

Geol. vjesnik	Vol. 42	str. 79—92	Zagreb 1989.
---------------	---------	------------	--------------

UDK 553.541 : 551.736

Izvorni znanstveni članak

Zonalnost hercinskog metamorfnog kompleksa Krndija u Slavoniji (Sjev. Hrvatska, Jugoslavija)

Jakob PAMIĆ

Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, YU — 41000 Zagreb

Ključne riječi: Panonski bazen, Slavonske planine, Krndija, Hercinski progresivno metamorfni kompleks, Zonalnost, Metamorfne zone

Key words: Pannonian basin, Slavonian Mts., Krndija Mt., Hercynian progressive metamorphic complex, Zonality, Metamorphic zones

U radu se prikazuju rezultati petrološke obrade hercinskog progresivno metamorfoziranog kompleksa Krndije, koji dosad nije bio detaljnije petrološki izučavan. On je izgrađen od paragnejsova i tinčevih škriljavaca s proslojcima amfibolitnih škriljavaca i mramora i manjim tijelima I-granita. Kompleks je nastao u PT-uvjetima niskog i umjerenog metamorfizma, a u njem se mogu razdvojiti i kartirati slijedeće zone: (1) klinocoizit-kloritna, (2) granat-biotitna, (3) granat-staurolitna i (4) disten-muskovitna. Položaj kloritoidne zone, koja leži iznad kloritne, nije potpuno jasan.

In the paper are presented petrological data on the Hercynian progressive metamorphic complex of Krndija Mt. which to date has not been studied in detail. complex consists mostly of paragneiss and mica schist interlayered with amphibolite and marble and invaded by I-granite. Several metamorphic zones can be separated and mapped within the progressive metamorphic complex which originated under PT-conditions of low-grade and medium-grade metamorphism: (1) clinozoisite-chlorite, (2) garnet-biotite, (3) garnet-stauroilite, and (4) kyanite-muscovite. The zones display a regular pattern in the spatial distribution. The position of the highest chloritoid zone is obscure.

UVOD

Raffaelli (1964) je prvi ustanovio u slavonskim planinama, i to u jugozapadnim dijelovima Papuka na Ravnoj gori, prisustvo progresivno metamorfoziranog sekvencije u kojoj se postupno, s povećanjem metamorfnog stupnja, izražava slijedeća zonalnost: klorit—biotit—granat—staurolit—silimanit. Najjače metamorfozirani dijelovi te sekvencije se migmatiziraju i postupno prelaze u granitno-migmatitni kompleks, kojeg je detaljno opisao Vragović (1965).

Mada su se metamorfni kompleksi slavonskih planina nastavili intenzivno geološki proučavati, naročito kroz izradu Osnovne geološke karte, ipak se poslije spomenutog Raffaellijevo rada malo šta učinilo u smislu daljnjeg prostornog definiranja zonalnosti progresivno metamorfozirane sekvencije slavonskih planina. Ova je problematika u najnovije vrijeme

još više usložnjena, kada je u toj progresivno metamorfoziranoj sekvenciji, pored već ranije poznatih distena i silimanita (Kišpatić, 1910), utvrđeno i prisustvo andaluzita (Pamić, 1987 i Pamić et al., 1988).

Autor je u posljednje vrijeme snimio i sistematski uzorkovao nekoliko dobrootvorenih profila na Krndiji i sakupio oko 500 uzoraka metamorfnih stijena koje je petrološki obradio. Cilj je ovog rada da se prikažu rezultati petrološke obrade hercinske progresivno metamorfne sekvencije Krndije, koja je nastala u širokom rasponu PT-uvjeta od niskog do umjerenog metamorfizma, odnosno od grnšistnog do amfibolitnog facijesa (Winkler, 1974). U njoj se, s povećanjem metamorfnog stupnja, mogu izdvojiti slijedeće metamorfne zone: (1) klinocoizit-kloritna, (2) granat-biotitna, (3) granat-staurolitna i (4) disten-muskovitna. Nejasan je položaj zone s kloritoidom, no vrlo je vjerojatno da ona predstavlja najniže metamorfozirani član hercinske progresivno metamorfozirane sekvencije.

Literaturni podaci

Wodiczka (1855) prvi spominje na Krndiji prisustvo »diorita i dioritskog škrilja«. Kasnije Gorjanović-Kramberger (1897) negira prisustvo tih stijena i na Krndiji identificira granite i gnajsove, koji su, po njemu, arhajske starosti.

Kišpatić (1910, 1910a, i 1916) je izučavao petrološki magmatske i metamorfne stijene Krndije; određivanjem kritičnih metamorfnih minerala: granata, staurolita, distena i silimanita, udario je temelje moderne metamorfne petrologije slavonskih planina.

