

# Sedimentološke značajke gornjomiocenskih naslaga kod Budinščine u Hrvatskom zagorju

---

**Burić, Mario**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:091603>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

MARIO BURIĆ

**SEDIMENTOLOŠKE ZNAČAJKE  
GORNJOMIOCENSKIH NASLAGA KOD BUDINŠĆINE  
U HRVATSKOM ZAGORJU**

Diplomski rad  
predložen Geološkom odsjeku  
Prirodoslovno matematičkog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog stupnja  
diplomiranog inženjera geologije

Zagreb, 30. rujna 2019.

Ovaj diplomski rad izrađen je u sklopu diplomskog studija geologije, smjer diplomirani inženjer geologije, na Mineraloško-petrografskom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu pod vodstvom prof. dr. sc. Marijana Kovačića.

## **ZAHVALE**

Prof. dr. sc. Marijanu Kovačiću, zahvaljujem na prenesenom znanju tijekom studija te na strpljenju, trudu i vremenu koje je mi je kao voditelj rada iskazao, od početne faze na terenu pa sve do završne faze pisanja.

Doc. dr. sc. Hani Fajković i doc.dr.sc. Borni Lužar-Oberiter zahvaljujem na velikom razumijevanju, ljubaznosti i stručnim sugestijama pri samom završetku rada.

Dipl. ing. Štefeci Kampić zahvaljujem na pomoći i savjetima prilikom izrade analiza u kemijskom laboratoriju Mineraloško – petrografskog zavoda.

Prof. dr. sc. Nenadu Tomašiću i prof. dr. sc. Jasenki Sremac zahvaljujem na pomoći, savjetima i poticaju tijekom godina studiranja.

Dipl. ing. Ivani Boljat, dipl.ing. Nikoli Gizdavec i Hrvoju Buriću zahvaljujem na svesrdnoj pomoći prilikom pisanja rada.

Najiskrenije zahvaljujem mami, sinu, bratu, prijateljima i kolegama.

Zahvaljujem svima ostalima koji su na bilo koji način pomogli pri izradi ovog rada.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek  
Minerološko-petrografski zavod

### DIPLOMSKI RAD

#### SEDIMENTOLOŠKE ZNAČAJKE GORNJOMIOCENSKIH NASLAGA

#### KOD BUDINŠČINE U HRVATSKOM ZAGORJU

MARIO BURIĆ

**Rad je izrađen:** Minerološko-petrografski zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 95, 10000 Zagreb

**Sažetak:** Predmet istraživanja u ovome radu bili su gornjomiocenski sedimenti koji na površinu izdanjuju na jugoistočnim padinama Ivanščice u Hrvatskom zagorju. Istraživanja su obuhvatila snimanja dva geološka stupa kod sela Gornja Batina i Hrašćina i analizu njihovog modalnog i granulometrijskog sastava te sadržaj karbonatne komponente. Dobiveni rezultati pokazali su da na oba izdanka dominiraju pijesci koji su na stupu Gornja Batina sitnozrnati, srednje do loše sortirani i sadrže oko 15% karbonatne komponente, a na stupu Hrašćina su siltozni i sadrže između 30% i 35% karbonatne komponente. U sastavu pjeskovitih sedimenata prevladavaju čestice kvarca i čestice stabilnih stijena, a značajno je zastupljen i muskovit. U zajednici teških minerala dominiraju prozirni teški minerali među kojima su najzastupljeniji granati, epidot i amfiboli. Kalcitični siltovi pojavljuju se u obliku centimetarsko-decimetarskih proslojaka i sadrže između 30% i 43%  $\text{CaCO}_3$ . Strukturna i mineraloška zrelost pješčanog detritusa ukazuje da se radi o klastičnom materijalu koji je pretrpio relativno dugačak transport, a modalni sastav da detritus najvećim dijelom potječe iz starijih sedimentih i metamorfnih stijena. Sastav istraživanih pijesaka vrlo je sličan sastavu gornjomiocenskih pijesaka sa šireg prostora jugozapadnog dijela Panonskog bazena, a za koje je utvrđeno da su Alpske provenijencije.

