

Geološko-petrološka studija lokaliteta Pleterac na Moslavačkoj gori

Naručitelj: GRAD ČAZMA, Trg Čazmanskog kaptola 13, 43240 Čazma, OIB 81963437417

Izvršitelj: Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, Horvatovac 102A (MB 03270149, OIB 28163265527)

prosinac, 2019.

**IZRADA:**

Prirodoslovno-matematički fakultet: Zorica Petrinec
Dražen Balen

STRUČNI NADZOR:

Grad Čazma: Ivana Čanađija

FOTOGRAFIJE:

I. Čanađija, Z. Petrinec, Digitalni repozitorij mikrofotografija Mineraloško-petrografskega zavoda Geološkog odsjeka PMF-a

DEKANICA:

Prof. dr. sc. Aleksandra Čižmešija

Geološko-petrološka studija lokaliteta Pleterac na Moslavačkoj gori izrađena je temeljem Ugovora o izvođenju radova br. JN10-NČ, KLASA: 922-02/19-01/1, UR. BROJ: 2110-01-02/19-2.

Mjesto i datum izrade: Zagreb, 13. prosinac, 2019.

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	GEOLOŠKA GRAĐA I EVOLUCIJA MOSLAVAČKE GORE	3
2.1.	GEOLOŠKA GRAĐA MOSLAVAČKOG KRISTALINA	3
2.1.1.	Magmatske stijene	5
2.1.2.	Metamorfne stijene.....	6
2.2.	STAROSTI STIJENA I UVJETI METAMORFIZMA.....	8
2.3.	MAGMATSKE I METAMORFNE EPIZODE KREDNE EVOLUCIJE MOSLAVAČKOG KRISTALINA.	12
2.4.	REGIONALNI KONTEKST: SAVSKA ZONA.....	13
3.	ENKLAVE U GRANITIMA – STUDIJA SLUČAJA NA GEOLOŠKOM LOKALITETU PLETERAC.....	14
3.1.1.	Povijest istraživanja enklava u Hrvatskoj	14
3.1.2.	Stijene domaćini i enklave na području lokaliteta Pleterac	16
4.	PRIJEDLOG SADRŽAJA EDUKATIVNE PLOČE	30
4.1.	Kratki prijedlog sadržaja edukativne ploče za geolokalitet Pleterac.....	30
4.2.	Duži prijedlog sadržaja edukativne ploče za geolokalitet Pleterac	31
5.	POPIS LITERATURE I OSTALIH IZVORA	35

1. UVOD

Grad Čazma, kao nositelj projekta Čazma Natura, aktivno se uključio u zaštitu geološke baštine na području Moslavačke gore odnosno njezinog dijela koji administrativno pripada Bjelovarsko-bilogorskoj županiji. Prvi je korak u tome smjeru uređenje nekadašnjeg kamenoloma tehničko-građevinskog kamena Pleterac. Taj lokalitet koji se nalazi na području Regionalnog parka "Moslavačka gora" proglašenog 2011. godine (NN 68/2011), jedinstveni je lokalitet u okvirima cijele Moslavačke gore iz razloga što upravo u ovom, trenutno napuštenom kamenolomu, nalazimo jasno vidljive strukturne odnose između stijena starijeg metamorfnog sklopa te mlađih granita. Granit je te stijene razlomio i ponio prema površini prilikom intruzije u vršne nivoe kontinentske kore koja se u ovome području odvijala u razdoblju krede. Na temelju geoloških odnosa koji se tu opažaju, može se ukratko ispričati povijest razvoja cijele Moslavačke gore, pa i šireg područja. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu Moslavačku goru, uključujući i kamenolom Pleterac, redovito koristi kao poligon za terensku nastavu, ali i aktivan znanstveno-istraživački rad, stoga se ovdje uključuje kao partner koji želi doprinijeti adekvatnom vrednovanju i zaštiti ovog vrela geoloških informacija.

Prema *Izvješću o obavljenoj reviziji: Gospodarenje mineralnim sirovinama na području Bjelovarsko-bilogorske županije* iz 2016. godine, do sada je kamenolom Pleterac bio valoriziran dominantno kao jedno od 15 eksploatacijskih polja za tehničko-građevinski kamen na području Bjelovarsko-bilogorske županije. Prema istom *Izvješću*, eksploatacijsko polje Pleterac obuhvaća površinu od 11.2 ha i ima odobrenje kao eksploatacijsko polje mineralnih sirovina za proizvodnju tehničko-građevinskog kamena s odobrenjem za eksploataciju do 31.12.2029. godine. Plan predviđa sanaciju i zatvaranje kamenoloma nakon isteka ugovora o koncesiji koji od 2010. godine nije produžen. U *Strategiji gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske* iz 2008. godine, kamenolom Pleterac se navodi kao "do sada poznato i iskorišteno, a u budućnosti potencijalno ležište" za tehničko-građevinski kamen.

Ovim se projektom Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu obavezao izvršiti geološku prospekciju kamenoloma Pleterac i bliže okolice, uzorkovanje stijena u kamenolomu Pleterac, optička određivanja petrografskog i mineralnog sastava stijena kamenoloma Pleterac, idejnu izradu izgleda i sadržaja edukativne ploče i odgovarajućih grafičkih priloga, te prezentaciju podataka u izvješću sa fotodokumentacijom u pisanim oblicima i elektroničkom formatu.



Slika 1.1. Stanje kamenoloma pred kraj aktivne eksploatacije (travanj 2009.) Glavna aktivnost tada je bila vezana uz južni dio otvorenog kopa, dok je na sjevernoj strani eksploatacija bila obustavljena (foto: Z. Petrinec).



Slika 1.2. Krajem 2019. godine započela je sanacija prostora napuštenog kamenoloma. Prvi radovi obuhvaćaju sjeverni dio kamenoloma s jasno uočljivim fragmentima tamnijih stijena (amfiboliti) okruženim svjetlim, tipičnim moslavačkim granitima (foto: I. Čanađija).

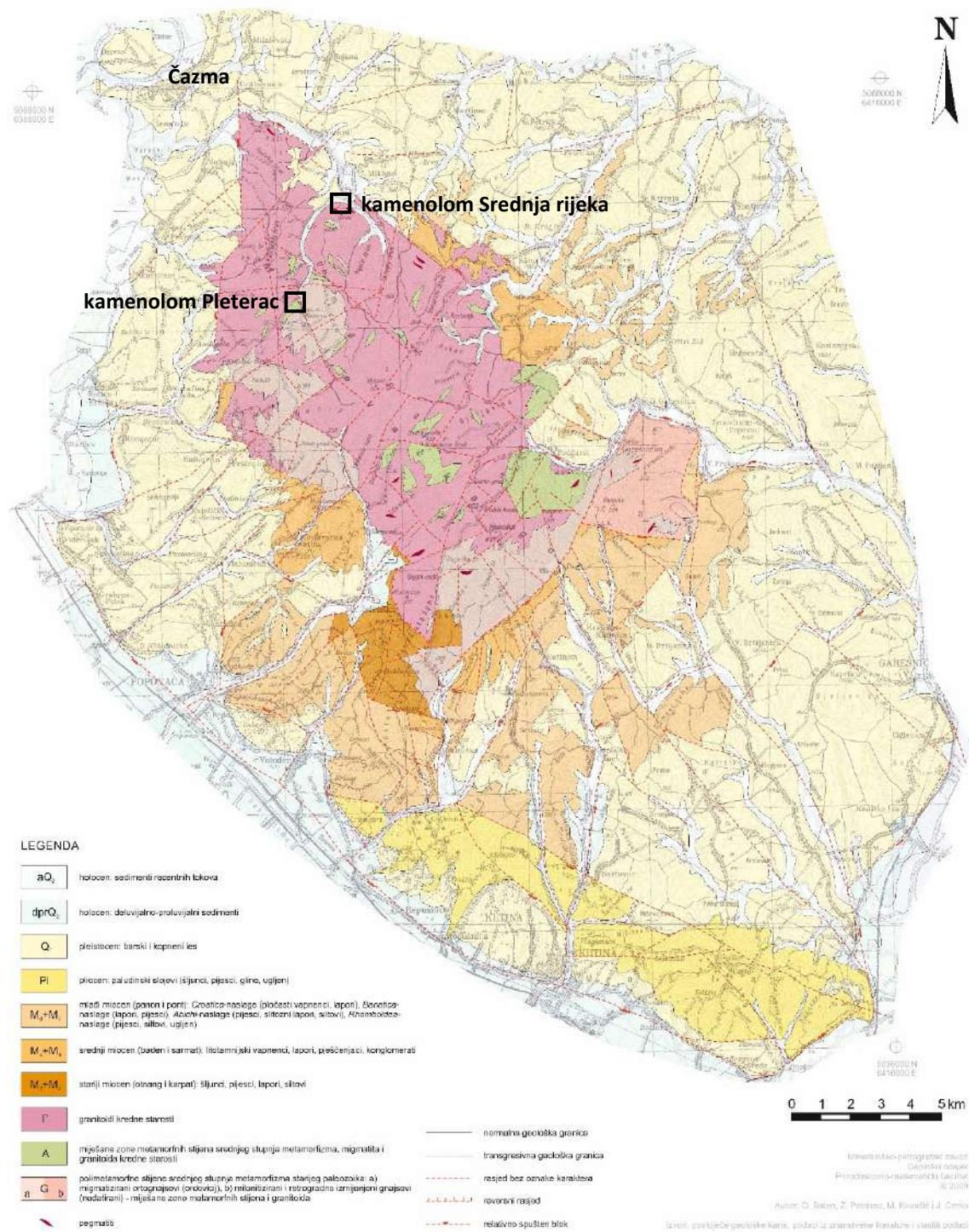
2. GEOLOŠKA GRAĐA I EVOLUCIJA MOSLAVAČKE GORE

2.1. GEOLOŠKA GRAĐA MOSLAVAČKOG KRISTALINA

Kristalinski se kompleks Moslavačke gore, smješten na jugozapadnom rubu Panonskog bazena, sastoji od tri glavne skupine stijena: (1) granitoidnih stijena (dvotinjčasti graniti, leukograniti, monzograniti, granodioriti), (2) metamorfnih stijena srednjeg do visokog stupnja, uglavnom gnajseva i migmatita te (3) metamorfnih stijena srednjeg stupnja, dominantno amfibolita i metapelita (npr. (Korolija i dr., 1986; Pamić, 1990; Jamičić i Crnko, 2009a). Navedene stijene drugog i trećeg člana kristalinskog kompleksa prisutne su na vanjskom obodu plutona Moslavačke gore, dok je cijeli kristalinski kompleks Moslavačke gore okružen, a dijelom i prekriven, tercijarnim i kvartarnim sedimentima Panonskog bazena. Stijene kristalina Moslavačke gore obuhvaćaju površinu od oko 180 km², gdje približno 2/3 te površine čine granitoidne, a ostatak metamorfne stijene (Slika 2.1).

Po načinu pojavljivanja, granitni pluton predstavlja klinastu ploču (možda primarno i fakolit - Pamić, 1990) debljine oko 4-5 km, koja tone prema jugozapadu. Sam magmatsko-metamorfni kompleks Moslavačke gore leži u Savsko-dravskom međuriječju, a njegov današnji položaj (SSZ-JJI) posljedica je izdizanja iz podloge Panonskog bazena duž mlađih vertikalnih rasjeda (Pamić, 1990). Smještaj glavnih rasjeda tog područja koji definiraju kompleks Moslavačke gore duž jugozapadnog ruba Moslavačke gore je od Mikleuške na jugu sve do Čazme na sjeveru, dok sjeveroistočnim rubom ide rasjed od G. Garešnice pa do Čazme. Duž jugoistočnog ruba Moslavačke gore proteže se rasjed Mikleuška - G.Garešnica.

Geotektonski položaj Moslavačke gore danas se interpretira u svjetlu njene pripadnosti tzv. Savskoj zoni, koja predstavlja tektonski šav odnosno suturnu zonu između strukturnih jedinica južnog ruba nekadašnjeg europskog kopna (Tisija) i strukturnih jedinica vezanih uz Jadransku mikroploču (Dinaridi). Proučavanje procesa vezanih uz nastanak i evoluciju krednog granitoidnog plutona Moslavačke gore kroz istraživanje enklava koje on sadrži daje dodatni uvid u geodinamske procese koji su se odvijali u toj mobilnoj zoni.



Slika 2.1. Pregledna geološka karta Moslavačke gore s označenim lokacijama dvaju značajnih kamenoloma na sjevernom obodu Moslavačke gore – Srednje rijeke (u blizini Miklouša; granit) i Pleterca (dolina Mlinske rijeke; granit i amfibolit).

2.1.1. Magmatske stijene

U jezgri kristalinskog kompleksa Moslavačke gore dominiraju granitoidne stijene (čine ~2/3 površine kristalina), uz koje se podređeno javljaju i neutralne i bazične magmatske stijene. One se, u obliku manjih tijela, javljaju i u metamorfnom ovoju. Moslavačke granitoidne stijene istraživane su još od kraja 19. stoljeća, a već tada je u njima opažena petrogenetski značajna pojava andaluzita (Vukotinović, 1852 i 1868; Cohen, 1887; Kišpatić, 1889). Prvi radovi o petrografiji Moslavačke gore ustvari su se dominantno bavili upravo njezinim granitnim stijenama (pr. Pilar, 1883; Kišpatić, 1889; Tućan, 1904; Marić, 1929 i 1958). Sistematisacija dotadašnjih istraživanja izvršena je prilikom izrade Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Bjelovar (Korolija i dr., 1985) te pregledno dana u pripadajućem Tumaču (Korolija i dr., 1986), kao i u Vodiču geološke ekskurzije HGD-a (Crnko, 1998). Pamić (1990) u svojoj monografiji također daje detaljan pregled i sistematizaciju tipova granitoidnih stijena koje izdanjuju na Moslavačkoj gori. Balen i Broska (2011) te Balen i Petrinec (2011) vrše geokemijsku, mineralošku i petrografsку distinkciju između dvaju prevladavajućih tipova granita u sjevernim dijelovima moslavačkog plutona, uvodeći termine dvotinjčasti odnosno leukokratski granit te nude različite modele njihova nastanka. U svojoj distertaciji Petrinec (2013) također daje detaljniji pregled upravo tih dvaju tipova granitoidnih stijena, promatrujući ih prvenstveno kao stijene domaćine različitih tipova enklava i/ili mlađe članove nekadašnjeg magmatskog sustava na Moslavačkoj gori. Ovdje je bitno spomenuti da je terminološki kontinuitet korištenja pojmove granit odnosno granitoid u današnjem značenju, a to je "plutonska stijena koja se sastoji od kvarca, alkalnih feldspata i natrijskih plagioklasa u varijabilnim količinama, u pravilu s biotitom i/ili hornblendom" (Le Maitre (ur.), 2002), u radovima vezanim uz Moslavačku goru vrlo teško pratiti, posebno s obzirom da je u ranijim istraživanjima najčešće on korišten za označavanje svih stijena koje pokazuju iste strukturno-teksturne značajke, bez obzira na genezu stijena. Tako da se pod granitima vrlo često nailazi i na opise leukosoma onih stijena koje se ovdje uvrštavaju u skupinu migmatita.

Na jugozapadnim padinama gore zabilježene su pojave andezita i gabra. Gabro je prisutan južno od Podgarića u potocima Kamenac i Zorovac, kod Gornje Jelenske u potoku Kamenjača i kod Grabovnice. Mineralni sastav gabra iz Kamenjače obuhvaća plagioklas, dijalag (diopsid) i olivin te amfibol nastao u retrogradnoj fazi metamorfizma iz feromagnezijskih minerala (Balen i dr., 2003). U metagabrima potoka Kamenac određeni su amfibol i plagioklas uz kvarc, diopsit i biotit te akcesorna pojava apatita, cirkona i opákih sastojaka (Crnko, 1998). Još se izdvaja i diorit (Pamić, 1990) kao leukokratska stijena koja se sastoji od plagioklasa, podređeno kvarca, biotita, hornblende, klorita i ortoklasa.

2.1.2. Metamorfne stijene

Metamorfne stijene predstavljaju stariji član magmatsko-metamorfnog moslavačkog kompleksa i nejednoliko se pojavljuju unutar kristalinske mase. Veća koncentracija metamorfnih stijena je u južnom i jugoistočnom dijelu, gdje se one javljaju u obliku nepravilne i fragmentirane zone, dok u ostaku kristalina dolaze u obliku manjih (decimetarskih do dekametarskih) ili većih (hektometarskih, rijetko kilometarskih) tijela uloženih u granitoidnu masu (Korolija i dr., 1986). Jedan od rijetkih lokaliteta na kojima u značajnom prostornom obuhvatu izdanjuju takve pojave je napušteni kamenolom tehničko-građevinskog kamena Pleterac.

