnini pa je granatov biotitno muskovitni blestnik s kloritoidom, distenom in stavrolitom.

Zanimivo je, da je na Kozjaku blestnik s kloritoidom zelo razvit, saj preseže njegova debelina 500 m, verjetno zaradi tektonskih ponovitev. Na njem leži biotitno muskovitni blestnik z granatom in stavrolitom, ki doseže tri cm; minerala se medsebojno nadomeščata. Biotit je zelen.

6. Del kamenin, navedenih pod točko 5, spada v prehodno cono med almandinovo amfibolitnim faciesom in faciesom zelenega skrilavca. V to prehodno cono štejem poleg tega fino zrnat kloritno muskovitni blestnik z redkim drobnim svetlo rdečim granatom, plagioklazom in značilnimi drobnimi kristali stavrolita ter najnižji del biotitno amfibolovega skrilavca. Za kristale tega območja je značilna fina interna struktura, nakazana z drobnimi vključki. V tem nivoju se prvič pojavi retrogradna metamorfoza.

7. Slede kamenine pravoga »zelenega skrilavca« z zelenim in rdečim biotitom, epidotom, modrikasto zeleno in brezbarvno rogovačo, Mg-kloritom in plagioklazom. Posebna kamenina tega horizonta je metadiabaz z uralitiziranimi kristali avgita.

8. V naslednjem odseku zaporedja so razviti filiti s sericitom-muskovitom, kalcitom, kloritom, epidotom, albitom, kremenom in zelenim biotitom. Značilne kamenine so metakeratofir, njegov tuf in marmor s tufsko in filitno primesjo.

V centralnoalpskem kristaliniku predpostavljajo starejši in mlajši avtorji tektonske ponovitve metamorfoziranih skladov ordovica, silura in devona. Na to sklepajo po legi marmorja pod štalensko-gorsko serijo. Marmor vsebuje brahiopodno vrsto, ki kaže na devon. Štalensko-gorska serija pa je starejša. Pri nas so ustrezni marmorni skladi slabo razviti in v njih doslej nismo našli fosilov. Sorazmerno velika debelina blestnika s kloritoidom na Kozjaku tudi kaže na tektonske ponovitve.

Zelo metamorfozirane kamenine, kjer ni pričakovati fosilnih ostankov, skušajo stratigrafsko uvrstiti po primerjavi njihove kemične sestave s kemično sestavo ustreznih nemetamorfoziranih sedimentov in magmatiskih kamenin.

The Metamorphic Rocks of Pohorje Mountains II

Ančka Hinterlechner-Ravnik

Abstract

In the columnar section of Pohorje metamorphic rocks given in the previous article (Hinterlechner-Ravnik, 1971), some green-schists were not determined precisely. They were described as phyllite with meta-keratophyre, its tuff, and biotite-amphibole schist. During the present studies, it was proved that with the increasing metamorphic grade, pennine and green biotite disappear, and relatively high birefringent chlorite and reddish-brown biotite develop. Epidote gets better crystallized. The feldspar in meta-keratophyre is partly preserved as microclinized orthoclase, or it is pseudomorphized by albite, which contains up to 3% of anorthite. Biotite-amphibole schist is interchanged by meta-dabase, characterized by uralitized augite crystals.

To the above mentioned rocks, including meta-dabase, corresponds west of Turčnik home, a fine-grained chlorite-muscovite schist with marble lenses, acid meta-tuff, and amphibolite. Reddish brown biotite, small pink garnet, and staurolite are characteristic minerals for this chlorite-muscovite schist. The staurolite crystals vary in their size from several tenths of a mm to 3 mm. In this level, a partial retrogressive metamorphism is already observed.

There was a gap left below the rocks with meta-dabase in the columnar section in the previously mentioned paper. Namely, in the Pohorje Mountains no corresponding layers were found. But in the Kobansko Moun-

tains, in the same horizon, a biotite-muscovite schist with porphyroblasts of red garnet and isometric staurolite crystals up to three cm in diameter were observed. Underlain to this follows the garnet-biotite-muscovite schist with chloritoid, chlorite, disthene, and staurolite. Its thickness being more than 500 m indicates the possibility of a tectonic repetition. The corresponding strata of the Pohorje Mountains do not show a characteristic development. They are underlain by amphibolite with chlorite and epidote, including marble intercalations associated closely with pegmatite gneiss. In the overlying metamorphic rocks pegmatite gneiss is getting rare.