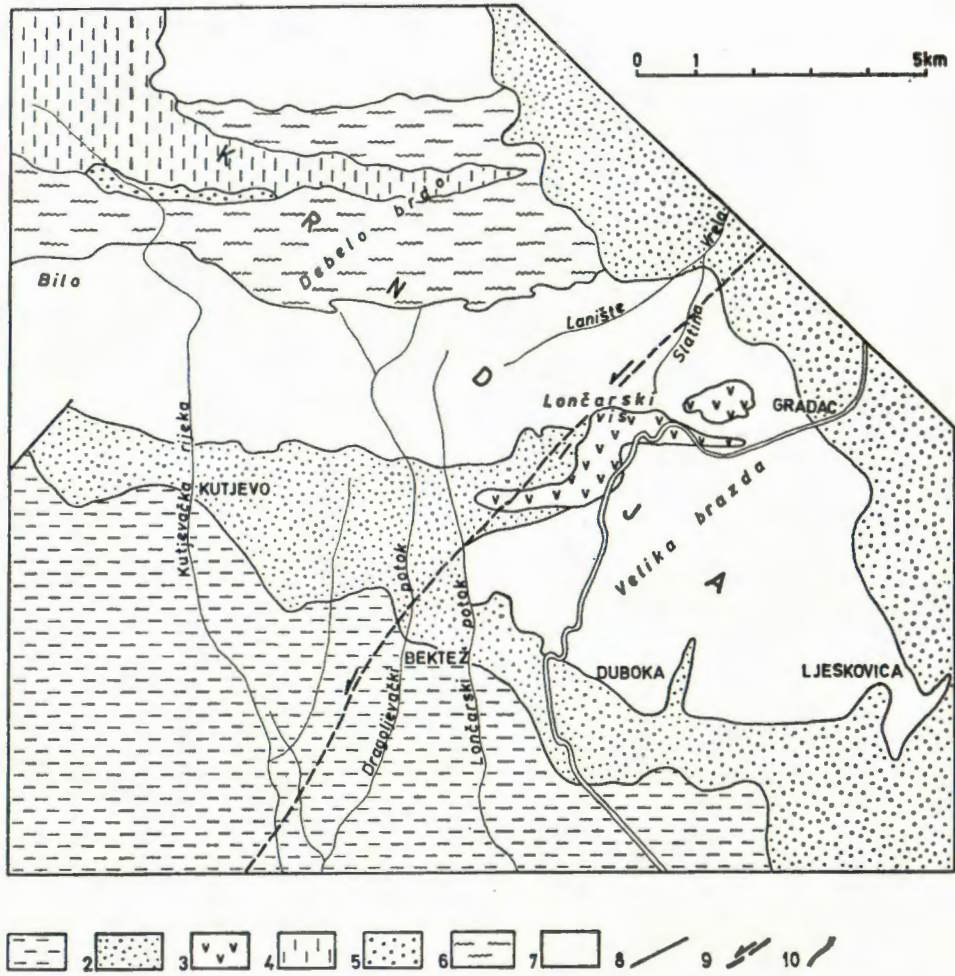
Jamičić (1983 i 1988) je iznio najviše podataka o metamorfnim stijenama Krndije. On progresivno-metamorfnu sekvenciju izdvaja kao kutjevačku seriju, odnosno psunjski kompleks, za kojeg pretpostavlja, na osnovi rezultata strukturološke obrade, da je metamorfoziran u PT-uvjetima grnšistnog i epidot-amfibolitnog facijesa za vrijeme bajkalske orogeneze. On ne daje nikakvu zoneografiju u rasporedu kritičnih minerala, no na geološkom stupu i na geološkoj karti unutar psunjskog metamorfnog kompleksa on izdvaja u donjim dijelovima staurolit-distenske gnajsove debljine oko 1.200 m preko kojih naliježu klorit-sericitni škriljavci s prosloncima grafitnih škriljavaca.

OSNOVNI GEOLOŠKI PODACI

Kao što se vidi iz priložene geološke karte (slika 1), područje je Krndije izgrađeno od kvartarnih i neogenskih sedimenata Panonskog bazena, permjskih i trijaskih sedimenata, niskometamorfnih stijena, odnosno radlovačkog kompleksa i stijena progresivno metamorfozirane sekvencije, odnosno psunjskog metamorfnog kompleksa (Jamičić, 1983 i 1988).

Stijene progresivno metamorfozirane sekvencije imaju na Krndiji najveće rasprostiranje i one se odavde nastavljaju na zapad preko južnih padina Papuka sve do Psunja kojeg najvećim dijelom i izgrađuju. Progresivno-metamorfozirana sekvencija je intenzivno borana i karakterizira se izoklinim borama (Jamičić, 1988).

Detaljno i sistematsko profiliranje i uzorkovanje izvršeno je na Krndiji na slijedećim profilima:



Sl. 1. Shematizirana geološka karta Krndije po podacima Jamičića (1988)

Fig. 1. Schematized geological map of Krndija Mt., Based on Jamičić's (1988) data

1 kvartar (Quaternary) 2 neogen (Neogene) 3 terciarni vulkaniti (Tertiary volcanic rocks) 4 pretežno trijaski sedimenti (mostly Triassic sediments) 5 semimetamorfni kompleks (weakly metamorphosed complex) 6 stijene niskog stupnja metamorfizma (low-grade metamorphic rocks) 7 stijene umjerenog stupnja metamorfizma (medium-grade metamorphic rocks) 8 granica (contact line) 9 horizontalni rasjed (transcurrent fault) 10 asfaltna cesta Sl. Požega—Našice (road Sl. Požega—Našice)

(1) U dolini Kutjevačke rijeke, od izlaska iz sela Kutjeva sve do njenog izvorišnog toka. Ovo je najkompletnije snimljeni profil dužine oko 5,5 km kojim su obuhvaćene stijene i graničnog i amfibolitnog facijesa progresivno metamorfozirane sekvencije, kao i stijene semimetamorfne (radlovačkog) kompleksa. Ukupna realna debljina metamorfita na snimljenom stupu iznosi oko 2.000 m.

(2) U dolini Dragaljevačkog potoka, u njegovim gornjim tokovima sve do ispod Debelog brda. Profilom su obuhvaćene samo stijene amfibolitnog facijesa na dužini od oko 1.500 m, a realna debljina snimljenog stupa iznosi maksimalno 700 m.

(3) Asfaltnom cestom preko Krndije, od raskršća za Duboku sve do ispod Lončarskog visa, a završen je na sjeveroistočnim padinama Krndije u izvorišnom kraku potoka Vrela (Slatina). Ovaj je profil uzorkovan na dužini od oko 5 km, a obuhvatio je samo stijene amfibolitnog facijesa progresivno metamorfne sekvencije; realna debljina tih metamorfita iznosi oko 1.500 do 1.700 m.

Prva dva profila smještena su između dva mlada lijeva transkurentna rasjeda, i to našičkog, koji se proteže dolinom Slatine i preko Lončarskog visa i iznad Bekteža presijeca Dragaljevački potok (slika 1), i zapadnijeg orahovičkog, koji se pruža izvan područja prikazanog kartom (Jamičić, 1988). Povećanje stupnja metamorfizma na ova dva profila unutar orahovičko-našičkog bloka jasno je izraženo u smjeru juga. Snimljeni profil asfaltnom cestom preko Krndije nalazi se istočno od našičkog transkurentnog rasjeda i na njemu je progresivni metamorfizam jasno izražen u smjeru sjevera. Budući da je i na susjednom Papuku progresivni metamorfizam također jasno izražen u smjeru sjevera (Raffaelli, 1964), to je onda vrlo vjerojatno da je hercinski progresivno metamorfni kompleks unutar orahovičko-našičkog bloka na Krndiji znatnije rotiran pa su folijacije dovedene u inverzni položaj, a time i sam progresivni metamorfizam, odnosno zonalna sukcesija.