Metamorfne stijene moslavačkog kristalina mogu se podijeliti u nekoliko skupina, ovisno o izvornim stijenama iz kojih su nastale. Najčešće se radi o **metasedimentnim stijenama** koje obuhvaćaju prvenstveno paragnajseve, tinjčeve i kordijeritne škriljavce, dok se kvarciti i mramori javljaju iznimno rijetko. Do sada su najdetaljnije istraživane stijene ove skupine upravo koridijeritni škriljavci, koji se uglavnom javljaju kao tanji proslojci (centimetarskih do metarskih dimenzija) uz paragnajseve i amfibolske škriljavce. Uglavnom su to sitnozrnate stijene s jasno izraženom škriljavosti, čija struktura varira od lepidogranoblastične do heterogranoblastične. U ovim su stijenama opisane i pojave orijentiranog srastanja sillimanita i andaluzita (Tućan, 1953; Barić, 1954). Pamić (1990) ne izdvaja posebno kordijeritne škriljavce, već opisuje tinjčeve škriljavce koji kao kritične metamorfne minerale sadrže cordierit, andaluzit i sillimanit kao sporedne sastojke. Pamić (1990) se na ove stijene osvrće i u svjetlu određivanja stijena kao hornfelsa, kako su ih definirali Tućan (1953) i Barić (1954). Detaljnije opise, tada nove podatke o rasprostranjenosti, te uvjete nastanka kordijeritnih stijena na Moslavačkoj gori dali su i Vragović i Majer (1979). Garašić (1993) se također bavila uvjetima nastanka tih stijena te ih definirala kao polimetamorfne stijene gdje je prva faza bila dinamotermalnog karaktera kojom je nastao sillimanit-biotit-granatni gnajs, koji je kontaktnometamorfnim događajem metamorfoziran u kordijeritne stijene, nakon čega je uslijedila njihova retrogradna evolucija. Petrinec (2013) u ovim stijenama pronalazi redovito mikrostrukturne tragove parcijalnog taljenja te ih određuje kao migmatite nastale iz metapelitnih protolita. Pretpostavljeni protoliti ovih stijena su peliti (Crnko, 1998).

Druga skupina metamorfnih stijena po zastupljenosti genetski je vezana uz bazične magmatske ishodišne stijene (metabaziti) i asocirane lapore (Crnko, 1998), a radi se o amfibolskim stijenama, u najvećoj mjeri škriljavcima. Sistematičan pregled varijeteta amfibolskih stijena prisutnih na Moslavačkoj gori dao je Pamić (1990). Prema njemu, u ovoj skupini stijena dosta se rijetko nailazi na bimineralne (plagioklas + hornblenda), teksturno homogene **amfibolite** odnosno **amfibolske škriljavce** (ukoliko pokazuju paralelne teksture). Nasuprot tome, klinopiroksen-amfibolski škriljavci (diopsid-amfibolski škriljavci prema Korolija i dr. (1986)) s ili bez granata vrlo su česti, dok se kao podređeniji varijeteti javljaju kvarc-klinopiroksen-amfibolski škriljavci, epidot-amfibolski škriljavci i biotit-

amfibolski škriljavci. Rijetko se javljaju varijeteti s vrlo malim udjelom hornblende (Pamić, 1990). Detaljna istraživanja i sistematizaciju ovih stijena, te određivanje uvjeta njihova nastanka proveli su Garašić (1993) te Balen (1999) u sklopu izrada svojih disertacija. Već Balen (1999), a posebno Petrinec (2013) u svojim disertacijama ove stijene promatraju kao enklave odnosno ksenolite metabazitnih protolita zarobljene u moslavačkim granitima u kojima se također često mogu opaziti mikrostruktурне karakteristike vezane uz procese parcijalnog taljenja.

Treća velika skupina metamorfnih stijena potječe od starijih granitnih stijena koje su naknadno zahvaćene metamorfnim procesima. Stijene su to koje se u literaturi opisuju kao **ortognajsevi** (Crnko, 1998), dok Korolija i dr. (1986) te Pamić (1990) ovakve varijetete svrstavaju u skupinu migmatita Moslavačke gore. Starijaš i dr. (2010) metagranitima nazivaju metamorfne stijene visokog stupnja (anateksite) granitnog sastava (ortognajseve i dijateksite) nastale iz granitnih protolita.

Kao posebnu skupinu metamorfnih stijena, koje ustvari predstavljaju prijelaz prema magmatskim, valja izdvojiti stijene koje su pretrpjele visok stupanj metamorfnih promjena što je u njima dovelo do parcijalnog taljenja. Radi se o **migmatitima**. Prema preporukama iznesenim u klasifikaciji metamorfnih stijena temeljenim na IUGS kriterijima (Fettes i Desmons (ur.), 2007), migmatiti se definiraju kao kompozitne silikatne metamorfne stijene, izrazito heterogene u mezo- do makroskopskom mjerilu. Tipično se sastoje od tamnijih i svjetlijih dijelova. Tamniji dijelovi obično pokazuju karakteristike metamorfnih stijena, dok svjetliji dijelovi pokazuju karakteristike magmatskih stijena. Proces migmatizacije na Moslavačkoj gori dosadašnji autori vezuju prvenstveno uz intruziju mlađih granitoida u stijene starijeg metamorfnog kompleksa (Korolija i dr., 1986), pri čemu je došlo do djelomičnog pretaljivanja starijih kvarcno-feldspatskih stijena i formiranja pojasa oko središnjeg plutona u kojem se javljaju migmatiti, uglavnom miješani s granitoidnim stijenama. Taj je migmatitini pojas neujednačene širine (hektometarske do kilometarske) i uključuju homogene i heterogene varijetete migmatita (Crnko, 1998) odnosno migmatitskih gnajseva (Korolija i dr., 1986). Mjestimično ovih stijena ima, u obliku leća i nepravilnih tijela, također u središnjim dijelovima plutona (Crnko, 1998). Pamić (1990) migmatite dijeli na strukturno-teksturne varijetete metateksitnih, stromatitnih, porfiroblastičnih stromatitnih, boranih i nebulitnih migmatita, genetski ih vezujući uz paragnajseve i tinjčeve škriljavce. Njegovi varijeteti migmatita najbliže odgovaraju heterogenim migmatitima koje su opisali Korolija i dr. (1986) te Crnko (1998). Svakako ovdje valja napomenuti da jasna definicija i sistematika stijena unutar skupina ortognajseva, te homogenih i heterogenih migmatita (Crnko, 1998) nije u potpunosti podudarna s podjelama koje zastupaju Pamić (1990), Pamić (1998) te Starijaš i dr. (2010), kao i Petrinec (2013). Novija istraživanja uglavnom predstavljaju pokušaj sistematizacije i usklađivanja svih dosadašnjih istraživanja ovih parcijalno pretaljenih stijena s područja Moslavačke gore sa svjetskim trendovima u istraživanju migmatita (Sawyer, 2008; Sawyer i Brown (ur.), 2008).

2.2. STAROSTI STIJENA I UVJETI METAMORFIZMA

Iako prvi podaci o građi magmatsko-metamorfnog kompleksa Moslavačke gore potječu još s kraja 19. stoljeća (Vukotinović, 1852), sve do kraja 20. stoljeća još postoje razni pogledi na evoluciju kristalina Moslavačke gore, uglavnom kao posljedica nedostatka kvantitativnih podataka. Možemo reći da evolucija Moslavačke gore ustvari još i danas nije u potpunosti i jednoznačno riješena, stoga ovdje donosimo pregled ključnih literturnih navoda vezanih uz tijek evolucije moslavačke kristalinske mase.

U *Tumaču OGK za list Bjelovar Korolija i dr.* (1986) dali su prikaz geološke situacije u sjevernom dijelu Moslavačke gore, temeljeći evoluciju tog područja na korelaciji s odgovarajućim stijenama Psunja i Pohorja. U *Vodiču geološke ekskurzije Hrvatskog geološkog društva na Moslavačku goru Crnko* (1998) iznosi, među ostalim, geološko-petrološki prikaz južnog dijela Moslavačke gore, pri čemu su za stijene srednjeg do visokog stupnja metamorfizma pretpostavljene pretkambrijske starosti, a za moslavački granit hercinska ili alpinska starost. Pamić (1990; pregledna monografija i reference u njoj) daje pregled dobivenih K-Ar i Rb-Sr starosti koje su podudarne sa izotopnim starostima koje je odredio Deleon (1969), a na osnovi materijala iz bušotina i korelacijom s podacima geološkog kartiranja prostorno je definirao cjelokupan granitno-migmatitno-metamorfni kompleks Moslavačke gore kao alpinski. Također iznosi pretpostavku da su stijene Moslavačke gore površinski relikti drevnog magmatskog luka koji je, uz pripadajući metamorfni kompleks, mogao nastati u području subdukcione zone duž koje se odvijalo konzumiranje mezozojske oceanske kore dinaridskog dijela Tethysa. Također utvrđuje, na temelju analiza stabilnih i nestabilnih izotopa, kompleksnu povijest stvaranja terena. Lanphere i Pamić (1992) dali su podatke K-Ar mjerjenja na metamorfnim i granitoidnim stijenama slavonskih planina i Moslavačke gore; za metamorfne stijene Moslavačke gore iznesene su alpinske starosti, dok je za pluton zaključeno da je predalpinske starosti, ali i da je deformiran i metamorfoziran tijekom alpinske orogeneze (moguće da je i hercinske starosti). Velik broj radova koje je objavio Pamić do 2002. godine (uključujući i monografiju iz 1990.), predstavljaju temelj svih geokemijskih i izotopnih radova moslavačkog kompleksa, a u petrološkom smislu predstavljaju prve odredbe migmatita, S-granita i općenito metamorftita u okviru regionalno-metamorfne serije facijesa.

Određivanja uvjeta metamorfizma u širim granicama tlaka i temperature temeljem kemijskog sastava mineralnih faza u mramorima, kordijeritnim škriljavcima i klinopiroksen-plagioklas-amfibolskim škriljavcima daje Garašić (1993), uz zaključak da se na Moslavačkoj gori odvijao polifazni metamorfizam, čija je prva faza bila karakterizirana višim tlakom i temperaturom (regionalni metamorfizam), a druga faza niskim tlakom i povišenom temperaturom (kontaktni metamorfizam, retrogradni metamorfizam; 580-590°C). Balen (1999) u svojoj doktorskoj disertaciji studiranjem metamorfnih reakcija u amfibolskim stijenama, i to prvenstveno iz različitih varijeteta amfibolita Moslavačke gore, također određuje uvjete metamorfizma, definira dvije vremenski razdvojene faze

metamorfizma, stariju pretpostavljeno predvariscijsku do variscijsku regionalnog tipa (7.3-9.6 kbar, 550-820°C) te mlađu alpinsku s dvije podfaze vezane uz kredne magmatske procese, karakterizirane niskim tlakom i visokim temperaturama (5.2-5.8 kbar, 1.8-2.5 kbar 550-660°C). Starijaš i dr. (2010) utvrđuju vršne uvjete krednog metamorfizma (3-4 kbar, ~750°C), te retrogradne evolucije zabilježene u metapelitima (1-3 kbar, ~520-630°C). U svojim radovima Balen i dr. (2001; 2003) daju prikaz alpinskih starosti dobivenih Ar-Ar, Rb-Sr i Sm-Nd metodama na magmatskim i metamorfnim stijenama Moslavačke gore. S regionalno-geološkog aspekta, Pamić i dr. (2002) analiziraju postanak i razvojne stadije evolucije variscijskog orogena u južnoj Tisiji. U *Tumaču Geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000* (Jamičić i Crnko, 2009a) metamorfni dio kristalina Moslavačke gore interpretira se kao dio stare pretkambrijske i paleozojske mase, dok se granitima na temelju geoloških odnosa pripisuje hercinska starost, a na temelju radiometrijskih podataka kredno-paleogenska. U radovima Balen i Broska (2011), Balen i Petrinec (2011) te u disertaciji Petrinec (2013), izneseni su podaci o evoluciji moslavačkog granitnog tijela. Balen i Broska (2011) odredili su temperaturu zasićenja cirkonijem glavne granitne mase (~730 °C) uz dijagram stabilnosti andaluzita (koji je vrlo čest u moslavačkim granitima) prema Clarke i dr. (2005). Također su za taj stadij granitnog tijela dobili raspon tlaka od 0.7 do 2.7 kbara, što odgovara dubini smještavanja oko 5-6 km. Temperature od ~770 °C za solidifikaciju glavnog, dvotinjčastog granitnog tijela Moslavačke gore definira Petrinec (2013), a niže temperaturne vrijednosti od ~660 °C definira za leukogranite. Petrinec (2013) na temelju sinteze vlastitih i ranijih istraživanja magmatskih i metamorfnih stijena Moslavačke gore iznosi zaključak kako je završno smještavanje granitnog plutona, odnosno njegova kristalizacija, praćena oslobođanjem fluida i hlađenjem sustava u vršnim, plitkim predjelima kontinentalne kore utjecalo na i ostalo zabilježeno unutar svih litologija moslavačkog kristalina.

Prema Jamičić i Crnko (2009a), najstarije stijene na Moslavačkoj gori pripadaju jedinici definiranoj kao *Kompleks metamorfnih stijena (Prekambrij – Pk)*, čije su ishodišne stijene bile "vulkanogeno-sedimentne tvorevine" čiji se metamorfozirani ekvivalenti danas nalaze na površini na Psunju, Krndiji, te Moslavačkoj gori. Te su stijene, prema autorima, bile podvrgнуте bajkalskoj orogenezi, prilikom koje su pretrpjеле metamorfne promjene od kloritnog do epidot-amfibolitnog facijesa. Ovoj skupini stijena pripisuju amfibol-diopsidne škriljavce Moslavačke gore, koji se od sličnih slavonskih litologija razlikuju po karakterističnoj paralelno-prugastoј teksturi, a dijelom i mineralnom sastavu. Također, u ovu skupinu stijena ubrajaju i pojave metagabra (JI od Čazme), koji se nalazi u diskordantnom položaju prema okolnim stijenama. Ortognajsevi, koji zauzimaju značajne mase na istoku Moslavačke gore, a pojavljuju se i kao manje mase unutar migmatita i granita, također se pripisuju ovoj jedinici, uz napomenu autora da se od mlađih moslavačkih metamorftita i granita razlikuju

po nedostatku sillimanita i andaluzita. Pri tome u Tumaču nisu dani podaci o absolutnoj starosti na kojima autori temelje ovakve zaključke.

Druga velika skupina stijena prema starosti na Moslavačkoj gori pripisana je paleozoiku (Jamičić i Crnko, 2009b) kao *Kompleks metamorfnih stijena (ordovicij, silur, devon – O, S, D)*, gdje se označava kao skupina koja odgovara stijenama "metamorfnog kompleksa Papuka". Taj kompleks sadrži izdvojen paket migmatitnih gnajseva i granita, biotitnih i muskovit-biotitnih gnajseva, te tinjčevih i kloritnih škriljavaca. Iako sve stijene ovog kompleksa, karakterističnog za slavonske planine, nisu prisutne i na području Moslavačke gore, njima se pripisuju migmatitni gnajsevi, heterogeni i homogeni, u kojima se pojavljuju pegmatiti i apliti u obliku žica i nepravilnih izduženih gnijezda.

Treća skupina stijena su *Graniti (perm – P)* u kojoj se moslavački graniti pripisuju permu, a poistovjećuju se s granitima slavonskih planina otkrivenim kod Omanovca (Psunj) te Kišeljevca (Papuk). One su, prema Jamičić i Crnko (2009c), tijekom hercinske orogeneze (salska faza) utisnute u prekambrijske i paleozojske metamorfite, u kojima su izazvale ujedno i kontaktne promjene. To su izrijekom one stijene koje se u literaturi inače spominju kao "moslavački granit". S aspekta proučavanja enklava u granitima, značajno je da autori opisuju da granit, koji je u obliku plutona utisnut u stariji metamorfni kompleks, uklapa njegove manje ili veće ksenolite: takve pojave u rubnim su dijelovima većih razmjera (do 1 km), dok su u središnjem dijelu rjeđe i manjih dimenzija. Od posebnog značaja za moslavačke granite navodi se sporadična prisutnost sillimanita i andaluzita u granitnim stijenama ove skupine.

Jamičić i Crnko (2009c) napominju kako je vrijeme intruzije granitnog plutona Moslavačke gore sporno, posebno iz razloga što geološki odnosi upućuju na hercinsku starost granita, dok radiometrijski podaci upućuju na kredno-paleogensku starost.