According to the previous paper (Hinterlechner-Ravnik, 1971) the rocks including either staurolite or disthene could not be determined precisely. Therefore a transitional zone between both Barrow's facies was indicated. The present investigation, however, showed that the staurolite appears even higher in the columnar section. Also the granulation is not regularly increasing with the grade of metamorphism.

Diaphthorite-almandine-muscovite schist is underlain by muscovite schist intercalated with eclogite lenses, as it was proved again. Due to the thermic influence of granodiorite the diaphthorite-almandine-muscovite schist and gneiss have been recrystallized to andalusite-muscovite-biotite schist and gneiss.

The Pohorje rock sequence shows the following characteristics:

1. The deepest level is represented by muscovite-biotite gneiss and schist with locally developed augen gneiss. The rocks are penetrated by pegmatite gneiss and do not contain minerals showing a characteristic subfacies.

2. The less recrystallized fine-grained schists follow, consisting of almandine-disthene flaser gneiss, marble, amphibolite, and pegmatite gneiss. They show frequently blastomylonitic texture. Aggregates of disthene, which are pseudomorphous after andalusite, are typical in this level.

3. The above mentioned rocks are overlain by almandine-biotite-muscovite schist with eclogite and amphibolite. The schist contains usually staurolite and disthene. In this section prevails very coarse-grained schist. Eclogite in deeper levels is less retrogressively metamorphized as it is in the higher ones.

4. Schist and gneiss with pegmatite gneiss above the eclogite horizon was highly submitted to retrogressive metamorphism. In a narrow belt, close to the granodiorite and due to its thermic influence, diaphthorite almandine-muscovite schist and gneiss was turned to andalusite schist and gneiss.

All up to now mentioned rocks belong to almandine-amphibolite facies.

5. Amphibolite with chlorite and epidote follows, laterally grading over to fine-grained biotite gneiss. Amphibolite contains thin intercalations of marble, intimately associated with pegmatite gneiss. The last one is seldom found in higher levels. Above the amphibolite, garnet-biotite-muscovite schist with chloritoid, staurolite, and disthene occurs. Biotite is mainly reddish brown, similarly as it is in deeper levels. The chloritoid

schist in Kobansko Mountains is largely spread out, its thickness exceeding 500 m, probably due to tectonic repetition. It is overlain by characteristic thin beds of biotite-muscovite schist, including garnet and staurolite up to 3 cm in diameter. These porphyroblasts can replace each other. Biotite is green.

6. A part of rocks, mentioned in paragraph 5, belongs to the transitional zone between the almandine-amphibolite facies and the greenschist facies. This transitional zone contains additionally fine-grained chlorite-muscovite schist, including some pink garnet, plagioclase, and fine staurolite crystals. To the same metamorphic level belongs also the lowest part of biotite-amphibole schist. The crystals are characterized by a fine internal structure, indicated by lines of tiny opaque inclusions (st). Retrogressive mineral transitions occurred already in this level.

7. The rocks of the transitional zone grade over to rocks of real greenschist, with green and reddish brown biotite, epidote, bluish and colourless amphibole, Mg-chlorite, and plagioclase. The characteristic rock of this horizon is meta-diorite with unaltered augite crystals.

8. In the following horizon of the metamorphic rock sequence there are phyllites with sericite-muscovite, calcite, chlorite, epidote, albite, quartz, and green biotite. The characteristic rocks are meta-keratophyre, its tuff, and marble including meta-tuff and phyllite fragments.

Different authors suppose tectonic repetitions of Ordovician, Silurian, and Devonian rocks in the central metamorphic zone of the Eastern Alps. One of the latest conclusions, regarding the age of original beds of the present metamorphic rocks is derived from the position of the marble below the Magdalensberg series in Saualpe (Carinthia, Austria). This marble includes a brachiopod species, belonging to Devonian. But the Silurian Magdalensberg series is older. In our area, the corresponding marble layers are weakly developed and no fossils were found in them up to now. Comparatively large thickness of schist with chloritoid in Kobansko Mountains indicates also a tectonic repetition.