Starost metamornih stijena Krndije nije dosad sistematski izučavana. Ne ulazeći u pretpostavljena i ni sa čime dokumentirana mišljenja ranijih istraživača (Gorjanović-Kramberger, 1897; Koch, 1919 i Poljak, 1952) o arhajskoj starosti visokometamornih stijena Krndije, napomenimo da je Jamičić (1988) uvrstio semimetamorfni (radlovački) kompleks, na osnovi ranijih palinoloških odredbi (Brikić et al., 1974), u hercinski ciklus, a progresivno-metamorfni, odnosno psunjski kompleks, na osnovi strukturološke obrade, u bajkalski orogenetski ciklus.

Nedavno izvršena radiometrijska određivanja kristalinih stijena slavonskih planina indiciraju hercinsku starost metamornih i pratećih granitnih stijena progresivno metamorfoziranog, odnosno psunjskog kompleksa (Pamić et al., 1988a). K-Ar određivanja na monomineralnim koncentratima rogovače iz dva amfibolita škriljavca iz okolice Duboke dala su izotopnu starost od $376,4 \pm 11,5$ i $366,8 \pm 11$ milijuna godina, što odgovara gornjem devonu, a na biotitu iz granita Kišeljevca (susjedni dijelovi Papuka) $321,5 \pm 8$ milijuna godina, što odgovara donjem karbonu. Rb-Sr određivanja uzoraka amfibolita iz progresivno metamornog kompleksa s više lokaliteta na Psunju i Papuku i s dva lokaliteta s Krndije (okolica Duboke — isti oni na kojima je određena gorenavedena

gornjodevonska starost) dala su Sr-izohronu, doduše ne baš idealno definiranu, koja indicira njihovu hercinsku starost.

S ovim se podacima ne slaže K-Ar starost dobivena na hornblendi iz amfibolitnog škrljavca Dragaljevačkog potoka koja je znatno viša i iznosi $601,4 \pm 18$ milijuna godina.

Dakle, većina raspoloživih izotopnih podataka za kristaline stijene progresivno metamorfnog kompleksa govori da su se metamorfizam i praćeci granitni magmatizam odigrali za vrijeme hercinskog orogenetskog ciklusa. Navedena veća starost amfibolita iz Dragaljevačkog potoka mogla bi indicirati starost protolita, odnosno ishodišnog magmatsko-sedimentnog kompleksa.

METAMORFNE ZONE KRNDIJE

Rezultati petrološke obrade metamorfnih stijena koje su uzorkovane sistematski na profilima u Kutjevačkoj rijeci, Dragaljevačkom potoku i duž asfaltna ceste Slav. Požega—Našice, preko Krndije, prikazani su na lokalnim petrološkim stupovima (slika 2). Mada su ta tri stupa različitih debljina, što je uvjetovano različitim stupnjem otkrivenosti, odnosno dostupnosti uzorkovanju, oni, uzevši u cjelini, i pored jakih i dosta neravnomjerno izraženih retrogradnih promjena, pokazuju da hercinski metamorfni kompleks ima jasan zonalan raspored metamorfnih mineralnih paragneza od kojih se neke mogu međusobno vrlo dobro korelirati po pružanju na dužini od 15—20 km.

Kloritoidna zona

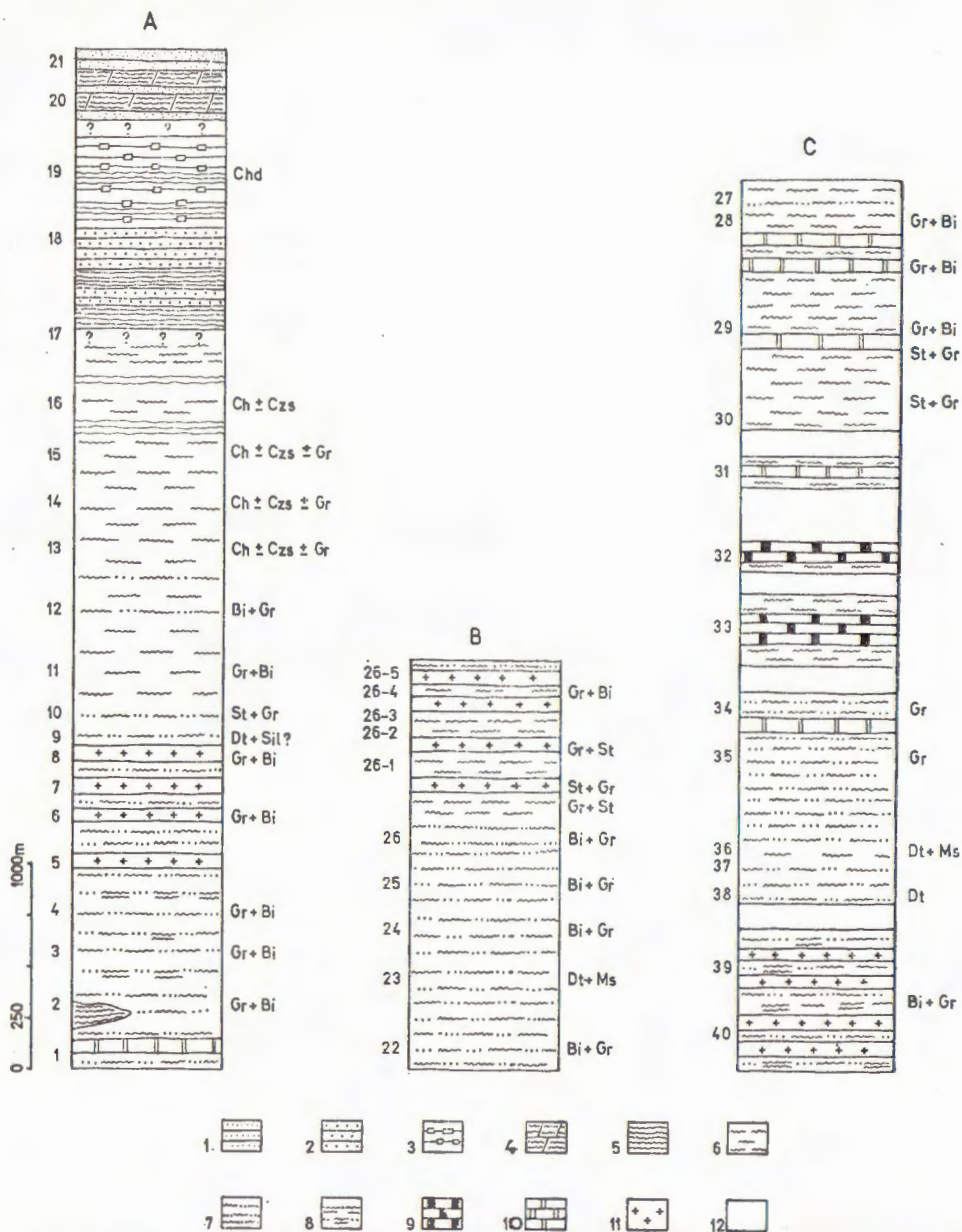
Stijene kloritoidne zone uzorkovane su jedino na profilu duž Kutjevačke rijeke, u njezinom izvorišnom dijelu (stup A, slika 2). Tu se ističu tri paketa približno podjednake debljine:

(1) U dnu dolaze sitnozrni kvarcitični škrljavci, sa sasvim podređenim muskovitom, kloritom i albitom, koji se izmjenjuju s filitima. Radi se, u stvari, o finim milimetarskim alternacijama, mjestimice s postupnim prijelazima.

(2) Središnji paket je izgrađen od kloritoidnih škrljavaca s promjeljivom količinom bijelog tinjca (muskovita?) i kvarca u mezostazisu, i kloritoidnog porfiroblasta čija količina doseže i preko 30%. Oni se izmjenjuju s podređenim grafitnim škrljavcima i filitima.

(3) Najviši je paket izgrađen od slejtova koji alterniraju s masivnim i škrljavim metapješčenjacima; radi se o tipičnom litofacijsu semimetaformnog (radlovačkog) kompleksa.

Veliko je pitanje da li sva tri navedena paketa pripadaju kloritoidnoj zoni, odnosno semimetaformnom (radlovačkom) kompleksu? Naime, s ovim je pitanjem tijesno povezan i problem međusobnog odnosa slejtno-pješčenjačkog (radlovačkog) kompleksa i najslabije metamorfoziranih dijelova progresivno metamorfnog (psunjskog) kompleksa. Jamičić (1983 i 1988) taj odnos, u pravilu, rješava tektonikom; u konkretnom slučaju Krndije je, po njemu, progresivno-metamorfni kompleks navučen na radlovački u kojeg on uvrštava sva tri spomenuta paketa kloritoidne



Sl. 2. Lokalni petrološki stupovi: A Kutjevačka rijeka, B Dragaljevački potok i C asfaltna cesta Sl. Požega—Našice

Fig. 2. Columnar diagrammatic sections: A Kutjevo Creek, B Dragaljevac Creek and C road Sl. Požega—Našice

1 metapješčenjak (metasandstone) 2 kvarcitični škriljavac (quartzitic schist) 3 kloritoidni škriljavac (chloritoid schist) 4 slejt (slate) 5 filit (phyllite) 6 tinjčev škriljavac (mica schist) 7 gnajs (gneiss) 8 filonitizirani gnajs (phyllonitized gneiss) 9 mramor (marble) 10 amfiboliti škriljavac (amphibolite) 11 granitoidne stijene (granitoid rocks) 12 pokriveno (covered)

Bi biotit (biotite) Ch klorit (chlorite) Chd kloritoid (chloritoid) Dt disten (kyanite)
Gr granat (garnet) Ms muskovit (muscovite) St staurolit (staurolite)

zone. S druge strane, prema ranijim shvaćanjima (Tajder, 1957 i 1969 i Raffaelli, 1964), stijene su radlovačkog kompleksa predstavljale protolit iz kojeg je, za vrijeme hercinske orogeneze, nastala progresivno-metamorfna sekvencija. Navodeći ova dva oprečna mišljenja, treba objektivno istaći da taj, inače vrlo važan geološko-petrogenetski problem dosad nije detaljnije izučavan.

Mada na rekonstruiranoj cesti u Kutjevačkoj rijeci nemamo kontinuirano otvorene izdanke, oni ipak omogućavaju da se navedeni problematični odnosi mogu bar djelomice rješavati. Izravan kontakt filit-kvarcitičnog paketa kloritoidne zone i podinskih filita i muskovit-kvarcnih škriljavaca (klinocoizit-kloritne zone nije otkriven. Po terenskim odnosima, odnosno po međusobnoj konkordančnosti u padovima folijacije, kao i po rezultatima petrološke obrade, dobiva se utisak da se radi o postupnom prijelazu iz jedne u drugu zonu (točka 17, stup A, slika 2). Iz istih razloga se praktički nameće također i zaključak o postupnosti promjena između filit-kvarcitičnog paketa i narednog paketa kloritoidnih škriljavaca s proslojcima grafitnih filita (točka 18, stup A, slika 2). No na izdanku se može jasno promatrati tektonski (vjerojatno navlačni) kontakt između paketa kloritoidnih škriljavaca i narednog slejtno-metapješčenjačkog paketa (točke 19 i 20, stup A, slika 2).

Dakle, izdvojena kloritoidna zona ima izvanredan značaj za rješavanje međusobnog odnosa najnižih dijelova progresivno metamorfoziranog i semimetamornog (radlovačkog) kompleksa. Dobiveni podaci ove obrade ukazuju na mogućnost da bi paket kloritoidnih škriljavaca, uključujući i podinske filit-kvarcitične škriljavce, mogao predstavljati genetski najviše dijelove progresivno metamorfoziranog kompleksa, što bi trebalo potvrditi detaljnom petrološkom obradom kontaktnih područja semimetamornog (radlovačkog) i progresivno metamornog (psunjskog) kompleksa na nekoliko lokaliteta na susjednom Papuku i Psunju.