U razdoblju od 2004. do 2011. godine odvijalo se i nekoliko hrvatsko-austrijskih bilateralnih projekata Sveučilišta u Zagrebu i Sveučilišta u Salzburgu pod vodstvom D. Balena i F. Fingera, kojima su određene daljnje starosti kristalinskog kompleksa Moslavačke gore. Rezultati tih određivanja objavljeni su u doktorskoj disertaciji i radu Starijaš i dr. (2010), u kojima je uz pomoć cirkona, monacita i ksenotima nepobitno dokazan kredni magmatizam i metamorfizam, naznake permskog termalnog *overprinta* i donjopaleozolski (ordovicij) metamorfni događaj.

U skladu sa svim kvantitativnim određivanjima čiji su rezultati publicirani do trenutka izrade ovog pregleda, stijene magmatsko-metamorfnog kompleksa mogu se grupirati u slijedeće skupine s obzirom na starost. Najstariji su ortognajsevi odnosno metagraniti (migmatiti) sa starošću oko 490 milijuna godina (kambrij-ordovicij). Slijede kredni (meta)gabri sa starostima oko 108 odnosno 83 milijuna godina, te kredni amfiboliti i metapeliti sa starostima oko 80 do 90 milijuna godina, s time da su u metapelitim zabilježene i populacije monacita permske starosti (v. Tablica 2.1). Sve spomenute metamorfne stijene koje manjim dijelom pokazuju krednu starost vjerojatno su dijelovi starijeg

metamorfnog kompleksa, moguće i predkredne starosti, na kojem je granit ostavio "pomlađeni" kredni termalni potpis. Graniti glavne mase sa starostima oko 82 milijuna godina, kao i leukogranitne i pegmatitne žile sa starošću oko 74 milijuna godina, predstavljaju posljednju fazu magmatsko-metamorfne evolucije Moslavačkog kristalina. Svi podaci koji stoje iza ovog generaliziranog prikaza, zajedno sa relevantnim referencama, navedeni su u Tablici 2.1.

Tablica 2.1. Pregledna tablica starosti magmatskih i metamorfnih stijena Moslavačke gore.

Metoda	Lokalitet	Stijena	Analiz. mineral	Starost 10^6 god.
Deleon (1969)				
Rb-Sr		granit		90 ± 5
		gnajsgranit	model starosti	64
		granit		62
Pamić (1985/86, 1990a, 1990b), Lanphere i Pamić (1992)				
K-Ar	Bunjani Bn-59	Ms-Bt granit	biotit	70.4 ± 2.2
K-Ar	Johavec Jo-2	Ms-Bt granodiorit	biotit	72.7 ± 2.2
K-Ar	Križ Kr-147	Ms-Bt kvarcdiorit	biotit	64.9 ± 4.0
				61.0 ± 2.0
K-Ar	Vrbovec Vr-2	Bt migmatit	biotit	34.7 ± 4.0
		granit		27.0 ± 2
K-Ar	kamenolom Mikleuška	Ms-Bt migmatit	biotit	70.5 ± 2.2
K-Ar	Garić-grad	amfibolit	hornblendna	88.0 ± 3.0
K-Ar	Velika Sredska	Ms-Bt granodiorit	biotit	70.0 ± 2.0
K-Ar	Velika Kamenica	Bt pegmatit	biotit	57.0 ± 2.0
Palinkaš i dr. (2000)				
Ar-Ar	Srednja rijeka	pegmatit	muskovit	73.2 ± 0.8
Balen i dr. (2001, 2003)				
Ar-Ar	Zorovac	amfibolit	amfibol	81.1 ± 1.3
Ar-Ar	Pleterac	amfibolit	amfibol	82.9 ± 5.3
Ar-Ar	Srednja rijeka	granit	muskovit	74.1 ± 1.1
Ar-Ar	Mikleuška	gnajs	muskovit	74.8 ± 0.9
Rb-Sr	Srednja rijeka	pegmatit	biotit	66 ± 1
Rb-Sr	Mikleuška	gnajs	biotit	72 ± 1
Sm-Nd	Srednja rijeka	andaluzitski granit	izokrona	77 ± 33
Sm-Nd	Kamenjača	olivinski gabro	izokrona	108.9 ± 8.2
Sm-Nd	Kamenjača	olivinski gabro	izokrona	83 ± 9
Cvetković (2006)				
K-Ar	Pleterac	amfibolit	amfibol	65 ± 6
Hrvatsko-mađarski projekt (2008) - neobjavljeno				
K-Ar	Mikleuška	ortognajs	biotit	70 ± 3
Starijaš i dr. (2010, hrvatsko-austrijski projekt)				
Mnz – EMPA*	Srednja rijeka	leukogranitni dajk	monacit	80 ± 5
Mnz – EMPA*	Pleterac	granitni dajk	monacit	84 ± 22
Mnz – EMPA*	Mikleuška	milonitizirani granit	monacit	96 ± 29
Mnz – EMPA*	Garić-grad	metagranit– dijateksit	monacit	95 ± 16
Xen – EMPA**	Garić-grad	metagranit– dijateksit	ksenotim	103 ± 22
Mnz – EMPA*	Kostanjeva kosa (Jelen-grad)	metagranit– ortognajs	monacit	92 ± 11
Mnz – EMPA*	Jelenska (Jelen-grad)	metagranit– ortognajs	monacit	90 ± 35
Mnz – EMPA*	Garjevica	metapelit	monacit	95 ± 21
Mnz – EMPA*	Jaska potok	metapelit	monacit	$276 \pm 18;$

Mnz – EMPA*	Kamenjača-Stelovača	metapelit	monacit	119 ± 25
Mnz – EMPA*	Kamenac potok	metapelit	monacit	95 ± 16
datiranje cirkona***	Garić-grad	metagranit– dijateksit	cirkon	99 ± 14
datiranje cirkona***	Garić-grad	metagranit– dijateksit	cirkon	486 ± 6
datiranje cirkona***	Jelenska (Jelen-grad)	metagranit– ortognajs	cirkon	483 ± 6
datiranje cirkona***	Pleterac	granitni dajk	cirkon	491 ± 2
datiranje cirkona***				82 ± 1

* Mnz – EMPA: datiranje monacita uz pomoć elektronske mikrosonde

** Xen - EMPA: datiranje ksenotima uz pomoć elektronske mikrosonde

*** datiranje cirkona uz pomoć LA-SF-ICP-MS tehnike

2.3. MAGMATSKE I METAMORFNE EPIZODE KREDNE EVOLUCIJE MOSLAVAČKOG KRISTALINA

Na temelju svih rezultata dosadašnjih istraživanja moguće je okarakterizirati sljedeće kredne epizode magmatske i metamorfne aktivnosti koje su ostale zabilježene u stijenama moslavačkog kristalina:

- magmatska epizoda na prijelazu donje u gornju kredu: intruzija mafitne magme u dublje nivoe kontinentske kore (~8 kbar, ~920°C; starost: ~110-90 mil. god.)
- srednjetlačna metamorfna epizoda zabilježena u amfibolitima (~8 kbar, >800°C)
- 1. gornjokredna metamorfna epizoda: niskotlačno-visokotemperaturna (LP-HT) progradna epizoda obilježena parcijalnim taljenjem metapelita u uvjetima granulitnog facijesa, zabilježena i u amfibolskim stijenama (~2-5 kbar, ~720-790°C; starost: ~100-90 mil. god.)
- gornjokredni magmatski puls i lokalne perturbacije unutar magmatskog sustava:
 - (a) intruzija dvotinjčastog granitoidnog tijela u vršne nivoe kontinentske kore (0.7-2.7 kbar, ~770°C; starost: ~80 mil. god.)
 - (b) interakcija s mafitnom magmom, hibridizacija (mafite sitnozrnate enklave)
 - (c) pojava imiscibiliteta unutar dvotinjčastog granitoida (turmalinske nodule)
 - (d) intruzija leukogranita (~660°C; starost: ~75-66 mil. god.)
- 2. gornjokredna metamorfna epizoda: niskotlačno-visokotemperaturna retrogradna epizoda zabilježena u svim prisutnim litologijama (<2 kbar, <650°C)

Današnji geološki međuodnosi pojedinih dijelova kristalina Moslavačke gore ocrtavaju njegovu kompleksnu krednu metamorfnu i magmatsku evoluciju koja se odvijala kroz slijed blisko vezanih događaja. Niskotlačno-visokotemperaturni karakter gornjokrednih zbivanja zabilježen u svim litologijama proučavanog područja specifičan je u regionalnim okvirima, što daje poseban značaj moslavačkom magmatsko-metamorfnom kompleksu. Podaci istraživanja provedenih na enklavama

sadržanim u granitoidnim stijenama Moslavačke gore, pa tako i na stijenama s područja Pleterca, ukazuju na kompleksnost kredne evolucije na području današnje Moslavačke gore.

2.4. REGIONALNI KONTEKST: SAVSKA ZONA

Pamić i dr. (1984) su, na temelju do tada poznatih podataka o petrografiji i utvrđenim starostima petrološki srodnih mladih alpinskih granita iz zone Motajica-Cer-Bukulja-Kopaonik, pretpostavili da moslavački graniti predstavljaju krajnje sjeverozapadne dijelove navedene zone mladih alpinskih granita. Svoje su zaključke zasnivali na terenskim i regionalno-geološkim razmatranjima, potkrijepljenim geokemijskim podacima. Unatoč toga, Moslavačka gora još se dugo smatrala krajnjim južnim izdankom kristalinske podloge koja pripada Tisiji.

Mobilna zona u kojoj se nalazi Moslavačka gora ustvari je sjeverozapadni ogranač graničnog pojasa između Jadranske mikroploče i nekadašnjeg ruba europskog kontinenta, te čini kenozojski šav između tih dviju jedinica. U skladu sa svojim ranijim opažanjima, Pamić (1993) tu zonu naziva Savsko-vardarskom zonom, dok današnji naziv Savska zona uvode Schmid i dr. (2008), kako bi je razlikovali od Vardarske zone obilježene brojnim pojavama ofiolita na području Dinarida i Helenida. Prema iscrpnom pregledu svih prikupljenih kvantitativnih podataka koji donose Ustaszewski i dr. (2010), Savska zona karakterizirana je prisutnošću postvariscijskih stijena metamorfoziranih do vršnih uvjeta amfibolitnog facijesa. Za područja Savske zone južno od Savske depresije (Prosara, Motajica) Ustaszewski i dr. (2010) utvrdili su maksimalne P-T uvjete metamorfizma oko $550\text{-}630^{\circ}\text{C}$ i 5-7 kbar koji su zabilježeni u vremenu pred oko 65 milijuna godina. Takve procjene P-T uvjeta, kao i vrijeme u kojem su se odvijale, su u suprotnosti s niskotlačno-visokotemperaturnim karakterom metamorfizma zabilježenim na Moslavačkoj gori, kao i s njegovom većom starošću. Prema navedenim autorima, to je pokazatelj vjerojatne nepovezanosti dvaju metamorfnih događaja kojima su ti kompleksi sjeverno i južno od Save nastajali. Nasuprot tome, starosti Moslavačkih granita koje se kreću oko 80 milijuna godina (Starijaš i dr., 2010, te raniji radovi navedeni u Tablici 2.1.) istovremene su s intraoceanskim magmatizmom koji se odvijao u području Savske zone (gabri i doleriti sjeverne Kozare), na temelju čega Ustaszewski i dr. (2010) pretpostavljaju njihovu moguću povezanost.

Moslavačka gora tako po starostima i karakteru metamorfizma predstavlja drugačiji izdanak kristalinske podloge u okvirima Savske zone, ali se jasno razlikuje i od masiva slavonskih planina, u kojima je pored kredne ostala zabilježena variscijska i predvariscijska epizoda evolucije litosfernog bloka Tisije drugačijih P-T karakteristika (pr. Pamić i Lanphere, 1991; Balen i dr., 2006; Horváth i dr., 2010, Balen et al., 2015).

3. ENKLAVE U GRANITIMA – STUDIJA SLUČAJA NA GEOLOŠKOM LOKALITETU PLETERAC

3.1.1. Povijest istraživanja enklava u Hrvatskoj

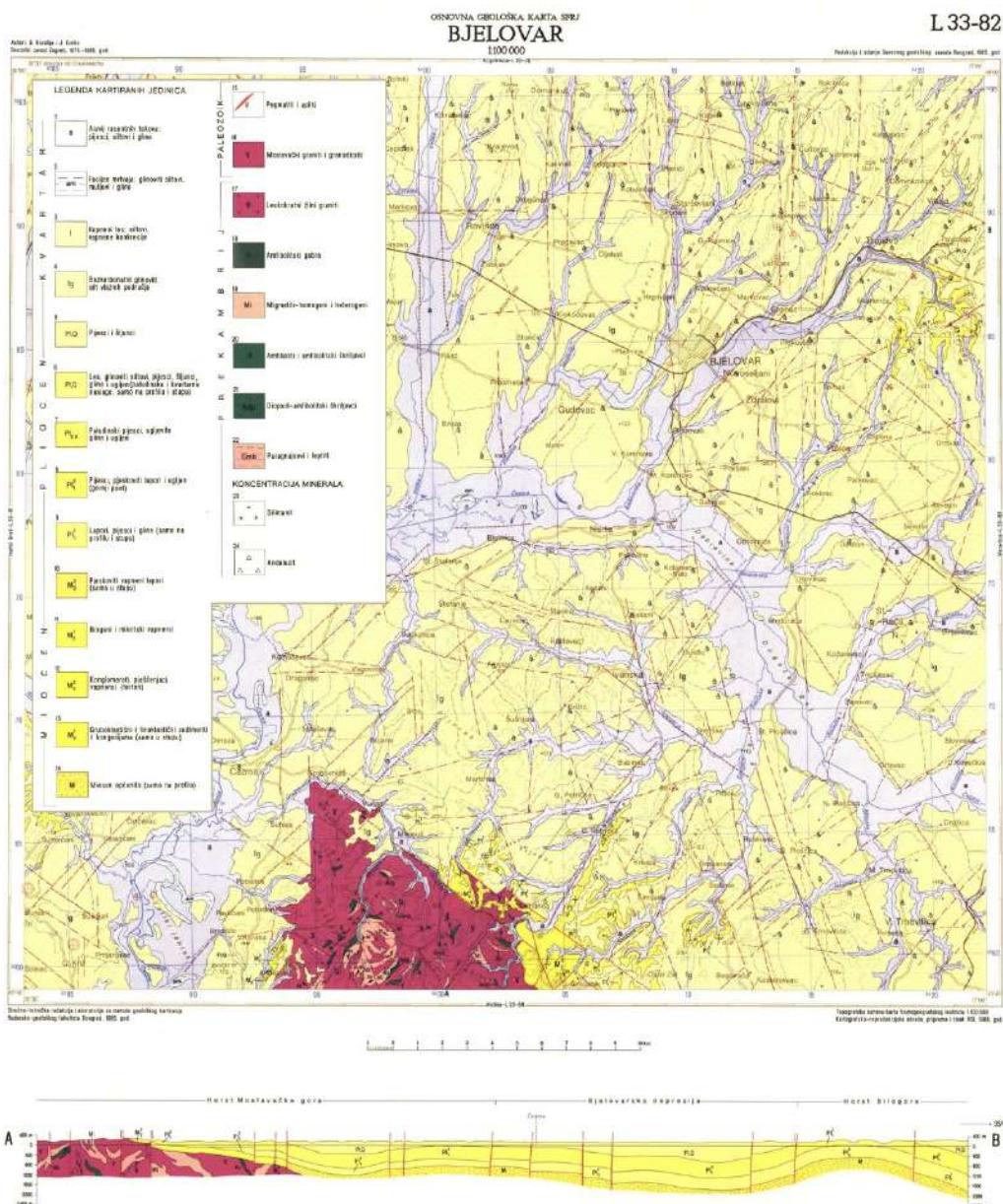
Pod enklavama se podrazumijeva svaka nehomogenost uložena u i potpuno okružena homogenom magmatskom stijenom domaćinom, u ovom slučaju granitoidnim stijenama. Dimenzije enklava variraju, isto kao i njihov oblik, boja, strukturna, teksturna i litološka obilježja. S obzirom na genetsku (ne)povezanost s domaćinom, moguće je razlikovati strane od kognatnih enklava. Strane enklave obuhvaćaju sve tipove enklava koje svojim sastavom i porijeklom nisu vezane uz stijenu-domaćina, a najčešće se radi o ksenolitima stijena kroz i/ili u koje su intrudirali granitoidi. Druga velika skupina enklava – kognatne enklave – pokazuju genetsku vezu sa stijenom domaćinom u kojoj se nalaze i posljedica su djelovanja petrogenetskih procesa koji su se odvijali u samom magmatskom tijelu (Didier i Barbarin, 1991). Oba tipa enklava opažena su u granitoidnim stijenama Moslavačke gore i potencijalan su nositelj velikog broja dodatnih informacija o evoluciji moslavačkog magmatskog tijela, kao i cijelog kristalinskog kompleksa.