Literatura

Objavljena dela — Published works

Clar, E., Fritsch, W., Meixner, H., Pilger, A., Schönerberg, R. 1963, Die geologische Neuaufnahme des Saualpenkristallins (Kärnten), VI. Carinthia II. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, Jg., 73, str. 23—51, Klagenfurt.

Fritsch, W. 1957, Aufnahmebericht über die geologische Neukartierung des Gebietes des Sonntags- und Kraigerberges bei St. Veit a.d. Glan, Kärnten. Der Karinthian, F. 34/35, str. 211—217, Knappenberg/Kärnten.

Fritsch, W., Meixner, H., Pilger, A., Schönerberg, R. 1960, Die geologische Neuaufnahme des Saualpenkristallins (Kärnten), I. Carinthia II. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, Jg., 70, (150), str. 7—28, Klagenfurt.

Fritsch, W. 1962, Von der „Anchi“ — zur Katazone im kristallinen Grundgebirge Ostkärntens. Geologische Rundschau, Bd. 52, str. 202 do 210, Stuttgart.

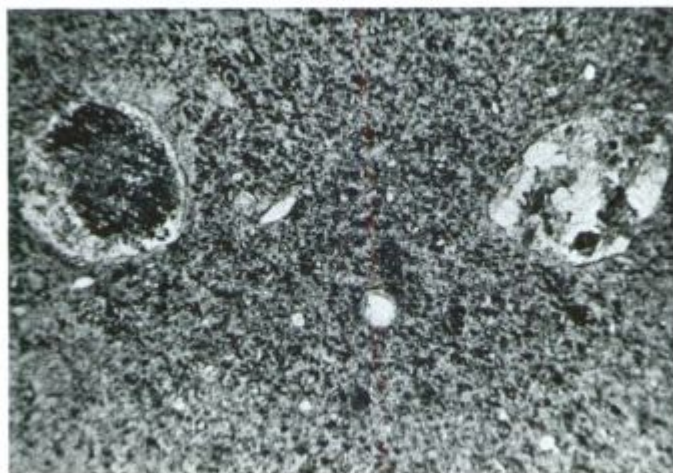
Fritsch, W., Meixner, H., Wieseneder, H. 1967, Zur quantitativen Klassifikation der kristallinen Schiefer. 2. Mitteilung. N.Jb. Miner., Mh., H. 12, str. 364—376, Stuttgart.

- Faninger, E., 1970, Pohorski tonalit in njegovi diferencijati. *Geologija* 13, str. 35—104, Ljubljana.
- Hinterlechner-Ravnik, A. 1971 Pohorske metamorfne kamnine. *Geologija* 14, str. 187—226, Ljubljana.
- Kieslinger, A., Beck, H., Teller, F., Winkler, A. 1928, Geologische Karte Unterdrauburg, Wien.
- Kleinschmidt, G. in Wurm, F. 1966, Die geologische Neuaufnahme des Saualpenkristallins (Kärnten), X. Paläozoikum und epizonale Serien (zwischen St. Andrä im Lavanttal und Griffen. *Carinthia* II, Jg. 78. (156), str. 108—140, Klagenfurt.
- Kleinschmidt, G. 1970, Metamorphose und Stratigraphie im Kristallin der südlichen Saualpe (Ostalpen). *Abh. Verh. naturwiss. Ver. Hamburg*, Hf. 14, str. 81—144 Hamburg.
- Kleinschmidt, G. 1971, Leithorizonte im Kärntner Kristallin, Bedeutung und Deutung. *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg*, Hf. 40, str. 131—150, Hamburg.
- Kröner, A. 1971, A preliminary account on the growth of kyanite under conditions of very low temperature and pressure. *N. Jb. Miner. Mh.*, Jg. 1971, H. 8, str. 370—378, Stuttgart.
- Neugebauer, J. 1970, Alt-paläozoische Schichtfolge, Deckenbau und Metamorphose-Ablauf im südwestlichen Saualpen-Kristallin (Ostalpen). *Ostalpen-Tektonik II. Geotektonische Forschungen*, H. 35, str. 23—93, Stuttgart.
- Neugebauer J. in Kleinschmidt, G. 1971, Ansatz zu einer echten Stratigraphie im metamorphen Altpaläozoikum der Ostalpen. *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, Jg. 1970, Bd. 122, str. 113—122, Hannover.
- Thiedig, F. 1966, Der südliche Rahmen des Saualpen-Kristallins in Kärnten. *Geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins*, Teil VII. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, Bd. 16, str. 5—70, Wien.
- Tröger, W. E. 1971, Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil I. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Weissenbach, N. 1963, Die geologische Neuaufnahme des Saualpenkristallins (Kärnten), V. *Carinthia* II. *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten*, Jg. 73. (153), str. 5—23, Klagenfurt.
- Weissenbach, N. 1965, Geologie und Petrographie der eklogitführenden hochkristallinen Serien im zentralen Teil der Saualpe, Kärnten. *Dissertation*, Clausthal.
- Winkler, H. G. F. 1967, Die Genese der metamorphen Gesteine. 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, London.
- Winkler, H. G. F. 1970, Abolition of Metamorphic Facies. Introduction of the four Divisions of Metamorphic Stage, and of a Classification based on Isograds in Common Rocks. *N. Jb. Miner. Mh.*, H. 5, str. 189—248, Stuttgart.
- Wurm, F. 1968, Petrographie, Metamorphose und Tektonik der Glimmerschiefergruppe in der südöstlichen Saualpe in Kärnten. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.* Bd. 18, str. 151—206, Wien.
- Zwart, H. J. 1963, On the determination of polymetamorphic mineral associations, and its application on the Bosost area (central Pyrenees). *Geol. Rund.*, 52/1, str. 38—65, Stuttgart.