Klinocoizit-kloritna zona

Ova je zona izgrađena pretežno od tinjčevih škriljavaca s kojima se podređeno proslojavaju, u višim dijelovima, filiti i zeleni škriljavci, a u nižim paragnajsovi. Dominantni tinjčevi škriljavci pokazuju jasne postupne rekristalizacione promjene s povećanjem dubine, kao i povećane deformacione efekte koji se manifestiraju u intenzivnoj boranosti; to su milimetarske ili submilimetarske bore s vrlo čestim pojavama klivaža aksijalne površine duž kojeg se vrši i transpozicija škriljavosti. No i pored toga, u tinjčevim škriljancima se dosta često zapažaju reliktno-blastosamitske strukture. Inače, tinjčevi škriljavci imaju lepidogranoblastičnu strukturu s veličinom zrna oko 0,1 do 0,2 mm, rijetko do 0,5 mm, a rjeđe i porfiroblastičnu s porfiroblastima veličine do 2 mm. Imaju paralelnu teksturu koja se manifestira u izdvajanju leća i vrpci različitog mineralnog i modalnog sastava.

Mineralna parageneza uključuje kvarc, muskovit, klorit, klinocoizit i granat kao bitne sastojke. Kvarc i muskovit su, u pravilu, najčešći, i to tako da obično kvarc preteže nad muskovitom. Klorit, klinocoizit i granat, mada podređeniji, karakteristični su sastojci ove metamorfne zone. Njihova se količina postupno povećava s dubinom; najprije istovremeno

ulaze klorit i klinocoizit (točka 16, stup A, slika 2), a zatim se pridružuje i granat (točka 15, stup A). Nekad ih nalazimo i sva tri zajedno (sve do točke 13, stup A), gdje im se počinje postupno smanjivati količina.

I klorit i klinocoizit su nastali rekristalizacijom minerala iz matriksa primarnih pješčenjaka. Granat se javlja češće kao sitni sinkinematski kristal, a rjeđe kao postkinematski porfiroblast s uklopcima kvarca.

U rijetkim proslojcima paragnajsova iz dubljih dijelova zone također nalazimo, pored dominantnog kvarca, albita i muskovita, još klinocoizit, klorit i granat kao sporedne sastojke.

Tinjčevi škrljavci i gnajsovi klinocoizit-kloritne zone sadrže povećanu količinu akcesornih sastojaka; među njima se ističu naročito opakli (metalni) minerali, koji nisu detaljnije određivani. Podređeno dolaze još apatit, cirkon i turmalin.

Granat-biotitna zona

Stijene granat-biotitne zone slijede u stupu Kutjevačke rijeke ispod klinocoizit-kloritne zone (točke 11 i 12, stup A, slika 2), a one dolaze i u najvišim dijelovima lokalnih stupova snimljenih u Dragaljevačkom potoku i duž asfaltne ceste preko Krndije (točke 26-4 i 5, stup B, 27 i 28, stup C, slika 2). Granat-biotitna zona se karakterizira izmjenjivanjem tinjčevih škrljavaca i paragnajsova u kojima leže, u istočnim dijelovima Krndije, česti dekametarski paketi amfibolitnih škrljavaca; tu pripadaju djelomice amfiboliti iz kamenoloma pored asfaltne ceste na Krndiji.

Tinjčevi škrljavci biotitne zone Kutjevačke rijeke ne razlikuju se mnogo u strukturno-teksturnom pogledu od krovinskih škrljavaca klinocoizit-kloritne zone. I ovdje su to pretežno sitnozrno lepidogranoblastične, rjeđe porfiroblastične stijene izrazito paralelne, modalno i kompoziciono lećasto-vrpčaste teksture, često milimetarski borane i klivažirane s transpozicijama škrljavosti. Ovakvi deformacioni efekti manje su izraženi u tinjčevim škrljavcima Dragaljevačkog potoka i duž asfaltne ceste preko Krndije.

U tinjčevim škrljavcima ove zone, pored dominantnog kvarca, dolazi još biotit, koji je često umjereno do znatno muskovitiziran. Granat se obično javlja kao sporedan sastojak u sitnim sinkinematskim zrnima i kao postkinematski porfiroblast, koji je također često retrogradno izmijenjen u klorit.

Podređeniji proslojci paragnajsova (Dragaljevački potok i istočni dio Krndije) imaju također lepidogranoblastičnu strukturu, rjeđe i porfiroblastičnu i jasnu lećasto-vrpčastu teksturu s folijacijom. Bitna je razlika u mineralnom sastavu u odnosu na miškašiste u tome, što u gnajsovi dolazi feldspat kao bitan sastojak.

Ulošci amfibolita izgrađeni su obično od sitnozrnih nematoblastičnih stijena s jasnom folijacijom. Najčešće su to bimineralni amfibolitni škrljavci, a u nekima dolaze epidot i kvarc kao sporedni sastojci.

Granat-staurolitna zona

Stijene staurolitne zone razvijene su na sva tri snimljena lokalna stupa na kojima dolaze ispod prikazane biotitne zone. Za staurolitnu zonu je

također karakteristično izmjenjivanje tinjčevih škrljavaca i paragnajsova, koji pokazuju viši stupanj uređenosti sklopa u odnosu na identične stijene iz krovinske granat-biotitne zone.

Bitna razlika u mineralnom sastavu ogleda se u prisustvu staurolita, koji je obično umjereno do potpuno retrogradno izmijenjen u sitnolistićavi agregat klorita i sericita zbog čega ga se teško i identificira. Pored karakterističnog staurolita, također još dolaze granat i biotit; granat se i ovdje javlja u obliku sitnih sinkinematskih kristala i kao postkinematski porfiroblast.

Kemijski sastav staurolita, granata i biotita iz stijena staurolitne zone prikazan je u Tabeli 1. On se gotovo ne razlikuje od kemizma granata i staurolita koji se javljaju u stijenama progresivno metamorfne sekvencije Ravne gore (Pamić et al., 1988); granat sadrži 73% (mol.) almandina, 12% piropa, 8% spesartina i 7% grosulara.

U tinjčevim škrljavcima staurolitne zone, a djelomice i biotitne zone, javljaju se u Dragaljevačkom potoku silovi granitoidnih stijena — stup B, slika 2 (Pamić, 1988). U pokrivenim terenima istočnih dijelova Krndije, u blizini asfaltne ceste, javljaju se u tinjčevim škrljavcima metarsko-dekametarski ulošci mramora, koji vjerojatno leže u najnižim dijelovima staurolitne zone, a možda djelomice i ispod nje (stup C, slika 2). Inače se i u ovoj zoni sreću ulošci amfibolitnih škrljavaca.