Radovi koji su se bavili istraživanjem enklava u granitoidnim stijenama u Hrvatskoj iznimno su rijetki, pri čemu treba kao sistematična istraživanja istaknuti radove na području slavonskih planina. Naime, u svom radu na stijenama s područja Papuka Marci (1968) je pokušala utvrditi porijeklo enklava i gnajseva temeljem njihova sadržaja mikroelemenata. Tom prilikom koristila je pojam "anklave" opisujući ih kao stijene koje "... pojavljuju se u obliku manjih tijela u granitima i gnajsima". Prva je to zabilježena upotreba pojma "anklava" odnosno enklava u hrvatskoj geološkoj literaturi.

Slični radovi vezani uz enklave u moslavačkim granitoidima nisu objavljivani. Međutim, Korolija i dr. (1986), opisujući pojave metamorfnih stijena na Moslavačkoj gori, primjetili su da one "dolaze u obliku manjih (decimetarskih do dekametarskih) ili većih (hektometarskih, rijetko kilometarskih) tijela "anklava" uloženih u granitoidnim stijenama". Opisujući moslavačke granite i granodiorite, Korolija i dr. (1986) koriste i pojam ksenolita, navodeći jasno uočljive pojave fragmenata starijih tipova stijena unutar granitne mase: "Osim paragnajseva u moslavačkim granitima, nalazimo često manje i veće mase (ksenolite) migmatitskih gnajseva i starijih granita.". Termine "anklava" i "ksenolit" u istom kontekstu koristio je i Crnko (1998) u *Vodiču geološke ekskurzije HGD-a na Moslavačku goru*.

Prema Korolija i dr. (1986), smatra se da su metamorfne stijene pripadale nekom starijem strukturnom kompleksu, boranom tijekom bajkalske ili kaledonske orogeneze, koji je razoren intruzijom granitoidnog plutona Moslavačke gore. Korolija i dr. (1986) spominju da svaki blok odnosno "anklava" ima vlastitu orijentaciju uzrokovanu i rotacijom prilikom smještavanja plutona, te da se upravo zbog očuvanosti samo manjih blokova tog prvobitnog kompleksa ne može rekonstruirati

prvobitna orijentacija i sklop metamorftita. Dakle, pojam anklave odnosno enklave u ovom kontekstu odnosi se na fragmente primarnog metamorfognog kompleksa koji sada predstavljaju izolirane strukturne jedinice metamorftita hektometarskih do kilometarskih dimenzija. Na temelju ranijih istraživanja (pr. Korolija i Crnko, 1985; Korolija i dr., 1986; Pamić, 1990; Crnko, 1998) te postojećih geoloških karata, blokovske se pojave metamorfnih stijena Moslavačke gore mogu shvatiti kao enklave stranog materijala uklopljenog u granitoidni pluton.



Slika 3.1. Isječak Lista Bjelovar Osnovne geološke karte SFRJ (Korolija i Crnko, 1985) koji obuhvaća sjeverne padine Moslavačke gore. Na dijelu karte i profila kroz kristalin Moslavačke gore vidljivo je da su pojave metamorfnih stijena unutar granitoidnog tijela prikazane kao izdvojene mase koje su uklopljene u i potpuno okružene granitoidnim stijenama.

Pojmove vezane uz genetski različite tipove enklava susreće se i monografiji *Alpinski granitoidi, migmatiti i metamorfiti Moslavačke gore i okolne podloge Panonskog bazena (Sjeverna Hrvatska, Jugoslavija)* (Pamić, 1990). Autor se, naime, koristio pojmom autolita i restita u kontekstu tumačenja lećastih nakupina tinjaca u moslavačkim granitoidima, tumačeći ih pri tome kao materijal preostao nakon parcijalnog taljenja materijala koji je dao moslavačke granitoide. No, sistematizacija različitih pojava enklava na Moslavačkoj gori u tom radu nije iznesena. Unatoč tome, pažljivim iščitavanjem te monografije može se primjetiti da autor vrlo često opisuje strukturne međuodnose između različitih članova magmatsko-metamorfnog kompleksa Moslavačke gore. Iako se ne može tvrditi da bi pojedine pojave sam autor interpretirao kao enklave, takva interpretacija nameće se čitanjem tih opisa u kontekstu studija enklava u granitima. Tako, opisujući granitni pluton Moslavačke gore, Pamić spominje kako se "... često unutar granitne jezgre nailazi na veće, duž rasjeda izvučene, i manje, vjerojatno magmatski uklopljene zone škriljavaca amfibolitnog facijesa i migmatita, koji su po svojim petrološkim karakteristikama identični onima iz migmatitno-metamorfnog plašta". Na mjestima, međutim, izrijekom spominje i pojave enklava, kao u slučaju stijena uklopljenih u žilne granite: "... u ovim žilnim granitoidima nailazimo na anklave okolnih migmatita; to su obično nepravilni fragmenti decimetarskih dimenzija". Ponekad slične pojave metabazita opisuje kao uske zone unutar granitnog plutona, koje prema svojim opisima također odgovaraju enklavama većih dimenzija: "Nalazimo ih [amfibolite i amfibolske škriljavce] individualizirane u metamorfnom plaštu granitoidnog plutona u okolini Podgarića, te unutar njega, u obliku brojnih uzanih zona dekametarsko-kilometarskih dužina.". Iz ovakvih je opisa jasno vidljivo da strukturni međuodnosti pojedinih članova moslavačkog kristalina nisu uvijek jednoznačni, te se nameće potreba preispitivanja njihovih interpretacija, ne samo u spomenutoj monografiji, već i u djelima ranijih autora.

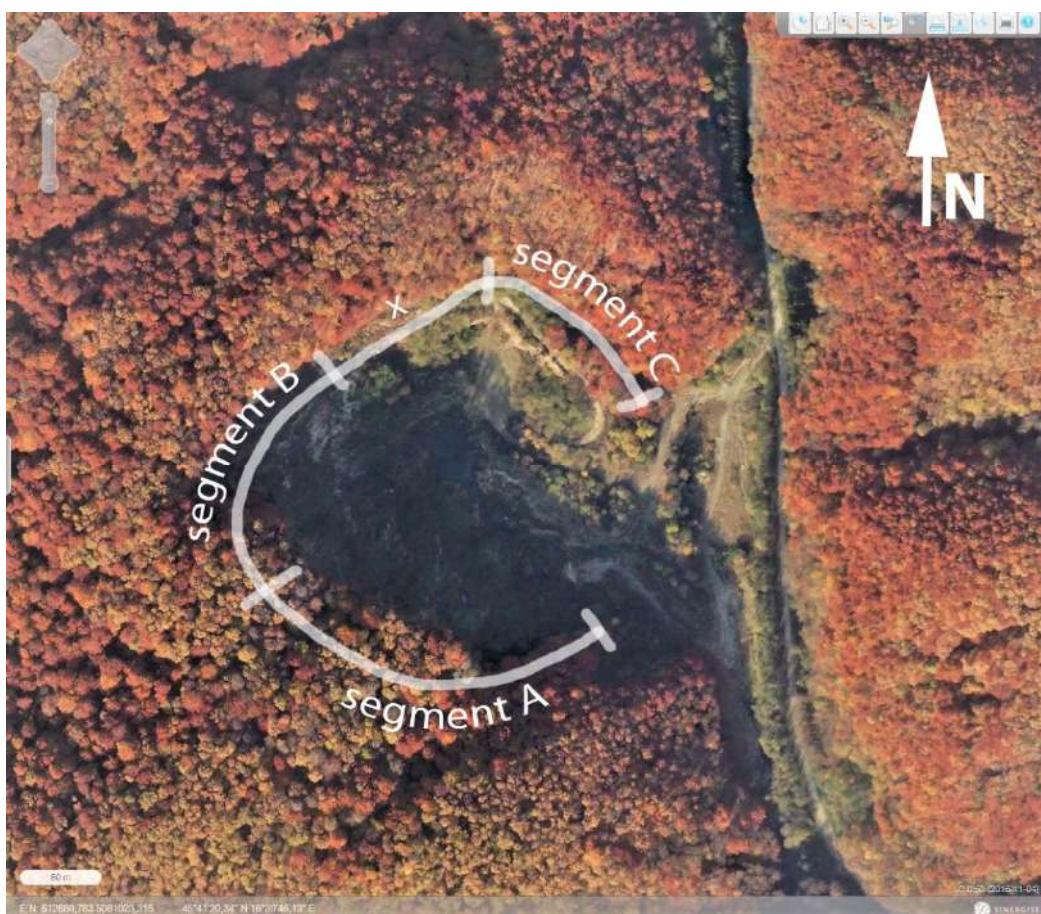
3.1.2. Stijene domaćini i enklave na području lokaliteta Pleterac

Kamenolom Pleterac u trenutnom stanju (listopad 2019.) ima kružni, amfiteatralni oblik sa strmim bočnim stranama. Iako je zbog zazemljavanja izdanaka i formiranja siparišta, te širenja vegetacije u prvi mah u kamenolomu teško uočiti strukturne odnose među pojedinim tipovima stijena, njegovim detaljnijim pregledom postaje jasno da dvotinčasti graniti čine osnovu u koju su uklopljeni blokovi amfibolskih stijena odnosno da na ovom lokalitetu jasno opažamo ksenolite starijeg, metamorfnog dijela kompleksa, koje je razlomio i obuhvatio intrudirajući granit. Oba navedena tipa stijena nerijetko su presječena žilama leukogranita.

Općenito, metasedimentni i metabazitni ksenoliti blokovskih dimenzija čine volumenom najznačajniju skupinu enklava unutar moslavačkog kristalina. Načini pojavljivanja te prostorni raspored tih enklava omogućavaju pogled u samu mehaniku procesa kojima je dolazilo do fragmentacije

osnovnog metamorfognog sklopa u koji je intrudirala magma, načina na koji su fragmenti dislocirani, te koliko su izmijenjeni kroz interakciju s intrudirajućim domaćinom. Posebno je to lijepo vidljivo na području Pleterca.

Prilikom istraživanja, područje samog kamenoloma podijeljeno je u nekoliko segmenata, ovisno o pristupačnosti samih ksenolita te zazemljenosti izdanaka. Segment A je u trenutku prije početka uređenja kamenoloma u jesen 2019. bio najpristupačniji dio za uzorkovanje, tako da većina opisanih uzoraka potječe upravo iz tog dijela. B segment kamenoloma karakteriziran je vrlo strmim stranama i nepristupačnim ksenolitima, iako su upravo zbog toga u njemu kontakti između svjetlijih, granitnih stijena i tamnijih amfibolita bili terenski vrlo lijepo uočljivi. Segment s oznakom x bio je potpuno prekriven vegetacijom, tako da nije bilo mjesta pogodnih za uzorkovanje. C segment kamenoloma karakteriziran je također vrlo strmim stranama i u njemu su, u trenutku pisanja ovog izvještaja, najbolje vidljivi kontakti granita i amfibolita, iako su i dalje manje pristupačni od onih u segmentu A.



Slika 3.2. Satelitski snimak kamenoloma Pleterac (stanje 2015). Amfiteatralni oblik kamenoloma otvara se prema istoku. Označeni su segmenti kamenoloma u kojima je vršeno uzorkovanje i nazivi tih segmenata koji se koriste prilikom opisivanja uzoraka u tekstu. Satelitska podloga: ARKOD Preglednik (www.arkod.hr).

3.1.2.1. Petrografija stijena domaćina: granitoidne stijene lokaliteta Pleterac

Prema svojim mikrostrukturnim, mineraloškim i kemijskim karakteristikama, granitoidne stijene s područja Pleterca mogu se pripisati ranije spomenutim tipovima granitoida koji dominantno izgrađuju sjeverne dijelove kristalina.

Dvotinjčasti granit

Glavnu stijensku masu koja obujmljuje metabazitne ksenolite čini tipičan dvotinjčasti granit srednjezrnate strukture koji je ujedno dominantni tip granita u središnjim i sjevernim dijelovima moslavačkog plutona. Glavne mineralne vrste u dvotinjčastom granitu sjevernih dijelova Moslavačke gore u pravilu su plagioklasi, kalijski feldspat, kvarc i biotit. Podređeno javlja se muskovit, a od akcesornih faza prisutni su apatit, cirkon, monacit i ksenotim, a ponekad granat, andaluzit te opáki minerali.

Dvotinjčasti graniti Pleterca su homogeni, zrnate strukture. Od leukokratskih minerala dominiraju plagioklasi (~40 vol. %), od kalijskih feldspata najčešće se javlja mikroklin (~30 vol. %) te podređeno kvarc (~20 vol. %). Osnovni melanokratski sastojak je biotit (~10 vol. %). Od akcesornim minerala javljaju se svi gore spomenuti koji su tipični u moslavačkim dvotinjčastim granitima, posebno se to odnosi na cirkon.

Plagioklasi su alotriomorfni, rijetko hipidiomorfni. Uglavnom pokazuju polisintetske sraslačke lamele, ponekad i zonalni rast. Većina zrna je alterirana, pri čemu su alteracije naglašenije u središnjim dijelovima zrna nego na rubovima. Mikroklin dolazi u alotriomorfnim zrnima u kojima su vidljive sraslačke lamele koje čine tzv. tartan strukturu karakterističnu za taj mineral. Zrna su također zahvaćena alteracijama, ali su one manje izražene nego kod plagioklasa. Kvarc je alotriomorfan, zrna su nešto sitnija u odnosu na obje spomenute vrste feldspata i ponekad pokazuju znakove plastične deformacije u vidu pojave podzrna i undulognog potamnjnenja. Hipidiomorfni do idiomorni biotiti nalaze se raspršeni po uzorcima, rijetko formiraju manje nakupine. Pokazuju tipičan pleokroizam u smeđim tonovima. Akcesorni minerali su ravnomjerno raspršeni po uzorcima.

Leukograniti

Moslavački leukograniti, pa tako i oni na području Pleterca, dolaze u obliku manjih, nepravilnih tijela i žila (dajkova) koje presijecaju dvotinjčaste granite, nerijetko i same ksenolite metamorfnih stijena. Javljuju su teksturno različiti tipovi: pegmatitni leukograniti (veličina zrna varira od nekoliko mm do cm) te sitnozrnati (1-2 mm) aplitni leukograniti. Oba tipa pokazuju oštре do difuzne kontakte prema dvotinjčastom granitoidnom tijelu. Mineralni sastav leukogranita općenito karakteriziran je prisutnošću kvartca, K-feldspata i plagioklase kao glavnih mineralnih faza, te varijabilnim količinama

muskovita i biotita (pri čemu je muskovit prevladavajući sastojak), andaluzita i turmalina. Od akcesornih su minerala u ovakvim granitima prisutni granat, apatit, cirkon i opake faze.

Tipičan uzorka leukogranita iz žila metarske širine iz Pleterca pokazuje tipičnu zrnatu strukturu u kojoj dominiraju leukokratske mineralne faze, prije svega plagioklasi (~40 vol.%), kvarc (~35 vol. %) i mikroklin (~20 vol. %). Melanokratski minerali javljaju se akcesorno i to biotit, ponekad i turmalin, a uz njih dolaze još i muskovit i cirkon.