Neobjavljena poročila — Unpublished reports

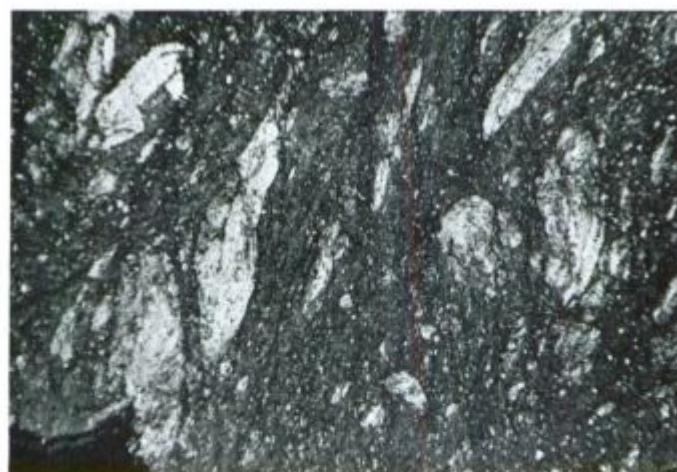
- Dozet, S. 1969, Končno poročilo o izdelavi osnovne geološke karte SFRJ list Slovenj Gradec 1:25 000 v letu 1968. *Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani*.
- Mioč, P. 1971, Zaključno poročilo o izdelavi osnovne geološke karte SFRJ list Slovenj Gradec sekcije 52-25/1, 3 in 54-25/2. *Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani*.
- Mioč, P. 1972, Zaključno poročilo o izdelavi osnovne geološke karte na območju lista Slovenj Gradec v letu 1971. *Sekcije 51 25/1, 2 in 52-25/1, 2. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani*.
- Premru, U. in Marincič, S. 1971 Tektonska zgradba južnovzhodne Slovenije in severozahodne Hrvaške. *Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani*.

Tabla — Plate 1



Sl. 1. Modrikasto siv drobnnozrnat marmor. Vsebuje drobne tufske fragmente in plagioklaze, impregnirane z neprosojno snovjo. Redki večji lapili kisle sestave iz plagioklaza in kremenca so zaobljeni. Zelo malo je muskovita in zoisita. Vzorec 31923/24288, ca 5 ×, nikola +, Kozjak.

Fig. 1. Bluish grey fine-grained marble, including small tuff fragments, plagioclase, sparse muscovite, and zoisite. Tuff fragments are impregnated by opaque material, some larger ones of acid composition are rounded. Specimen 31923/24288, ca 5 ×, nicols +, Kozjak Mts.