Disten-muskovitna zona

Stijene ove zone slijede u stupu kontinuirano ispod prikazanih stijena granat-staurolitne zone. U toj najdubljoj metamorfnoj zoni izrazito pretežu paragnajsovi s rijetkim proslojcima tinjčevih škrljavaca, i te se stijene odlikuju maksimalnim stupnjem rekristaliziranosti i još više uređenim sklopom u odnosu na identične stijene iz prethodne zone.

Zone s distenom i muskovitom pouzdano su utvrđene na stupovima u Dragaljevačkom potoku i duž asfaltne ceste na Krndiji (stupovi B i C, slika 2), ali ne i na profilu u Kutjevačkoj rijeci. No treba podvući da su prve pojave distena u slavonskom kristalinu utvrđene baš u Kutjevačkoj rijeci (Kišpatić, 1910). To prisustvo distena je vrlo detaljno dokumentirano, no kroz ovu studiju ga nismo mogli provjeriti jer niti u jednom uzorku iz Kutjevačke rijeke nismo našli na taj mineral. Nije isključeno da je pri nedavnoj rekonstrukciji ceste u Kutjevačkoj rijeci uništen izdanak na kojem je Kišpatić sakupio svoje uzorke.

Na druga dva profila, odnosno stupa dokazano je prisustvo distena u nekoliko uzoraka; u Dragaljevačkoj rijeci na uzorcima s točke 23 i u istočnim dijelovima Krndije na točkama 36 i 37 (stupovi B i C, slika 2). Mikroskopski dokazano prisustvo distena provjereno je i rendgenografski pri čemu se nije mogla identificirati nijedna druga polimorfna modifikacija supstance Al_2SiO_5 . Rendgenska određivanja obavio je kolega D. Slovenec na čemu mu mnogo hvala.

U distenskim paragnajsovima se karakteristično pojavljuje kao pratilac i muskovit. To su krupni »primarni« listovi muskovita, koji se jasno razlikuju od sitnih listića muskovita što se retrogradno razvija po biotitu.

Tabela — Table I.
Mikrosondni kemijski sastav biotita, granata i staurolita
Microprobe chemical composition of biotite, garnet and staurolite

	Bi ₁	Bi ₂	Gr ₁	Gr ₂	Gr ₃	St ₁	St ₂
SiO ₂	33,60	33,12	36,82	36,65	35,64	27,12	26,64
TiO ₂	1,28	1,48	0,02	0,15	0,09	0,49	0,39
Al ₂ O ₃	18,19	18,46	19,13	19,11	19,28	53,91	54,84
FeO*	22,95	22,23	35,23	35,32	34,75	15,16	14,90
MnO	0,02	0,00	4,15	2,12	4,36	0,14	0,25
MgO	11,47	10,57	3,44	2,61	3,50	1,28	1,09
CaO	0,00	0,00	2,01	4,60	2,16	0,10	0,05
Na ₂ O	0,11	0,33	0,07	0,00	0,18	0,03	0,00
K ₂ O	7,16	8,12	0,00	0,05	0,00	0,04	0,03
Suma bez vode	94,78	94,31	100,87	100,61	99,96	98,27	98,19
Broj iona (number of ions)							
Si	5,41	5,39	5,59	5,57	5,48	7,67	7,54
AlVI	2,59	2,61	0,41	0,43	0,52	17,98	18,29
AlIV	0,86	0,93	3,01	2,99	2,97		
Ti	0,15	0,18	0,01	0,02	0,01	0,10	0,08
Fe	2,78	2,72	4,02	4,04	4,02	3,23	3,17
Mn	0,01	—	0,53	0,27	0,57	0,03	0,06
Mg	2,75	2,56	0,78	0,59	0,80	0,54	0,46
Ca	—	—	0,33	0,75	0,35	0,03	0,01
Na	0,03	0,10	0,02	—	0,05	0,02	—
K	1,47	1,68	—	0,01	—	0,01	0,01

Preračun je izvršen na bazi 24 (biotit i granat) i 48 (staurolit) kisika.
Calculated on the basis of 24 (for biotite and garnet) and 48 (for staurolite) oxygens.
Bi biotit (biotite) Gr granat (garnet) St staurolit (staurolite)

Retrogradno izmijenjene zone

U gorenavedenim metamorfnim zonama dosta se često nailazi na retrogradne efekte na koje je ukazao i Jarničić (1983). Te su promjene, međutim, neravnomjerne i rijetko potpune tako da nisu maskirale navedenu zonalnost u pravilnom rasporedu metamorfnih mineralnih parageneza.

Međutim, na stupu u Kutjevačkoj rijeci (točke 1 do 7, stup A, slika 2), kao i na stupu u istočnim dijelovima Krndije (točke 39 i 40, stup C, slika 2) nailazimo na dosta debele pakete paragnajsova, koji su znatno retro-

gradno izmijenjeni što se ogleda u neravnomjernoj, mjestimice vrlo intenzivnoj filonitizaciji. Zbog toga se, od karakterističnih, gorenavedenih metamorfni.h minerala, dosta rijetko nailazi samo na djelomice sačuvan granat i biotit.

Položaj ovih intenzivno retrogradiranih paketa je nejasan i teško ga je objasniti. Povremeno prisustvo biotita i granata svakako nije čvrst dokaz da bi oni mogli, u inače intenzivno izoklino boranom terenu ponovno pripadati biotitnoj zoni. S druge strane, ta dva minerala nalazimo i u staurolitnoj zoni, a granat čak i u distenskoj. Na objavljenoj geološkoj karti (J a m i ć i ć, 1988) u ovim terenima nisu označeni nikakovi uzdužni reversni rasjedi koji bi predisponirali ljuskavu strukturu i time ponavljanje navedenih metamorfni.h zona. U najnižim dijelovima profila u Kutjevačkoj rijeci (točka 2, stup A, slika 2), u tom su paketu zapaženi reliktni grafitni filititi i muskovit-kvarcni škriljavci čiji je položaj nejasan, mada oni, po svojim karakteristikama jako liče odgovarajućim stijinama iz najviših dijelova profila, odnosno klinocoizit-kloritne zone.