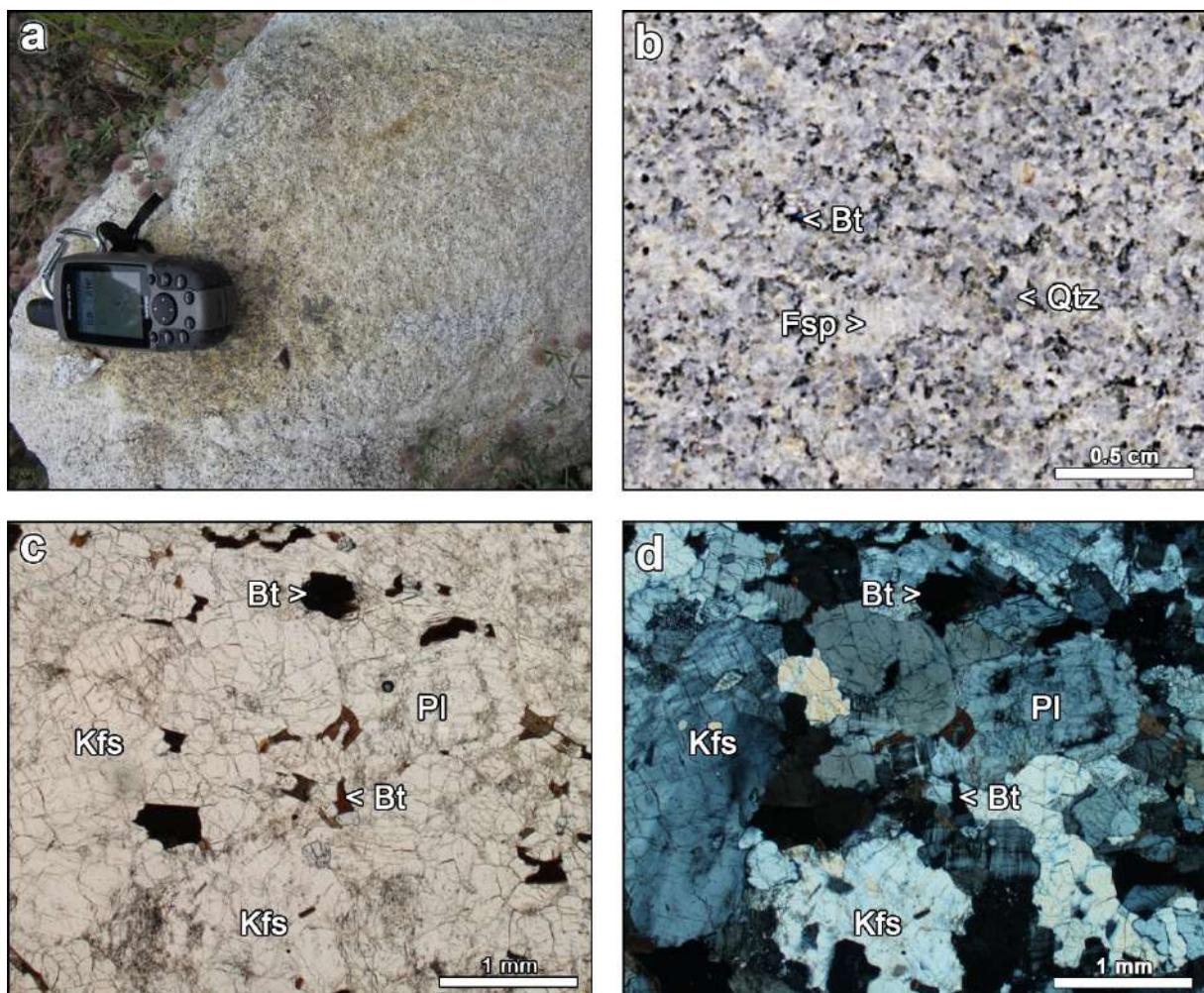
Plagioklasi su alotriomorni, često sa polisintetiskim sraslačkim lamelama. Uglavnom su alterirani. Kvarc je alotriomorfan, pri čemu se na većim zrnima ponekad opažaju pojave podzrna indikativne za plastičnu deformaciju. Mikroklin je također altriomorfan, s tipičnom rešetkastom strukturom. Tinjci (biotit i muskovit) su neravnomjerno raspoređeni po uzorku), kao i turmalin koji mjestimično tvori manje nakupine.

Ostali varijeteti granitoidnih stijena

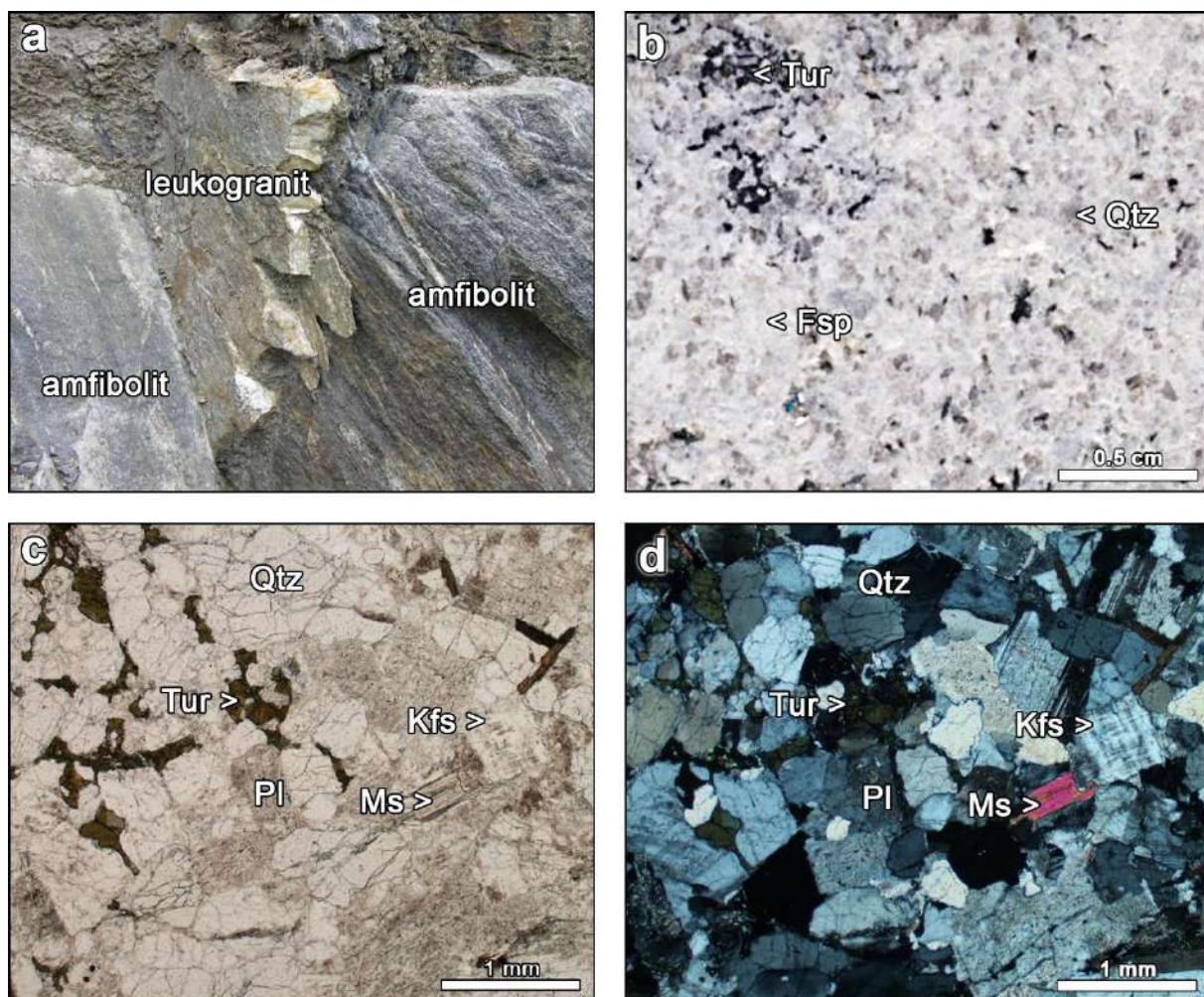
Uz spomenuta dva dominantna tipa granita, na području Pleterca mogu se opaziti i manje žile, ponekad i decimetarska do metarska leukokratska tijela čiji sastav odgovara plagioklasima bogatom varijetetu - trondhjemitu.

Dominantne mineralne faze su plagioklas (~50 vol. %) i kvarc (~45 vol. %), uz minimalnu prisutnost kalijskog feldspata (mikroklin, ~5 vol. %). Od akcesornih faza znaju se javiti granat i biotit.

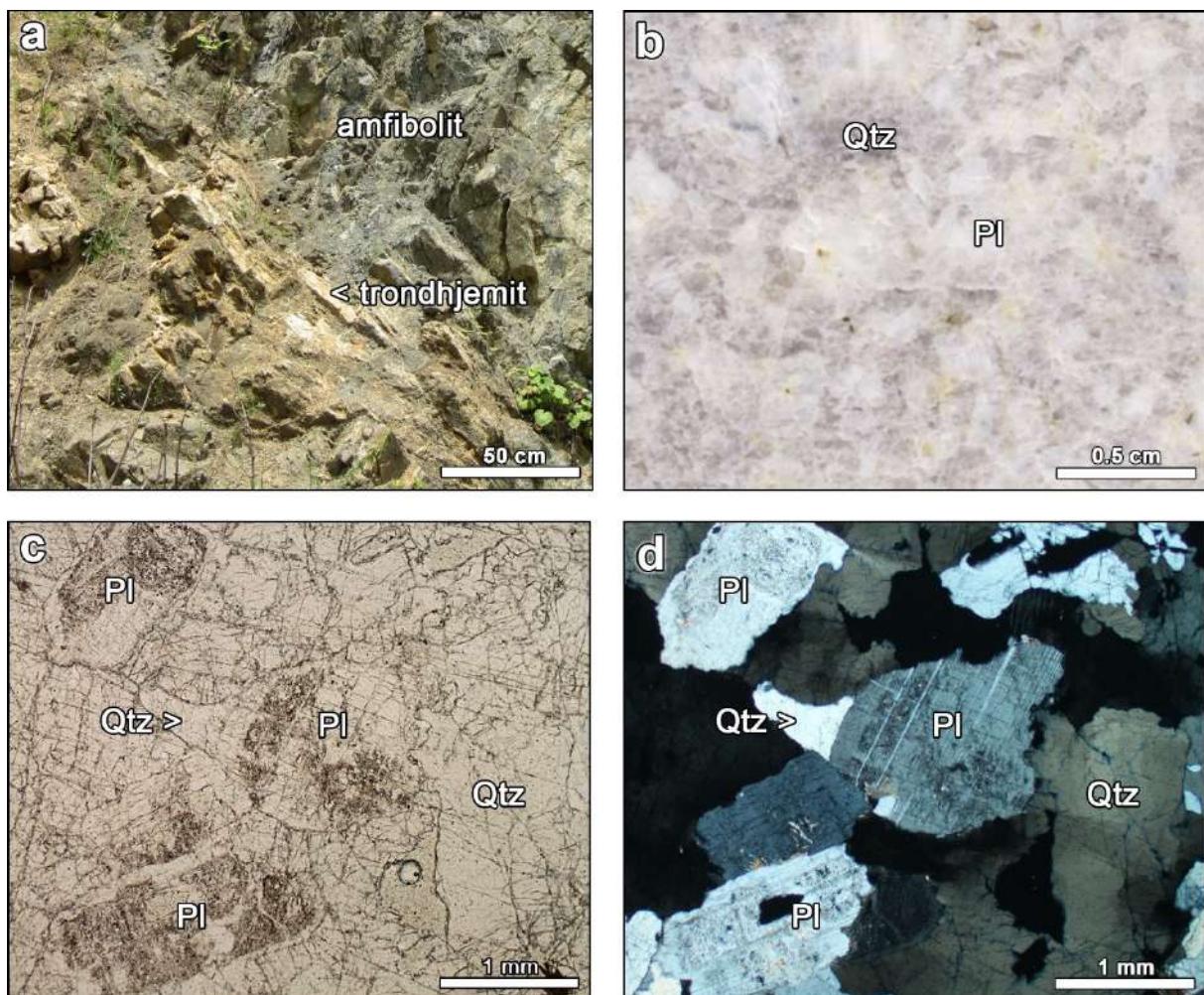
Plagioklasi su alotriomorfni, rijetko hipidiomorfni. Većina zrna pokazuje polisintetske sraslačke lamele. Alteracije su uobičajene i izraženije u središnima zrna nego na rubovima. Kvarc je alotriomorfan, ponekad također plastično deformiran. Alotriomorfna zrna mikrokлина su u pravilu alterirana, ali slabije od plagioklasa. Akcesorni biotiti su uglavnom hipidiomorfni s izraženim pleokroizmom u smeđim tonovima. Rijetki granati su idiomorfni do hipidiomorfni, ponekad raspucani.



Slika 3.3. Makrostrukturna i mikrostrukturna obilježja dvotinjčastih granita s područja Pleterca. (a) Makroskopski su dvotinjčasti graniti karakterizirani svijetlom bojom te raspršenom pojmom tamnih listića biotita. Uglavnom su sitno- do srednjezrnnati. (b) Digitalni snimak plohe reza dvotinjčastog granita s područja Pleterca (evid. br. uzorka: 130A). Uočavaju se tri osnovne mineralne vrste: feldspati (Fsp) i kvarc (Qtz) kao svijetli sastojci, te biotit (Bt) u formi crnih pojedinačnih listića ili u manjim nakupinama. (c) Mikroskopski snimak dvotinjčastog granita u polariziranom svjetlu, bez analizatora. Jasno je vidljiva dominacija providnih minerala među kojima je sada unutar skupine feldspata moguće jasno razlikovati kalijske feldspate (Kfs) točnije mikroklin od plagioklaza (Pl). (d) Isti motiv mikroskopskog preparata kao u (c) snimljen s uključenim analizatorom, čime se unutar plagioklaza (Pl) dodatno uočava zonalnost, a u mikroklinu (Kfs) specifična rešetkasta, tzv. tartan struktura. Kratice imena minerala su prema Kretz (1983).



Slika 3.4. Makrostrukturna i mikrostrukturna obilježja leukogranita s područja Pleterca. (a) Na terenu se leukograniti javljaju u obliku centimetarskih do metarskih žila, čiji je pločasti karakter i oštar kontakt prema susjednim blokovima amfibolita često jasno vidljiv. (b) Digitalni snimak plohe reza leukogranita s područja Pleterca (evid. br. uzorka: 130C). Uočavaju se tri osnovne mineralne vrste: feldspati (Fsp) i kvarc (Qtz) kao svijetli sastojci, te akcesorno turmalin (Tur) u formi tamnih nepravilnih zrna. (c) Mikroskopski snimak leukogranita u polariziranom svjetlu, bez analizatora. Jasno je vidljiva dominacija providnih minerala među kojima je moguće jasno razlikovati kalijske feldspate (Kfs) od plagioklaza (Pl) koji pokazuju izraženije alteracije vidljive kao zamućenje zrna. Sporadično se javlja i svijetli tinjac muskovit (Ms). (d) Isti motiv mikroskopskog preparata kao u (c) snimljen s uključenim analizatorom čime u mikroklinu (Kfs) postaje vidljiva tzv. tartan struktura. Kratice imena minerala su prema Kretz (1983).



Slika 3.5. Makrostrukturna i mikrostrukturna obilježja ostalih pojava granitoidnih stijena s područja Pleterca. (a) Dio žila ili lećastih tijela koja se mogu opaziti u Pletercu izgrađen je od trondhjemita. Makorskopski se teško razlikuje od leukogranita opisanog na prethodnoj slici. (b) Digitalni snimak plohe reza trondhjemita s područja Pleterca (evid. br. uzorka: 130B). Uočavaju se samo dvije mineralne vrste: plagioklasi (Pl) i kvarc (Qtz) kao svijetli sastojci. (c) Mikroskopski snimak trondhjemita u polariziranom svjetlu, bez analizatora. Među providnim mineralima moguće je jasno definirati plagioklas (Pl) koji pokazuju alteracije i čista, ispučana zrna kvarca (Qtz). (d) Isti motiv mikroskopskog preparata kao u (c) snimljen s uključenim analizatorom što omogućava opežanje polisintetskih sraslačkih lamela u zrnima plagioklaza (Pl), te pojavu podzrna u kvarcu (Qtz). Kratice imena minerala su prema Kretz (1983).

3.1.2.2. Petrografija enklava: amfibolske stijene lokaliteta Pleterac

Svi varijeteti amfibolskih odnosno metabazitnih stijena koje se javljaju u samom kamenolomu i širem području pokazuju škriljavost, a nerijetko i paralelno-slojevite vrpčaste tekture različitog modalnog i mineralnog sastava. Kao što je već ranije spomenuto, ovakve su stijene opisane u Pamić (1990), dok u svojoj disertaciji Balen (1999) detaljnije analizira stijene s područja samog kamenoloma. Najnovije petrografske podatke u svom radu iznosi i Olić (2018). Slijedi prikaz osnovnih svojstava podskupina amfibolskih stijena Pleterca koji će se dijelom oslanjati na do sada uvriježenu terminologiju korištenu u spomenutim publikacijama.

Dio stijena može se označiti kao amfiboliti i amfibolski škriljavci. Stijene su to koje pokazuju granoblastičnu do nematoblastičnu strukturu s veličinom zrna koja varira od 0.2-0.5 mm, izuzetno 1-1.5 mm. Tekstura ovih stijena obično je paralelna vrpčasta do lećasta sa konformnom folijacijom. Ovakve se stijene nalaze i na području kamenoloma Pleterac, dok se u većoj zastupljenosti javljaju u okolini Podgarića. U mineralnoj paragenezi amfibolita bitni sastojci su hornblenda i plagioklas. Kao sporedni mineral vrlo često dolazi klinopiroksen, a rjeđe skapolit, kvarc, epidot, granat i biotit. Među akcesornim sastojcima najčešći su opáki minerali i titanit, koji je u nekim stijenama leukokseniziran. Znatno su podređeni apatit i cirkon.