Sl. 2. Modrikasto siv drobnnozrnat marmor z značilnimi filitnimi drobci. Vsebuje tudi precej drobnih zrn kremenca, plagioklaza, muskovita in fine neprosojne snovi. Vzorec 61/23471, ca 5 ×, nikola //, Pohorje, južno od Vuhreda.

Fig. 2. Bluish grey fine-grained marble, including the characteristic phyllite fragments. Besides this, it contains small grains of quartz, plagioclase, and muscovite. The matrix is impregnated by fine opaque material. Specimen 61/23471, ca 5 ×, nicols //, Pohorje Mts., S of Wuhred.



Sl. 1. Zilica laumontita, penina in siderita v finozrnatem biotitnem filitnem gnajsu.

Vzorec 31689/2/24637, 35 ×, nikola //, Kozjak.

Fig. 1. A veinlet filled by laumontite, pennine, and siderite, crossing a fine-grained biotite phyllite gneiss.

Specimen 31689/2 24637, 35 ×, nicols //, Kozjak Mts.



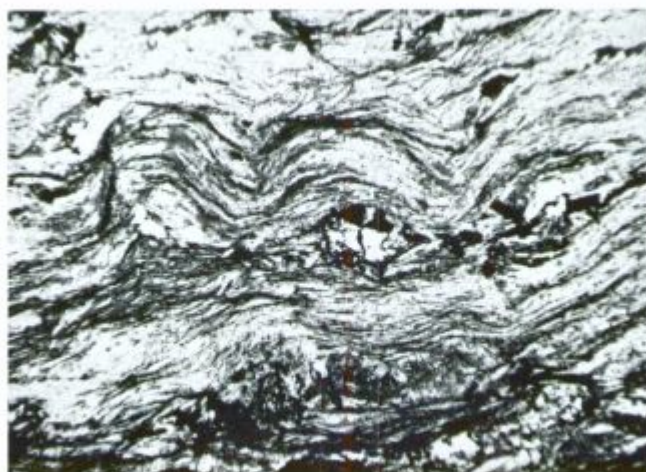
Sl. 2. Temno sivkasto zelen drobnnozrnat biotitno muskovitni blestnik s stavrolitom in kloritom. Veliko lusk muskovita meri le okrog 0,15 mm.

Vzorec 234A 25417., 31 ×, nikola //, Pohorje, zahodno od Turičnika.

Fig. 2. Dark greyish green, fine-grained biotite-muscovite schist with staurolite and chlorite. Muscovite size is mainly about 0.15 mm.

Specimen 234A 25417, 31 ×, nicols //, Pohorje Mts., W of Turičnik home.

Tabla — Plate 3



Sl. 1. Siv finozrnat gnajs nabran v gube. Muskovit je združen v lečaste agregate. V vzbočenih delih opazujemo oligoklaz in kloritiziran granat. Oligoklaz vsebuje neprosojne vključke.

Vzorec 229 X2/25224, 31 ×, nikola //, Pohorje, zahodno od Turičnika.

Fig. 1. Grey, fine-grained microfolded gneiss. Muscovite is segregated in lenses. In the crests of microfolds is growing a small chloritized garnet and oligoclase with lines of opaque inclusions.

Specimen 229 X2/25224, 31 ×, nicols //, Pohorje Mts., W of Turičnik home.

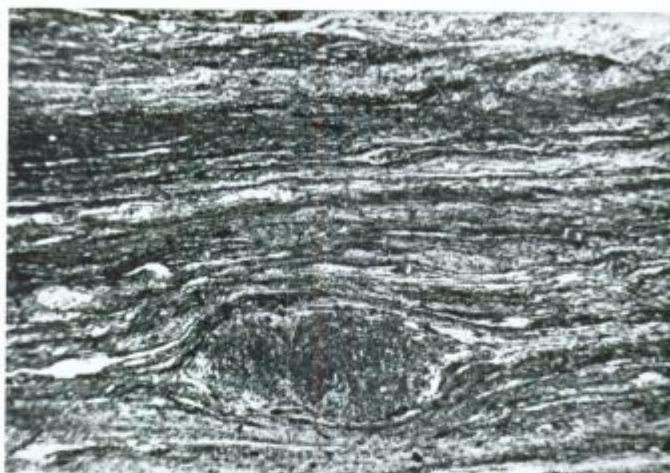


Sl. 2. Sivkasto zelen lističast kloritno muskovitni blestnik. Drobní agregati kloritiziranega granata. Večina lusk muskovita meri pod 0,2 mm.