DISKUSIJA

Tri prikazana lokalna petrološka stupa jasno dokumentiraju zonalni raspored mineralnih parageneza u hercinskoj progresivno metamorfoziranoj sekvenciji Krndije. S povećanjem metamorfnog stupnja jasno se izdvajaju slijedeće zone:

(1) kloritoidna, koja vjerojatno predstavlja najviše dijelove progresivno metamorfozirane sekvencije što nije pouzdano dokazano;

(2) klinocoizit-kloritna, u kojoj se u višim dijelovima započinje javljati i granat;

(3) granat-biotitna, u kojoj se počinju pojavljivati metarsko-dekametarski paketi amfibolitnih škriljavaca;

(4) granat-staurolitna, u kojoj su u području Dragaljevačkog potoka uloženi dekametarsko-hektametarski silovi granitoidnih stijena, a ispod nje u istočnim dijelovima Krndije i ulošci mramora, i

(5) disten-muskovitna, u kojoj se također javlja i granat.

Interesantno je istaći da se s povećanjem metamorfnog stupnja povećava učešće paragnajsova na račun tinjčevih škriljavaca.

Navedene metamorfne parageneze, sa svojim progresivnim karakterom, rezultat su mineralnih reakcija kao posljedica povećanja metamorfnog stupnja. Apstrahirajući kloritoidnu zonu, čiji položaj još nije pouzdano definiran, prikazane zone padaju u interval od početka niskog metamorfizma (klinocoizit-klorit) do zaključno umjerenog metamorfizma (disten + muskovit). Odsustvo K-feldspata u disten-muskovitnoj zoni dokazuje da nije bio dosegnut stupanj visokog metamorfizma (W i n k l e r, 1974).

Prikazana zonalnost je u osnovi identična zonalnosti koja je zapažena u progresivno metamorfnom kompleksu jugozapadnih dijelova Papuka (R a f f e l l i, 1964 i P a m i ć et al., 1988). Manje se razlike ističu u tom što je u progresivno metamorfnoj sekvenciji Krndije, za razliku od Papuka, (1) razvijena kloritoidna zona, (2) što se u kloritnoj zoni masovno pojavljuje i klinocoizit i (3) što granat i biotit imaju mnogo širi raspon

pojavljivanja. No bitna je razlika u tome, što u najviše metamorfoziranim dijelovima hercinskog progresivno metamorfnog kompleksa dolaze na Papuku andaluzit i silimanit, a na Krndiji disten.

Dakle, hercinska progresivno metamorfozirana sekvencija slavonskih planina, koja predstavlja jedinstvenu geološko-petrološku cjelinu, pokazuje po pružanju određene promjene u sastavu metamorfnih zona. One se najviše ističu u tom što u zapadnim dijelovima (Papuk) dolazi andaluzit, a u istočnim (Krndija) disten. Dok su ranije andaluzit i disten predstavljali važan kriterij za razdvajanje regionalno metamorfoziranih sekvencija na serije barovijenskog (viši tlak) i abukumskog (niži tlak) tipa (Miyashiro, 1961), dotle se u novijim petrogenetskim interpretacijama pojavljuju novi pristupi. Tako Hart i Dempster (1987) dokumentiraju mišljenje da u progresivno metamorfnim sekvencijama povećanje temperature, koje uzrokuje metamorfne reakcije, nije samo funkcija dubine nego se može i lateralno mijenjati. S druge strane, England i Thompson (1984) pokazuju da prisustvo andaluzita u progresivno metamorfnim kompleksima može biti uvjetovano lokalnim magmatsko-konvekcijskim toplotnim tokovima, tako da ono ne mora predstavljati produkt metamorfnih reakcija u jednom progresivno metamorfoziranom slijedu. To se može prenijeti i na hercinski progresivno metamorfni kompleks slavonskih planina jer je on na mnogim mjestima isprobijan hercinskim I-granitima.

Primljeno: 12. 12. 1988.

LITERATURA

- Brkić, M., Jamičić, D. & Pantić, N. (1974): Karbonske naslage u Papuku (sjeveroistočna Hrvatska). *Geol. vjesn.*, 27, 53—58, Zagreb.
- England, P. C. & Thompson, A. B. (1984): Pressure-temperature-time paths of regional metamorphism: I. Heat transfer during the evolution of regions of thickened continental crust. *Jour. Petrol.*, 25, 894—928, Oxford.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1897): Geologija okolice Kutjeva. *Rad JAZU*, 131, 10—29, Zagreb.
- Harte, B. & Dempster, T. J. (1987): Regional metamorphic zones: tectonic controls. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, A, 321, 105—127, London.
- Jamičić, D. (1983): Strukturni sklop metamorfnih stijena Krndije i južnih padina Papuka. *Geol. vjesn.*, 36, 51—72, Zagreb.
- Jamičić, D. (1988): Strukturni sklop slavonskih planina. Disertacija, Sveuč. u Zagrebu, p. 152, Zagreb.
- Kišpatic, M. (1910): Disthen-, Sillimanit- und Staurolithfuehrende Schiefer aus dem Krndija Gebirge in Kroatien. *Cbl. Mineral. etc.*, 5, 578—586, Stuttgart.
- Kišpatic, M. (1910a): Brucit amphibolit aus Krndija in Kroatien. *Cbl. Mineral. etc.*, 5, 153—155, Stuttgart.
- Kišpatic, M. (1916): Eruptivgesteine des Krndija Gebirges. *Glas. Hrv. prirod. druš.*, 28, 2—15, Zagreb.
- Koch, F. (1919): Grundlinien der Geologie von West-Slavonien. *Glas. Hrv. prirod. druš.*, 31, 217—237, Zagreb.
- Miyashiro, A. (1961): Evolution of metamorphic belts. *Jour. Petrol.*, 2, 277—311, Oxford.
- Pamić, J. (1987): Pojave kordijerita, andaluzita i margarita u metamorfnim stijenama s Psunja u Slavoniji. *Geol. vjesn.*, 40, 139—147, Zagreb.
- Pamić, J. (1988): Stijene granit-granodioritne asocijacije Krndije u Slavoniji (sjeverna Hrvatska, Jugoslavija). *Rad JAZU*, 441 (23), 97—114, Zagreb.
- Pamić, J., Lelkes-Felvary, Gy. & Raffaelli, P. (1988): Andalusite-bearing schists from southwestern parts of Papuk Mt. in Slavonija (northern Croatia). *Geol. vjesn.*, 41, 145—157, Zagreb.