U samom kamenolomu Pleterac javljaju se i varijeteti sa izrazitom paralelnom teksturom koja nastaje kao posljedica izmjene tamnih, izrazito škriljavih, hornblendom i plagioklasom bogatih proslojaka te sivo-zelenih proslojaka slabije izražene škriljavosti u kojima su glavni mineralni sastojci diopsid i neutralni do bazični plagioklas. U tim svjetlijim proslojcima hornblenda se javlja kao sporedni sastojak. Često se u ovom tipu stijena opažaju konkordantne žile i lećaste tvorbe leukokratskog materijala, ponekad rubno obavijene diopsidom. Rjeđe se opažaju i diskordantne žilice diopsida milimetarske širine.

U amfibolskim proslojcima, kao sporedni sastojci, javljaju se magnetit i ilmenit omeđen titanitskim rubom (leukoksen). Ilmenit se rjeđe javlja u diopsidnim proslojcima te umjesto njega češće nalazimo titanit, što ukazuje na promjene fugaciteta kisika i promjenu tlaka. U nekim varijetetima diopsidnih proslojaka dolazi i značajna količina skapolita. Proizvodi izmjene u obje vrste proslojaka su zoisit, epidot, klorit i sericit.

Prema Balen (1999), izmjene amfibola, pojava skapolita kao i diskordantne žilice diopsida i plagioklasa unutar amfibolita ukazuje da je formiranje paralelnih tekstura prije vezano za metamorfnu diferencijaciju i metasomatske procese nego li za teksturne značajke protolita. Na temelju reakcija produkcije cordierita koje se opažaju u metapelitnim stijenama koje se nerijetko nalaze blisko asocirane s metabazitima (amfibolskim stijenama), Petrinec (2013) opažene mikrostruktурне karakteristike pripisuje dominantno procesima parcijalnog taljenja koji su uključivali hornblendu i

plagioklas kao reaktante, dok su bezvodne faze poput diopsida i titanita te granata nastajale kao produkti, uz produkciju leukokratske taljevine koja poprima formu džepića ili žilica. Međutim, prilično velika raznovrsnost mineralnih i mikrostrukturnih obilježja opaženih u amfibolskim stijenama s ostalih lokaliteta na Moslavačkoj gori ukazuje da su u većoj ili manjoj mjeri te varijacije ujedno i moguća posljedica interakcije s asociranim metapelitnim stijenama odnosno migracije i infiltracije fluida koji su pratili dekompresiju i uzdizanje moslavačkog kristalina. Dakako, cijeli je metamorfni dio kompleksa još prostorno blisko asociran s granitoidnim plutonom, čija je evolucija također ostavila značajan trag u razvoju metamorfnog dijela kompleksa Moslavačke gore.

Mikrostrukturno gledano, na području Pleterca mogu se izdvojiti tri osnovne skupine amfibolita i amfibolskih škriljavaca. Sve su relativno jednoličnog sastava što se tiče glavnih mineralnih faza, amfibola (hornblenda) i plagioklasa, uz koje se, ovisno o skupini javljaju i ostali prateći sastojci.

Prvu skupinu čine stijene granoblastične stijene koje makroskopski djeluju prilično jednolično i masivno. Međutim, u mikroskopskim se preparatima i u takvim stijenama jasno opaža folijacija definirana paralelnim redanjem dužih osi hornblende, praćena izduženjem mineralnih agregata leukokratskih faza (plagioklas, ponekad skapolit). Ovakve su stijene zastupljenije u A segmentu kamenoloma. Horblenda u ovakvim uzorcima čini ~60 vol. %, plagioklasi ~30 vol. %, a skapolit se javlja mjestimično u količinama i do 10 vol. %. Od akcesornih minerala najčešće se opaža ilmenit, iako se može javiti i kvarc, cirkon, biotit i klorit.

Hornblenda u ovoj prvoj skupini amfibolita pokazuje često bimodalnu raspodjelu veličine zrna. Veća su zrna pri tome hipidiomorfna do alotriomorfna, ponekad pokazuju zonalnost. Manja zrna su redovito alotriomorfna, bez optički uočljive zonalnosti. Kod svih je pripadnika ove mineralne vrste jasno uočljiv pleokroizam u svjetlosmeđe-zelenoj do smeđe-zelenoj boji. Plagioklasi izgrađuju proslojke različite debljine, uglavnom sumbmilimetarske do milimetarske. Alotriomorfnog su habitusa, neujednačenih veličina. Na nekim se primjercima opaža undulozno potamnjivanje. Tek rijetka, krupnija zrna pokazuju zonalnost, dok su na većem broju zrna uočljive sraslačke lamele deformacijskog postanka. Kontakti između plagioklasa i hornblende često su poligonalni. Skapoliti, kada se javljaju, dolaze u vidu alotriomorfnih zrna nejednoliko raspoređenih kroz preparat. Promatrano bez analizatora, pokazuju veću zamućenost u odnosu na optički vrlo slične plagioklase s kojima su često u bliskom kontaktu.

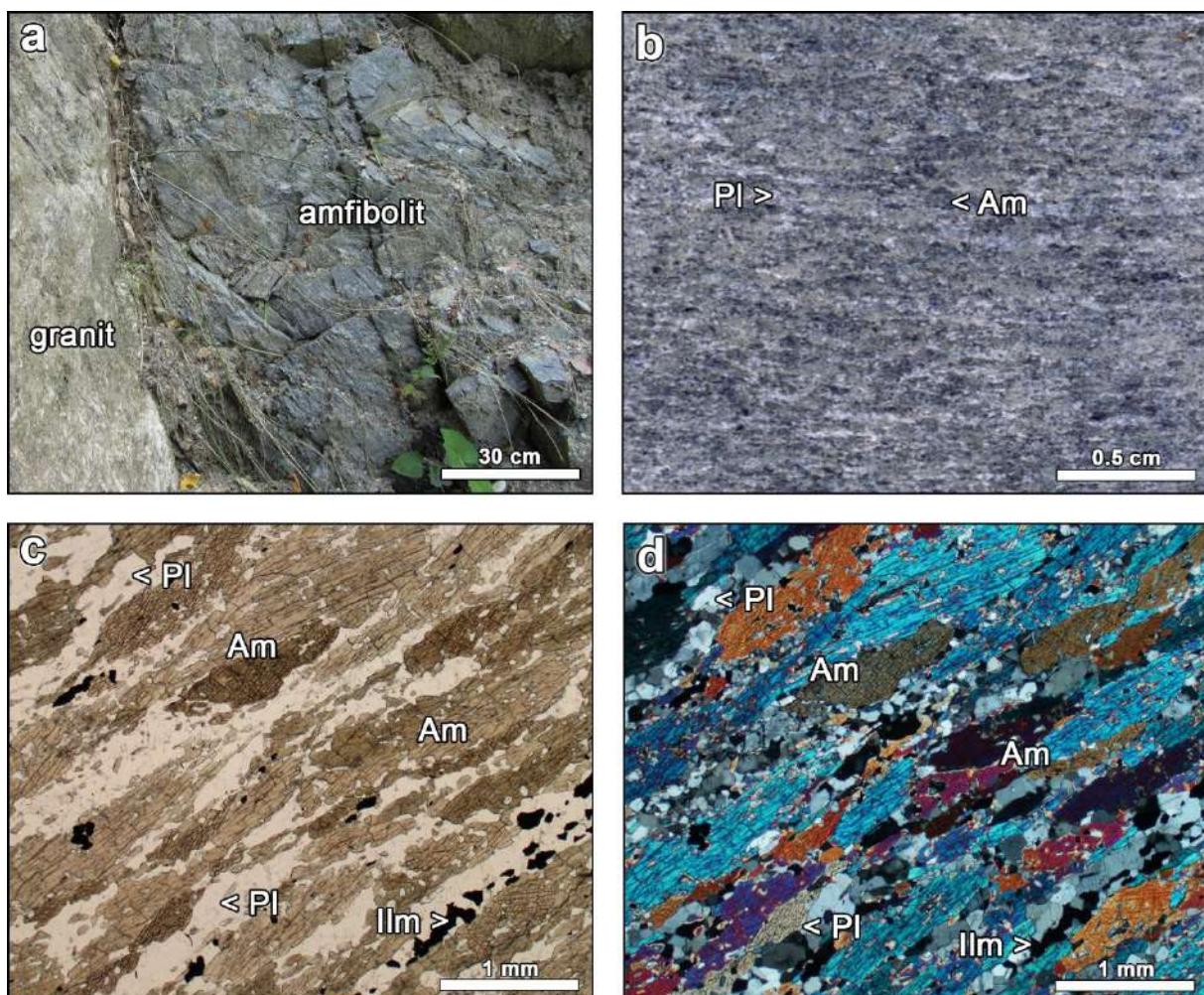
Drugu skupinu amfibolskih stijena također dominantno nalazimo u A segmentu kamenoloma. Radi se o varijitetima amfibolita koji i makroskopski jasno pokazuju vrpčasti karakter, pri čemu su vrpce milimetarskih debljina i jednolične, tamne i svjetle. Radi se o izmjenama proslojaka u kojima dominiraju plagioklasi s amfibolima bogatim proslojcima. Uzorci ove skupine su nematogranoblastični, a folijacija je ponovno definirana paralelnim redanjem dulje osi amfibola (hornblende) te izduženjem plagioklasnih agregata. U mineralnom sastavu dominira hornblenda (~40 vol. %) te plagioklasi (~30 vol.

%), a u značajnim se količinama u pojedinim uzorcima pojavljuje i diopsid (do 20 vol. %). Skapolit je također mjestimično prisutan unutar leukokratskih proslojaka (do 10 vol. %). Kvarc se javlja akcesorno, kao i ilmenit.

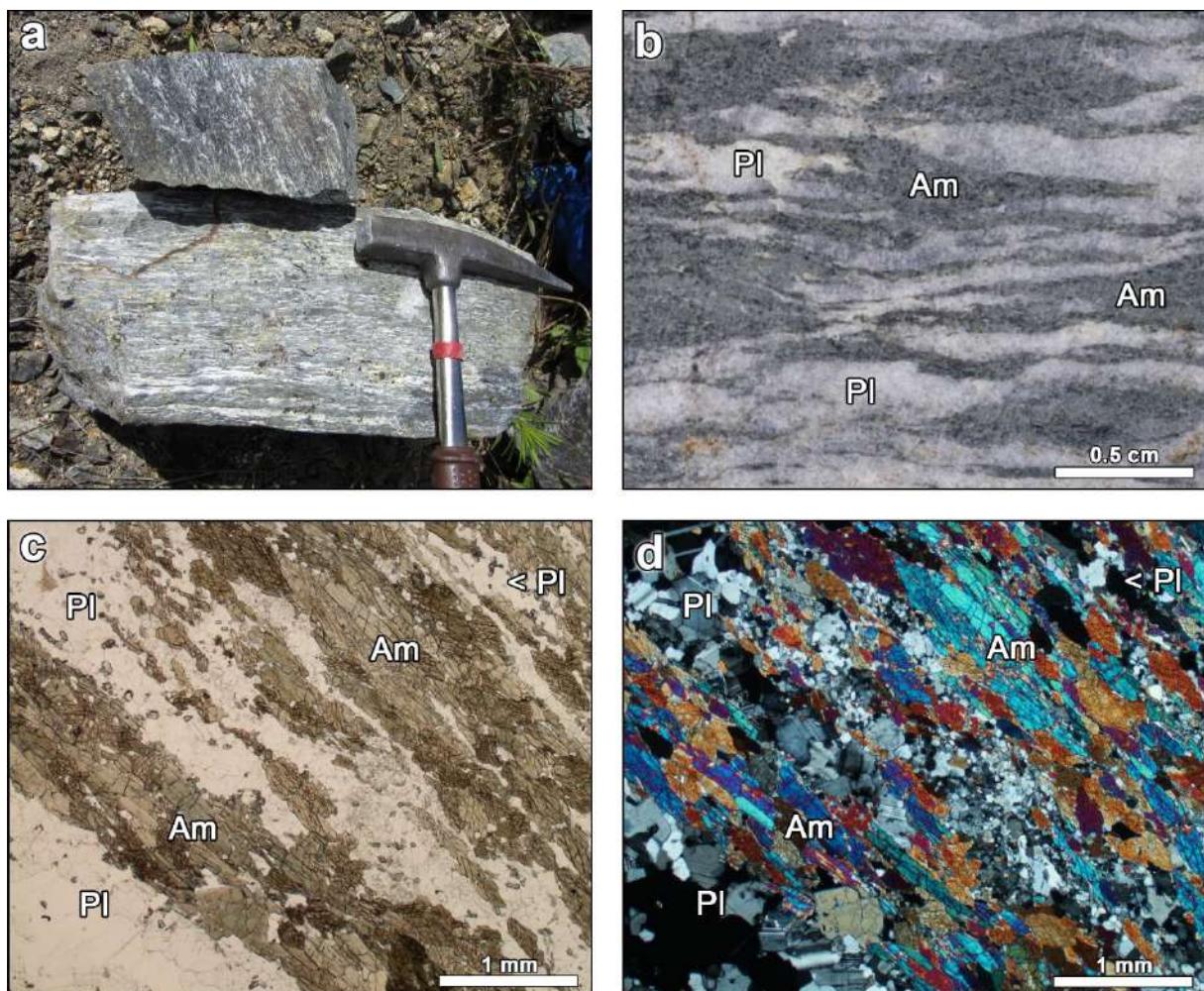
Amfiboli ove, druge skupine amfibolita pripadaju hornblendi, hipidiomorfni su do alotriomorfni zrna, ujednačenih habitusa i veličina. Optički se opaža zonalnost, a prisutan je i pleokroizam u tamnozelenoj i svijetlozelenoj boji. Plagioklasi su alotriomorfni habitusa. Veća zrna međusobno i prema amfibolima pokazuju poligonalan karakter kontakta, a manja nepravilan. Na manjem dijelu zrna opažaju se deformacijske sraslačke lamele. Veća zrna plagioklasa ponegdje pokazuju polisintetske sraslačke lamele nastale kao posljedica rasta samih minerala i ne pokazuju tragove plastičnih deformacija. Kada su prisutni, diopsidi pokazuju hipidiomorfni do alotriomorfni habitus. Neravnomjerno su raspoređeni po uzorcima, iako su češći u leukokratskim proslojcima i uz rubove prema amfibolom bogatim proslojcima. Skaopliti su u pravilu alotriomorfni, sitniji od plagioklasa i čine veće ili manje nakupine. Rijetke pojave kvarca vezane su uz leukokratske, plagioklasima bogate proslojke.

Treća skupina amfibolskih stijena u literaturi se navodi kao amfibolski i/ili amfibol-diopsidni škriljavci. Ove stijene se u kamenolomu javljaju dominantno u B segmentu, te dijelom i u C segmentu. Makroskopski su najlakše prepoznatljive na samom terenu, upravo zbog svog paralelnog progastog izgleda s izmjenama milimetarskih do centimetarskih proslojaka tamne hornblende, nešto svjetlijih, sivo-zelenih proslojaka u kojima dominira diopsid, te svijetlih proslojaka s dominacijom plagioklasa. Osim jasno definirane škriljavosti, ove su stijene karakterizirane granonematoblastičnom strukturom, ovisno o mineralnim sastojcima koji dominiraju u pojedinim uzorcima. U ovim uzorcima i dalje dominira hornblenda (do 40 vol. %), slijede plagioklasi i diopsid (u raznim omjerima, pojedinačno i do 30 vol. %). Skapolit se također može javiti u količinama do 10 vol. %, a od akcesornih minerala ponovno su najzastupljeniji kvarc i ilmenit.