Vzorec 377/4/25284, 31 ×, nikola //, Pohorje, zahodno od Turičnika.

Fig. 2. Greyish green flaky chlorite-muscovite schist with small aggregates of chloritized garnet. Muscovite size is usually less than 0.2 mm.

Specimen 377/4/25284, 31 ×, nicols //, Pohorje Mts., W of Turičnik home.



Sl. 1. Temno siv laminiran finožrnat sericitno kloritni skrilavec s kloritiziranimi in zoisitiziranimi granati, velikimi po nekaj mm.

Vzorec 383 25287, ca 10 ×, nikola //, Pohorje, zahodno od Turičnika.

Fig. 1. Dark grey banded fine-grained sericite-chlorite schist with chloritized and zoisitized garnets. Their size is about some mm. Specimen 383 25287, ca 10 ×, nicols //, Pohorje Mts., W of Turičnik home.

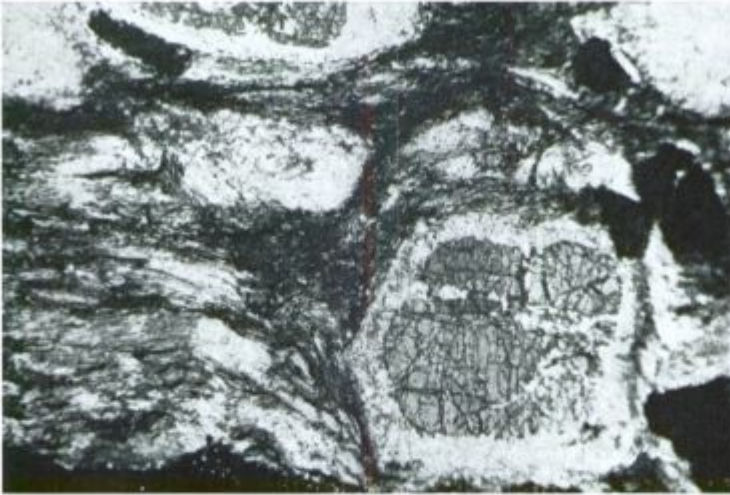


Sl. 2. Sivkast finožrnat muskovitni blešnik s porfiroblasti granata. V sericitnem agregatu izkristaliziral kloritoid. Vzorec 565/25554, 45 ×, nikola +, Pohorje, W od Turičnika.

Fig. 2. Grey fine-grained muscovite schist with garnet porphyroblasts. Chloritoid grows in a sericite matrix.

Specimen 565/25554, 45 ×, nicols +, Pohorje Mts., W of Turičnik home.

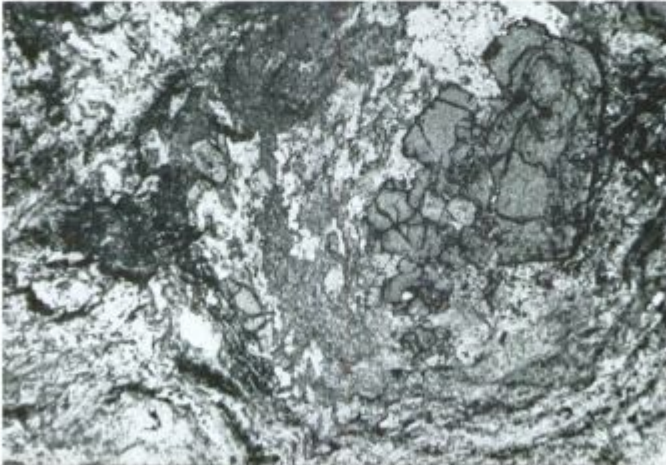
Tabla — Plate 5



Sl. 1. Biotitno muskovitni blestnik s porfiroblasti stavrolita in granata, ki se medsebojno nadomeščata. Biotit je zeleno in rdečkasto pleohroičen. Okrog stavrolita, velikega 1 cm, je obrobek sericita. Vidna terminalna ploskev stavrolita. Vzorec 25365/25008, ca 4 ×, nikola //, Kozjak.