- Pamić, J., Lanphere, M. & McKee, E. (1988a): Radiometric ages of metamorphic and associated igneous rocks of the Slavonian Mountains in the southern part of the Pannonian basin. *Acta geol.*, 18, 13—39, Zagreb.
- Poljak, J. (1952): Predpaleozojske i paleozojske naslage Papuka i Krndije. *Geol. vjesn.*, 2/4, 63—82, Zagreb.
- Raffaelli, P. (1964): Metamorfizam paleozojskih škrljaca u području Ravne gore (Papučko gorje—Slavonija). *Geol. vjesn.*, 18, 61—111, Zagreb.
- Vragović, M. (1965): Graniti i gnajsi Papuka. Disertacija. Sveuč. u Zagrebu, p. 232, Zagreb.
- Winkler, H. G. F. (1974): Petrogenesis of metamorphic rocks. 3rd Edit., Springer Verlag, p. 320, Berlin-Heidelberg-New York.
- Wodiczka, F. (1855): Sitzungen der k.k. Geologischen Reichsanstalt. Sitzung am 6. November 1855 (Geologija područja okolice Kutjeva). *Jahrb. Geol. Reichsan.*, 6(4), 858, Wien.

Zonality of the Hercynian Metamorphic Complex of Krndija Mt. (Northern Croatia, Yugoslavia)

J. Pamić

Raffaelli (1964) was the first to find in the Slavonian Mts. a zonality in the distribution of mineral parageneses in the Hercynian metamorphic complex of Papuk Mt. It is shown in the following zones: chlorite—biotite—garnet—staurolite—sillimanite. Most recently Pamić et al., (1988) found also andalusite in the same sequence. The same Hercynian progressive metamorphic complex extends further to the east up to Krndija Mt. It consist mostly of mica schists, gneisses invaded by I-granites with subordinate greenschists, amphibolites and marbles (Fig. 1).

Three cross-sections sampled in details and petrographic examination of about 500 thin sections made possible to construct three local petrological columnar sections (A, B and C, Figure 2) which illustrate the zoned distribution of mineral parageneses in the Hercynian progressive metamorphic sequence of Krndija Mt. The following metamorphic zones brought about by the increasing degree of metamorphism can be distinguished:

(1) The chloritoid zone (Fig. 2, the highest part of the A column) consists of quartzitic schists alternating with phyllites; and chloritoid schists alternating with graphitic schists and phyllites. The rocks are tectonically overlain (thrust?) by metasandstones and shales of the Hercynian semimetamorphic (Radlovac) complex.

The clinzoisite-chlorite zone consists mostly of fine-scale folded mica schists alternating with phyllites and greenschists in the upper parts, and with paragneisses in the lower parts. Mineral paragenesis includes predominant quartz and muscovite with subordinate but characteristic chlorite, clinzoisite and both synkinematic and postkinematic garnet, and an increased quantity of accessory metallic mineral(s).

(3) The garnet-biotite zone is characterized by mica schists alternating with paragneisses which are interlayered by amphibolites. Characteristic minerals of the zone are biotite and synkinematic and postkinematic garnet.

(4) The garnet-staurolite zone consists also of mica schists and paragneisses characterized by better organized texture due to a higher degree of blastesis. Characteristic minerals are staurolite, frequently being retrograded into sericite and chlorite, and garnet and biotite whose microprobe chemical composition is presented in Table 1. Staurolite-bearing mica schists from Dragaljevački potok are invaded by diorite-tonalite sills.

(5) The kyanite-muscovite zone is also characterized by the predominant paragneisses, but by the ones which are maximally recrystallized shown in the best organized metamorphic fabric.

All these metamorphic zones are marked on the presented petrological columnar sections A, B and C (Fig. 2).

Rocks of the zones higher than the clinozoisite-chlorite one are commonly retrograded to various degrees due to muscovitization and chloritization of biotite, garnet, staurolite and kyanite. The rocks are in some places strongly to completely retrograded (points 1 to 7, column A and points 39 and 40, column B, Fig. 2), what does not make possible the separation in terms of metamorphic zones.

Mineral parageneses of the metamorphic zones mentioned above, with their progressive character was brought about by mineral reactions as a consequence of the increased metamorphic grade. Putting a side the chloritoid zone because of its obscure position, the presented zones fall in the interval between the commence of low-grade (clinozoisite-chlorite) and the end of the medium-grade metamorphism (kyanite-muscovite). The absence of K-feldspar in the kyanite-muscovite zone is evidence that the high-grade metamorphism was not reached (Winkler, 1974).

The described zonality is nearly identical to the one recognized by Raffaelli (1964) in the same progressive sequence from southwestern parts of Papuk Mt. Nevertheless, the progressive metamorphic sequence of Krndija Mt. displays some peculiarities shown in: (1) the development of the chloritoid zone, (2) the abundance of clinozoisite in the chlorite zone, and (3) the larger span of the presence both of garnet and staurolite. But the basic difference is in the fact that the highest grade rocks of the Hercynian progressive metamorphic complex contain andalusite and sillimanite in Papuk Mt. and kyanite in Krndija Mt.

Consequently, the Hercynian progressive metamorphic complex of the Slavonian Mts., which represents a single geological-petrological whole, shows some laterally variations in mineral composition of the metamorphic zones. This is best expressed in the presence of andalusite + sillimanite in their western parts (Papuk Mt. and Pšunje?) and kyanite in their eastern parts (Krndija Mt.). Andalusite and kyanite represented through several decades a very important tool for the distinguishing between higher-pressure Barrovian-type and lower-pressure Abukuma-type metamorphic sequences (Miyashiro, 1961). But most recent petrological approaches document the opinion that in regionally metamorphosed terrains the increasing temperature, which gives rise to metamorphic reactions, is not always the function of the depth but it can be laterally changed (Hart & Dempster, 1987). On the other hand, England and Thompson (1984) are of the opinion that andalusite must not always represent a product of metamorphic reactions in one progressive metamorphic sequence but its presence may indicate the involvement of magmatic convection of heat. Their interpretation can be applied for the Hercynian progressive metamorphic sequence of the Slavonian Mts. which is in many places invaded by penecontemporaneous I-granites.