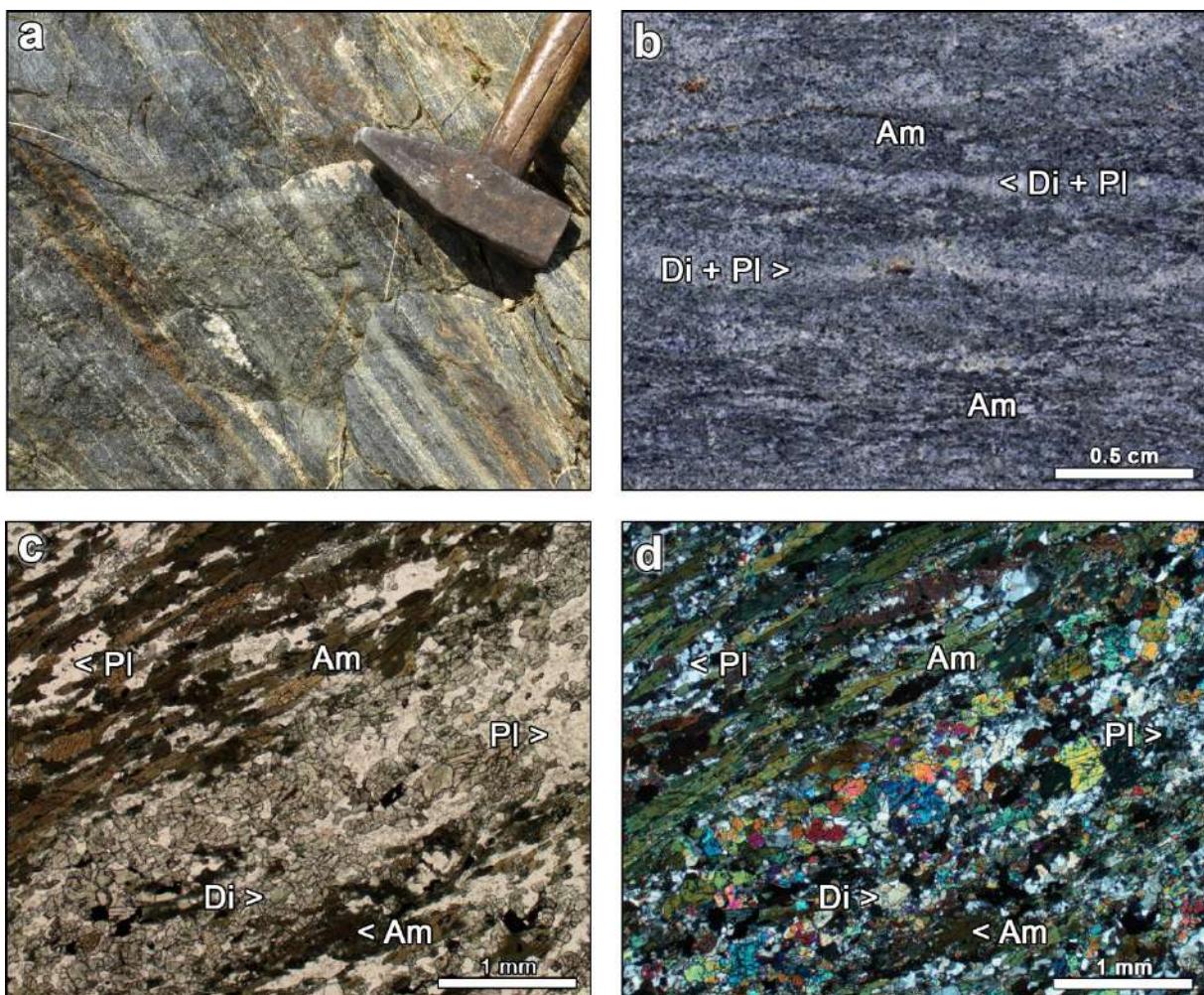
Mikroskopska obilježja hornblende i plagioklasa odgovaraju onima u opisu prethodne skupine, iako su obje mineralne vrste manje veličine zrna nego u prethodnim varijetetima. Glavnu razliku čini veća zastupljenost diopsida, koji uglavnom dolazi u nakupinama, tek rjeđe raspršen po uzorcima. Ponekad formira lećaste nakupine unutar leukokratskih slojeva. Ilmenit (ponekad okružen titanitom) javlja se uglavnom u diopsidom bogatim dijelovima.



Slika 3.6. Makrostrukturna i mikrostrukturna obilježja prve skupine amfibolita (prividno masivnog varijeteta) iz Pleterca. (a) Amfibolit je često tektonski razlomljen u manje fragmente koji djeluju jednolično sivo-crni i masivni. Lijevo se nalazi tipičan dvotinčasti granit s kojim je amfibolit u jasnom i oštem kontaktu. (b) Digitalni snimak plohe reza amfibolita s područja Pleterca (evid. br. uzorka: 136). Uočavaju se samo dve mineralne vrste: plagioklasi (Pl) ravnomjerno prožeti s tamnim amfibolima, preciznije hornblendom (Am). (c) Mikroskopski snimak amfibolita u polariziranom svjetlu, bez analizatora. Među providnim mineralima dominira plagioklas (Pl) koji se u lećastim formama nalazi između tamnih proslojaka bogatih amfibolima (Am). Ilmenit (Ilm) se javlja u formi pojedinačnih neprozirnih zrna ili u vrpčastim nakupinama. (d) Isti motiv mikroskopskog preparata kao u (c) snimljen s uključenim analizatorom pri čemu vidnim poljem dominiraju žive interferencijske boje I. reda prisutnih amfibola. Kratice imena minerala su prema Kretz (1983).



Slika 3.7. Makrostrukturna i mikrostrukturna obilježja druge skupine amfibolita iz Pleterca. **(a)** Makroskopski, uzorci pokazuju izmjenu tamnih i svjetlih subcentimetarskih vrpci. **(b)** Digitalni snimak plohe reza amfibolita s područja Pleterca (evid. br. uzorka: 139). Uočavaju se samo dvije mineralne vrste: plagioklasi (Pl) koji se izmjenjuju s tamnim amfibolima tj. hornblendom (Am). **(c)** Mikroskopski snimak amfibolita u polariziranom svjetlu, bez analizatora. Među providnim mineralima dominira plagioklas (Pl) koji u ovom tipu amfibolita formira najčešće kontinuirane vrpce. Amfiboli (hornblenda) svojom dužom osi definiraju škriljavost i u tamnim proslojcima. **(d)** Isti motiv mikroskopskog preparata kao u (c) snimljen s uključenim analizatorom, pri čemu vidnim poljem dominiraju žive interferencijske boje I. reda prisutnih amfibola, dok su plagioklasi manje veličine zrna i sive interferencijske boje. Kratice imena minerala su prema Kretz (1983).



Slika 3.8. Makrostrukturna i mikrostrukturna obilježja treće skupine amfibolita iz Pleterca. **(a)** Makroskopski, uzorci pokazuju izmjenu subcentimetarskih vrpci sivo-zelene, crne i sivo-bijele boje. **(b)** Digitalni snimak plohe reza amfibolita s područja Pleterca (evid. br. uzorka: 141). Uočavaju se svijetli i tamni mineralni sastojci, no vrpčati karakter nije tako očit kao u terenskom mjerilu na slici (a). **(c)** Mikroskopski snimak amfibolita u polariziranom svjetlu, bez analizatora. Središnjim dijelom vidnog polja dominiraju sivo-zeleni pirokseni, diopsid (Di) među kojim se nalaze plagioklasi (Pl). Plagioklasi se javljaju i unutar taminijih, hornblendom (Am) bogatijih proslojaka. Amfiboli (hornlenda) svojom dužom osi definiraju škriljavost. **(d)** Isti motiv mikroskopskog preparata kao u (c) snimljen s uključenim analizatorom, pri čemu vidnim poljem dominiraju žive interferencijske boje I. reda zrnima diopsida, dok u ovom položaju zrna hornblende interferiraju zeleno. Kratice imena minerala su prema Kretz (1983).

3.1.2.3. Značaj proučavanja terenskih međuodnosa na području lokaliteta Pleterac

Ksenoliti amfibolskih stijena koji se opažaju na lokalitetu Pleterac karakterizirani su uglatim oblicima i uglavnom pokazuju oštar kontakt prema granitnoj stijeni domaćinu. Leukogranitne žile centimetarske do metarske debljine sijeku dvotinjčasti granit, a ponekad i same ksenolite. Iako se među ksenolitima mogu opaziti varijacije u ukupnom mineralnom sastavu te strukturno-teksturnim karakteristikama, svi pokazuju jasno izraženu škriljavost, bilo da je ona definirana ritmičnim izmjenama amfibolima i plagioklasima bogatih proslojaka ili pak vrpčastom teksturom kao posljedicom izdvajanja jasno definiranih domena bogatih diopsidom. Upravo pojava diopsida kao značajnog mineralnog sastojka u većini promatranih ksenolita amfibolskih stijena, zatim pojava granitnog varijeteta trondhjemita, kao i pojava leukokratskih lećastih do žilnih segregacija ekvigranularnog karaktera idu u prilog činjenici da su amfibolski ksenoliti zabilježili procese parcijalnog taljenja vezanog uz dehidraciju dominantnog tamnog sastojka - hornblende. Uniformnost strukturno-teksturnih karakteristika kroz blokove odnosno od njihovih središta prema kontaktnoj zoni s granitnim domaćinom, kao i uglat te oštar kontakt prema granitu i relativna rotacija pojedinih blokova, također idu u prilog činjenici da su zapisi parcijalnog taljenja u amfibolskim ksenolitima najvjerojatnije zapis takvih procesa iz vremena koje je prethodilo samoj intruziji granita, kada su amfibolske stijene još činile jedinstveni metamorfni sklop u nešto dubljim nivoima kore na području današnje Moslavačke gore.



Slika 3.9. Panoramski snimak A i B segmenta kamenoloma Pleterac definiranih u ovom radu pri kraju aktivne eksploatacije (travanj, 2009). Na zazemljenim plohamama teško se opažaju jasne granice između granita i uklopljenih ksenolita. U desnom gornjem dijelu vidljiv je izolirani ksenolit amfibolita okružen granitom. U prvom planu nalazi se još nerazlomljeni blok tipičnog vrpčastog amfibol-diopsidnog škriljavca te dvotinjčastog granita (foto: Z. Petrinec).

4. PRIJEDLOG SADRŽAJA EDUKATIVNE PLOČE

4.1. Kratki prijedlog sadržaja edukativne ploče za geolokalitet Pleterac

Moslavačka gora

Moslavačka gora danas je šumovito je sredogorje (Humka, 489 m n.v.) 60-ak kilometara jugoistočno od Zagreba. Predstavlja relativno mali izdanak podloge Panonskog bazena, izgrađen od granita, uz koji se nalaze i razni tipovi metamorfnih stijena, a sve je okruženo sedimentima taloženim u "Panonskom moru".

Iako su graniti stijene koje kristaliziraju ispod Zemljine površine, danas ih ustvari vrlo često nalazimo upravo na njoj. Ono što je potrebno da bi one dospjele na površinu Zemlje, naknadni su i prilično nasilni tektonski pokreti poput rasjedanja i boranja te u pravilu još "malo" erozije koja će ukloniti preostale kilometre suvišnih naslaga. No, nas najčešće zanima vrijeme kada su nastajale takve stijene u dubini, stoga se moramo vratiti 80-ak milijuna godina u prošlost.

Hrvatska kakvu poznajemo s geografskih karata tada definitivno nije postojala. Bila su tu neka sasvim druga kopna i mora. Nakon raspada superkontinenta Pangee, europski je kontinent u kredi već dobrim dijelom poprimio današnje obrise. Međutim, rubna su područja još uvijek bila "u izgradnji". Brojni manji fragmenti litosfernih ploča, koji će poput mozaika u konačnici sastaviti krajnji jugoistok Europe, tek su polako putovali prema svojim današnjim položajima. Pojas u kojem se danas nalazi Moslavačka gora, koji dijelom prati današnji tok rijeke Save, nalazio se uklješten između dviju litosfernih ploča i bio je obilježen vrlo živahnim tektonskim zbivanjima – Jadranska ploča koju je pred sobom gurala Afrika počela se podvlačiti pod rub Europske ploče pri čemu je dolazilo i do pretaljivanja stijena u dubinama i nastanka različitih tipova magmatskih stijena, među kojima su i graniti.

"Crne" i "bijele" stijene kamenoloma Pleterac

Magma iz koje nastaje granit svoj život započinje negdje u Zemljinoj kori, uglavnom na dubinama većim od 25 km. Kako je manje gustoće od čvrstih stijena koje ju okružuju, ona se nakon nastanka počinje probijati iz izvorišta prema površini, a na tom joj se putu nalaze čvrste stijene koje su ponekad vrlo ozbiljna prepreka. S vremenom na vrijeme magma ipak uspije otkinuti veće ili manje fragmente tih stijena koji postaju njezini "zarobljenici" – enklave ili ksenoliti – koje nam magma nosi prema površini i koje tako postaju "prozor" u nekada vrlo aktivnan i užaren svijet pod našim nogama.

Kamenolom Pleterac značajan je lokalitet u okvirima cijele Moslavačke gore upravo iz razloga što u njemu, zahvaljujući ekspolataciji kamena, nalazimo jasno vidljive strukturne odnose između stijena starijeg metamorfognog sklopa te granita koji je te stijene razlomio i ponio prema površini prilikom intruzije. Moslavački granit kredne starosti ovdje u sebi sadrži blokove i enklave među kojima

prevladavaju amfiboliti i amfibol-diopsidni škriljavci. Oba tipa stijena često su presječena mlađim žilama leukogranita.

Tamni, često razlomljeni blokovi starijih metamorfnih stijena, amfibolita, odlikuju se izrazitom škriljavosti i često paralelno-slojevitim i vrpčastim teksturama (izmjene slojeva različitog mineralnog sastava). Njihovi glavni mineralni sastojci su amfibol (hornblenda) koji se u nekim od uzoraka odlikuje zonalnom građom te plagioklas (andenzin). Uz njih najčešće dolaze i ilmenit, titanit, kvarc, diopsid, klinozoisit, epidot, biotit, klorit i granat. Dosta su česti varijeteti amfibolita s izrazitom paralelnom teksturom, koja je posljedica izmjene tamnih, škriljavih, hornblendom i plagioklasom bogatih vrpci sa zelenkasto-sivim, granoblastičnim (zrnatim) vrcama u kojima su glavni sastojci klinopiroksen (diopsid) i plagioklas (podređeno se javlja i skapolit). Takvi se varijeteti nazivaju još i amfibol-diopsidnim škriljavcima. Škriljavost i vrpčaste tekture, kao i mineralni sastav ovih stijena, kriju informacije o geološkoj povijesti ovog terena koja je prethodila intruziji granita.

Graniti koji su stijena domaćin tamnih ksenolita amfibolita mogu se opisati kao dvotinčasti – to znači da u njima, uz uobičajene svjetle minerale poput kvarca i feldspata, nalazimo raspršene još i tamne lističe tinjca biotita, te svjetlige, srebrnaste lističe muskovita. Ravnomjerna veličina i raspored mineralnih sastojaka u takvim stijenama govore nam da su kristalizirale unutar Zemljine kore, a ne na njezinoj površini.

4.2. Duži prijedlog sadržaja edukativne ploče za geolokalitet Pleterac

Moslavačka gora

Moslavačka gora danas je šumovito sredogorje (Humka, 489 m n.v.) 60-ak kilometara jugoistočno od Zagreba, koje se poput otoka izdiže iz naplavnih ravnica Ilove, Česme i Lonje. Geološki gledano, Moslavačka gora je relativno mali izdanak podloge Panonskog bazena, izrađen od granita uz koji se nalaze i razni tipovi metamorfnih stijena, a sve je okruženo sedimentima taloženim u "Panonskom moru".

Iako su graniti stijene koje kristaliziraju ispod Zemljine površine, danas ih ustvari vrlo često nalazimo upravo na njoj. Ono što je potrebno da bi one dospjele na površinu Zemlje, naknadni su i prilično nasilni tektonski pokreti poput rasjedanja i boranja te u pravilu još "malo" erozije koja će ukloniti preostale kilometre suvišnih naslaga. Za moslavačke granite točno znamo kada su kristalizirali u dubini. Naime, minerali i u njima "zamrzuti" radioaktivni satovi zapamtili su vrijeme kada se sam granit ohladio toliko da je postao čvrsta stijena kakvu danas vidimo, a to je bilo prije 80 milijuna godina.

Vrijeme je to koje poznajemo još i pod geološkim nazivom kreda. O, da, to je upravo onaj period geološke prošlosti koji je završio najpoznatijim od svih izumiranja u povijesti Zemlje – onim koje je istrijebilo dinosaure.

Zbivanja u vrijeme krede

Hrvatska kakvu poznajemo s geografskih karata tada definitivno nije postojala. Bila su tu neka sasvim druga kopna i mora. Nakon raspada superkontinenta Pangee, evropski je kontinent u kredi već dobrim dijelom poprimio današnje obrise. Međutim, rubna su područja još uvijek bila "u izgradnji". Brojni manji fragmenti litosfernih ploča, koji će poput mozaika u konačnici sastaviti krajnji jugoistok Europe, tek su polako putovali prema svojim današnjim položajima. Jedan od njih, Tisija, odlomljen nešto ranije s ruba tadašnjeg evropskog kopna, u kredi je polako zauzeo svoju današnju poziciju i postao sastavni dio stijenske podloge jugozapadnog dijela današnjeg Panonskog bazena. Njegove ostatke danas nalazimo na području Slavonskih planina. Nasuprot tome, negdje usred oceana zvanog Neotethys, koji je u kredi dijelio jugoistok Europe od afričkog kopna, na malenoj Jadranskoj ploči taložili su se sedimenti toplih mora – vavnenci – koji danas izgrađuju primorsku i dobar dio gorske Hrvatske. Pojas u kojem se danas nalazi Moslavačka gora, koji dijelom prati današnji tok rijeke Save, nalazio se uklješten između spomenutih ploča i bio je obilježen vrlo živahnim tektonskim zbivanjima – Jadranska ploča koju je pred sobom gurala Afrika počela se podvlačiti pod rub Europske ploče pri čemu je dolazilo i do pretaljivanja stijena u dubinama i nastanka različitih tipova magmatskih stijena, među kojima su i graniti.