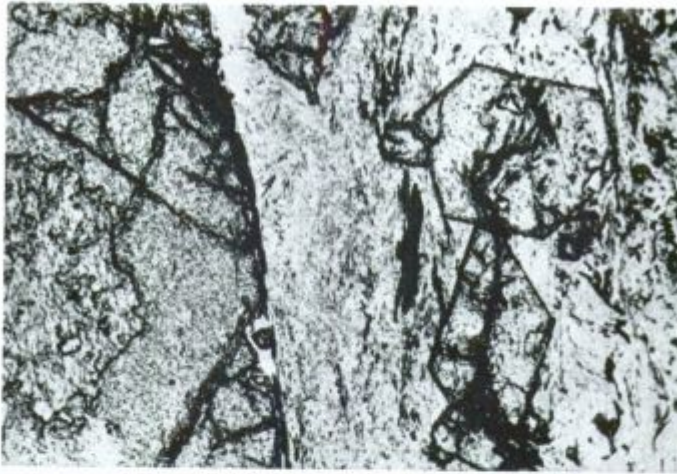
Fig. 1. Biotite-muscovite schist with staurolite and garnet which can replace each other. Biotite is green and red. Idiomorphic staurolite, 1 cm in diameter, is growing in a sericite matrix.

Specimen 25365/25008, ca 4 ×, nicols //, Kozjak Mts.



Sl. 2. Zelenkast kloritno muskovitni blestnik s porfiroblasti granata, velikega 1 cm. Nastopata tudi kloritoid in stavrolit. Kristali kažejo znake rasti v več fazah. Vzorec 25282/24680, 20 ×, nikola //, Kozjak.

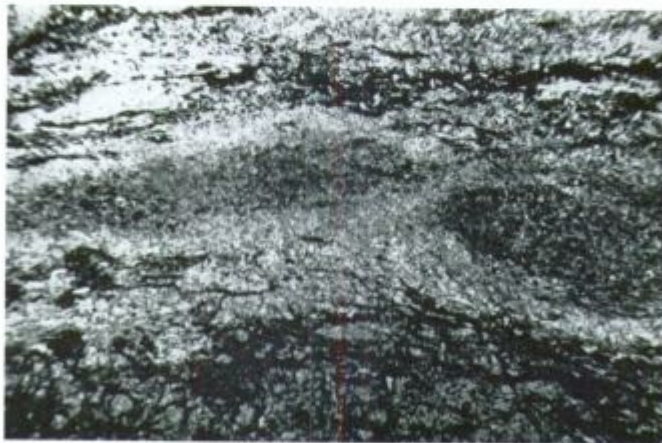
Fig. 2. Greenish chlorite-muscovite schist with garnets, up to 1 cm in diameter. There are also crystals of chloritoid and staurolite, showing different phases of growth. Specimen 25282/24680, 20 ×, nicols //, Kozjak Mts.



Sl. 1. Zelenkast kloritno muskovitni blestnik s porfiroblasti granata, velikega 1 cm. V granatu vključek kloritoida. Iz sericitnega agregata raste potektonski stavrolit z vključki grafita, ki nakazujejo prvotno plastovitost. Vzorec 25282/24680, 41 $\times$, nikola //, Kozjak.

Fig. 1. Greenish chlorite-muscovite schist with garnet porphyroblasts enclosing a chloritoid crystal. The posttectonic staurolite, growing in a sericite matrix, encloses deformed lines of graphite inclusions (si) following the original bedding.

Specimen 25282/24680, 41 $\times$, nicols //, Kozjak Mts.



Sl. 2. Temno siv diafthoritni almandinovo muskovitni blestnik. Na spodnjem robu slike je razpotegnjen kloritizirani granat (visok relief). V sredini slike razpotegnjena gosta sericitna agregata retrogradno spremenjenega minerala (distena, andaluzita ali stavrolita).

Vzorec 314/25255, 20 $\times$, nikola //, Pohorje.

Fig. 2. Dark grey diaphthorite almandine-muscovite schist. In the lower part a distorted highly chloritized red garnet. In the center of the figure is a distorted sericite aggregate, representing a retrogressively metamorphosed mineral, possibly disthene, andalusite or staurolite.

Specimen 314/25255, 20 $\times$, nicols //, Pohorje Mts.