Graniti

Graniti su intruzivne magmatske stijene bogate silicijem koje u značajnoj mjeri grade kontinentsku koru na Zemlji. Svijetle su boje, što je posljedica mineralnog sastava u kojem dominiraju minerali feldspati i kvarc te manje količine tamnog tinjca biotita koji u svojoj strukturi sadrži jednu vrlo bitnu supstancu - vodu. Nastaju kristalizacijom magme ispod Zemljine površine, gdje polagano hlađenje dovodi do nastanka zrnate strukture. Takve magme bogate silicijem ne mogu nastati ukoliko ne postoje dva ključna faktora: aktivna tektonika i voda, a to je upravo ono što Zemlju razlikuje od ostalih planeta Sunčeva sustava.

Enklave - drugačije stijene zarobljene u granitu kao nositelji informacija iz dubina

No, kako znamo odakle su graniti došli? Oni sami nose odgovor na to pitanje u obliku uklopaka koje su prikupili dok su još bili u rastaljenom stanju negdje u kori, a to su enklave – veći ili manji fragmenti drugačijeg materijala, koji sada nalazimo uklopljen u magmatsku stijenu domaćina, u ovom slučaju granit, koji ga okružuje sa svih strana. Magma iz koje nastaje granit svoj život započinje negdje u dubini Zemljine kore, uglavnom na dubinama većim od 25 km. Kako je manje gustoće od čvrstih stijena koje ju okružuju, ona se nakon nastanka počinje probijati iz izvorišta prema površini, a na tom joj se putu nalaze čvrste stijene okolne kontinentske kore koje su ponekad vrlo ozbiljna prepreka. S vremenom na vrijeme magma ipak uspije otkinuti veće ili manje fragmente tih stijena, a neke čak i rastali

i na taj način otvorи sebi put ka površini. Pri tome u sebe ugrađuje nove kemijske sastojke. No, nešto od tog materijala ipak dospije do površine "neprobavljeno" i postaje nam "prozor" u nekada vrlo aktivani i užareni svijet pod našim nogama.

Enklave u kamenolomu Pleterac

Kamenolom Pleterac značajan je lokalitet u okvirima cijele Moslavačke gore iz razloga što upravo u njemu, zahvaljujući ekspolataciji kamena, nalazimo jasno vidljive strukturne odnose između stijena starijeg metamorfnog sklopa te granita koji je te stijene razlomio i ponio prema površini prilikom intruzije u vršne nivoe kontinentske kore. Granit kredne starosti u sebi sadrži blokove i enklave među kojima prevladavaju amfiboliti i (granat)-plagioklas-klinopiroksen-amfiboliti. Oba tipa stijena često presijecaju mlađi pegmatiti.

Iako se mogu zamijetiti razlike u volumnom udjelu pojedinih mineralnih faza i strukturno-teksturnim karakteristikama amfibolita, svi se odlikuju izrazitom škriljavosti i često paralelno-slojevitim i vrpčastim teksturama (izmjene slojeva različitog mineralnog sastava). Glavni mineralni sastojci su amfibol (hornblenda) koji se u nekim od uzoraka odlikuje zonalnom građom i plagioklas (andenzin). Uz njih dolaze ilmenit, titanit, kvarc, diopsid, klinozoisit, epidot, biotit, klorit, granat, pirit, zeoliti,... Dosta su česti varijeteti amfibolita s izrazitom paralelnom teksturom, koja je posljedica izmjene tamnih, škriljavih, hornblendom i plagioklasom bogatih vrpci sa zelenastim, granoblastičnim (zrnatim) vrcama u kojima su glavni sastojci klinopiroksen (diopsid) i plagioklas (podređeno se javlja i skapolit).

Ovaj je lokalitet zbog svoje specifičnosti u stijenskom sastavu, strukturama i teksturama, otvorenosti (trenutno napušteni kamenolom) i dostupnosti (relativna blizina Čazme) važan poligon pogodan za edukaciju i znanstveno proučavanje granita i amfibolita te njihovog međusobnog odnosa.

Jeste li znali: što su minerali?

Minerali su osnovne građevne jedinice stijena. Radi se o prirodnim anorganskim čvrstim tvarima karakteriziranim pravilnom unutrašnjom građom. Često se nazivaju i kristalima, posebno kada su razvijene plohe i kada se njihova geometrijska pravilnost može opaziti i golim okom. Međutim, u stijenama su minerali najčešće manje spektakularni – vidimo ih tek kao mrljice različitih boja. U osnovi ih dijelimo na svijetle i tamne. Tamni su minerali karakterizirani prisutnošću velikih količina željeza i/ili magnezija (uz silicij) u svojim strukturama, pa se često nazivaju i femski (Fe + Mg) odnosno melanokratski (melanos = grč. taman, crn). Jedan od njih je i amfibol poznat pod nazivom horbnlenda, koji je glavni sastojak tamnih amfibolskih ksenolita ovdje u Pletercu. Drugi tamni mineral u tim istim stijenama je i piroksen imena diopsid, koji u ksenolitima ponekad izgrađuje sivo-zelene proslojke. Za razliku od ksenolita, granitne stijene u kojima se oni nalaze svjetlo su obojene. Posljedica je to prisutnosti velikog broja minerala koji u svojim strukturama sadrže puno više silicija, te aluminij, kao i

značajnu količinu natrija i kalija. Takvi se minerali često nazivaju salski ($Si + Al$) odnosno leukokratski (leukos = grč. svjetao). No i u svjetlim granitima možemo opaziti male crne lisiće – također jedan tamni mineral, biotit. Dakle, možemo reći da je svaka stijena mješavina svijetlih i tamnih sastojaka odnosno onih bogatijih željezom i magnezijem i onih bogatijih silicijem, aluminijem i ostalim spomenutim elementima. Ovisno o njihovim omjerima odnosno ukupnoj količini silicija u odnosu na druge elemente, možemo stijene podijeliti na: bazične (tamne, one koje sadrže dominantno Fe-Mg bogate minerale), neutralne (kod kojih svijetlih i tamnih sastojaka ima podjednako) te kisele (svijetle, one koje sadrže vrlo veliku količinu Si, Al, Na i K).

5. POPIS LITERATURE I OSTALIH IZVORA

- Balen, D. (1999): Metamorfne reakcije u amfibolskim stijenama Moslavačke gore. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 264 str.
- Balen, D., Broska, I. (2011): Tourmaline nodules – products of devolatilization within the final evolutionary stage of granitic melt? *Geological Society, London, Special Publications*, 350, 53–68.
- Balen, D., Horvath, P., Tomljenović, B., Finger, F., Humer, B., Pamić, J., Arkai, P. (2006): A record of pre-Variscan Barrovian regional metamorphism in the eastern part of the Slavonian Mountains (NE Croatia). *Mineralogy and Petrology*, 143-162.
- Balen, D., Massone, H.-J., Pertinec, Z. (2015): Collision-related Early Paleozoic evolution of a crustal fragment from the northern Gondwana margin (Slavonian Mountains, Tisia Mega-Unit, Croatia): Reconstruction of the P-T path, timing and paleotectonic implications. *Lithos*, 232, 211-228.
- Balen, D., Petrinec, Z. (2011): Contrasting tourmaline types from peraluminous granites: a case study from Moslavačka Gora (Croatia). *Mineralogy and Petrology*. 102: 117-134.
- Balen, D., Schuster, R., Garašić, V. (2001): A new contribution to the geochronology of Mt. Moslavačka Gora (Croatia). U: *PANCARDI 2001, II. Abstracts* (A. Ádam, L. Szarka, J. Szendrői, ur.), DP-2, Sopron.
- Balen, D., Schuster, R., Garašić, V., Majer, V. (2003): The Kamenjača olivine gabbro from Moslavačka Gora (South Tisia, Croatia). *Rad HAZU*, 486, knj. 27, 57-76.
- Barić, LJ. (1954): Biotitno-kordijeritni škriljavac s andaluzitom i silimanitom iz Jaske potoka u Moslavačkoj gori. *Geologija*, 2, 145-157.
- Clarke, D. B. , Dorais, M., Barbarin, B., Barker, D., Cesare, B., Clarke, G., El Baghdadi, M., Erdmann, S., Förster, H.-J., Gaeta, M., Gottesmann, B., Jamieson, R. A., Kontak, D. J., Koller, F., Gomes, C. L., London, D., Morgan VI, G.B., Neves, L. J. P. F. , Pattison, D. R. M., Pereira, A. J. S. C., Pichavant, M., Rapela, C. W., Renno, A. D., Richards, S., Roberts, M., Rottura, A., Saavedra, J., Sial, A. N., Toselli, A. J., Ugidos, J. M., Uher, P., Villaseca, C., Visonà, D., Whitney, D. L., Williamson, B., Woodard, H. H. (2005): Occurrence and origin of andalusite in peraluminous felsic igneous rocks. *Journal of Petrology*, 46, 441-472.
- Crnko, J. (1998): *Vodič geološke ekskurzije na Moslavačku goru*. Hrvatsko geološko društvo, Zagreb, 58 + 27 str.
- Cvetković, M. (2006): Petrološke i petrogenetske značajke višestruko metamorfoziranih amfibolita Moslavačke gore. Rektorova nagrada. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 27 str.
- Deleon, G. (1969): Pregled rezultata određivanja apsolutne geološke starosti granitoidnih stijena u Jugoslaviji. *Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina*, 6, 165-182.
- Didier, J., Barbarin, B. (1991): The different types of enclaves in granites – Nomenclature. U: *Enclaves and Granite Petrology, Developments in Petrology 13* (J. Didier, B. Barbarin, ur.). Elsevier, Amsterdam. 19-24.

- Fettes, D., Desmons, J. (ur.) (2007): *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks.* Cambridge University Press, Cambridge, 244 str.
- Garašić, V. (1993): Uvjeti metamorfizma stijena amfibolitnog facijesa Moslavačke gore. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 142 str.
- Horváth, P., Balen, D., Finger, F., Tomljenović, B., Krenn, E. (2010): Contrasting P-T-t paths from the basement of the Tisia Unit (Slavonian Mts., NE Croatia): application of quantitative phase diagrams and monazite age dating. *Lithos*, 269-282.
- Jamičić, D., Crnko, J. (2009a): Kompleks metamorfnih stijena (prekambrij – Pk). U: *Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000*. (I. Velić, I. Vlahović, ur.). Hrvatski geološki institut, Zagreb. 11-13.
- Jamičić, D., Crnko, J. (2009b): Kompleks metamorfnih stijena (ordovicij, slilur, devon – O, S, D). U: *Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000*. (I. Velić, I. Vlahović, ur.). Hrvatski geološki institut, Zagreb. 15-15.
- Jamičić, D., Crnko, J. (2009c): Graniti (perm – P). U: *Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000*. (I. Velić, I. Vlahović, ur.). Hrvatski geološki institut, Zagreb. 25-25.
- Korolija, B., Crnko, J. (1985): *Osnovna geološka karta SFRJ. List Bjelovar 1:100 000 L 33-82*. Geološki zavod Zagreb (1975-1985), Savezni geološki zavod Beograd, Beograd.
- Korolija, B., Vragović, M., Crnko, J., Mamužić, P. (1986): *Osnovna geološka karta 1:100 000. Tumač za list L 33-82 Bjelovar*. Geološki zavod Zagreb (1985), Savezni geološki zavod Beograd, Beograd.
- Kretz, R. (1983): Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 68, 277-279.
- Lanphere, M., Pamić, J. (1992): K-Ar and Rb-Sr ages of alpine granite-metamorphic complexes in the northwestern Dinarides and the southwestern part of the Pannonian Basin in northern Croatia. *Acta geologica*, 22, 97-111.
- Le Maitre (ur.) (2002): *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommision on the Systematics of Igneous Rocks*. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge. 236 str.
- Marci, V. (1968): Utvrđivanje porijekla anklava i gnajsa Papuka na osnovu sadržaja mikroelemenata. *Geološki vjesnik*, 21, 273-280.
- Olić, I. (2018): Intruzija krednog granita u stijene starijeg metamorfnog sklopa: procesi fragmentacije, smještavanja i lokalne interakcije na području kristalina Moslavačke gore, rad predložen za Rektorovu nagradu u akad. god. 2017/18. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 58 str.
- Palinkaš, A. L., Balogh, K., Strmić, S., Pamić, J., Bermanec, V. (2000): Ar/Ar dating and fluid inclusion study of muscovite, from the pegmatite of Srednja Rijeka, within granitoids of Moslavačka Gora Mt., North Croatia. *Pancardi 2000. Vijesti Hrvatskog geološkog društva*, 37/3: 95-96.
- Pamić, J. (1990): Alpinski granitoidi, migmatiti i metamorfiti Moslavačke gore i okolne podloge Panonskog bazena (Sjeverna Hrvatska, Jugoslavija). *Rad JAZU*, knj. 10, 7-121.

- Pamić, J. (1993): Eoalpine to Neoalpine magmatic and meta-morphic processes in the northwestern Vardar Zone, the easternmost Periadriatic Zone and the southwestern Panno-nian Basin. *Tectonophysics*, 226, 503–518.
- Pamić, J. (1998): Crystalline basement of the South Pannonian Basin based on surface and subsurface data. *Nafta*, 49, 371-390.
- Pamić, J., Krkalo, E., Prohić, E. (1984): Granitne stijene sjeverozapadnog dijela Moslavačke gore u sjevernoj Hrvatskoj. *Geologija*, 27, 201-212.
- Pamić, J., Lanphere, M. (1991): Hercinske granitne i metamorfne stijene Papuka, Psunja, Krndije i okolne podloge Panonskog bazena u Slavoniji (sjev. Hrvatska). Posebno izdanje *Geologija*, 32. Ljubljana. 172 str.
- Petrinec, Z. (2013): Strane i kognatni enklave u krednim granitoidima Moslavačke gore: mikrostrukturni i geokemijski uvid u kompleksnu evoluciju moslavačkog kristalina. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 264 str.
- Sawyer, E. W. (2008): *Atlas of migmatites*. The Canadian Mineralogist Special Publication 9. NRC Research Press, Ottawa. 371 str.
- Sawyer, E. W., Brown, M. (ur.) (2008): *Working With Migmatites*. Mineralogical Association of Canada Short Course Series 38. Quebec. 158 str.
- Schmid, S. M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 139–183.
- Starijaš, B., Gerdes, A., Balen, D., Tibljaš, D., Finger, F. (2010): The Moslavačka Gora crystalline massif in Croatia: a Cretaceous heat dome within remnant Ordovician granitoid crust. *Swiss Journal of Geosciences*, 103, 61-82.
- Tućan, F. (1953): Nov prinos poznavanju kristalastih stijena Moslavačke Gore. *Spomenica M. Kišpatića*, JAZU, Zagreb. 39-69.
- Ustaszewski, K., Kounov, A., Schmid, S., Schlsleger, U., Krenn, E., Frank, W., Fügenschuh, B. (2010): Evolution of the Adria-Europe plate boundary in the northern Dinarides: From continent-continent collision to back-arc extension. *Tectonics*, 29, TC6017.
- Vragović, M., Majer, V. (1979): Prilozi za poznavanje metamorfnih stijena Zagrebačke gore, Moslavačke gore i Papuka (Hrvatska, Jugoslavija). *Geološki vjesnik*, 31, 295-308.
- Vukotinović, L.J. (1852b): Das Moslaviner Gebirge in Croatiens. *Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, 3/2, 92 -95.

OSTALI IZVORI

ARKOD Preglednik. Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju. www.arkod.hr

Državni ured za reviziju RH, Područni ured Bjelovar (2016): Izvješće o obavljenoj reviziji: Gospodarenje mineralnim sirovinama na području Bjelovarsko-bilogorske županije. Bjelovar: Državni ured za reviziju, Područni ured Bjelovar, 24 str.

Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske (2008). Zagreb: Ministarstvo rada i poduzetništva, Uprava za energetiku i rudarstvo

Uredba o proglašenju Regionalnog parka Moslavačka gora. Narodne novine, 68/2011.