**Ključne riječi:** gornji miocen, Hrvatsko zagorje, klastični detritus, jezero, provenijencija.

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica geološkog odsjeka, Horvatovac 102a, Zagreb

**Mentor:** prof.dr.sc. Marijan Kovačić

**Ocjenjivači:** prof.dr.sc. Marijan Kovačić

doc.dr.sc. Hana Fajković

doc.dr.sc. Borna Lužar-Oberiter

**Rad prihvaćen:** 10.09.2019.

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Institute of Mineralogy and Petrology

**Graduate Engineer Thesis**

**SEDIMENTOLOGICAL PROPERTIES OF THE UPPER MIOCENE SEDIMENTES  
AT THE BUDINŠČINA IN HRVATSKO ZAGORJE**

**MARIO BURIC**

**Thesis completed in:** Horvatovac 95, 10 000 Zagreb

**Abstract:** A subject of this research paper are Upper Miocene sediments which appear on the surface of Mt. Ivanščica southeast slopes in Hrvatsko zagorje. The research included interpretation of two geological columns located near villages Hrašćina and Batina Gornja, based on their granulometric and carbonate content analyses. The results indicated presence of both calcite silt and sand sediments. Sands can be characterized as poorly sorted and grained. In their composition quartz and stable rock particles dominate, while garnets and epidote represent heavy mineral associations. CaCO<sub>3</sub> component content varies between 13% and 45%. Structural and mineralogical maturity of sand detritus, as well as a lack of coarse clastic detritus suggest distant sources origin and consequently longer transport. Heavy mineral associations in sands show that the source rocks of the clastic detritus were mostly older sediment and metamorphic rocks. The composition of the observed sands is very similar to the composition of Upper Miocene sands in outer southwestern parts of the Pannonian basin, which belongs to Alpine provenance.

**Key words:** upper Miocene, Hrvatsko zagorje, clastic detritus, lake, provenance

**Thesis consists:**

**Original in:** Croatian

**Thesis deposited in:** Centar geological Library, Horvatovac 102a, Zagreb

**Supervisor:** prof. dr. sc. Marijan Kovačić

**Reviewers:** prof. dr. sc. Marijan Kovačić

doc. dr. sc. Hana Fajković

doc. dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

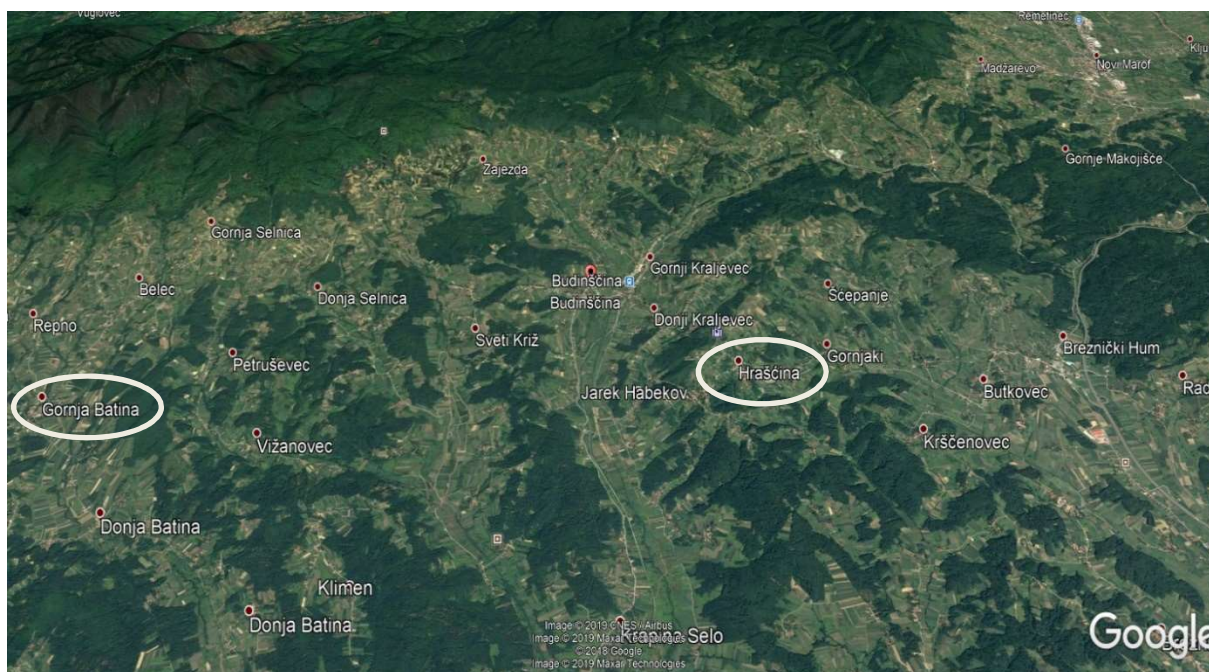
**Thesis accepted:** 10.09.2019

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	IV
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTARAŽIVANJA .....	4
3. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA .....	5
3.1 GEOLOŠKA GRAĐA HRVATSKOG ZAGORJA.....	5
3.2 NEOGENSKE NASLAGE PODRUČJA KONJŠČINE .....	6
3.3 RAZVOJ PANONSKOG BAZENA .....	9
4. METODE I MATERIJALI .....	11
4.1 TERENSKI RAD .....	11
4.2 LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA .....	12
4.2.1 PRIPREMA UZORAKA .....	12
4.2.2 GRANULOMETRIJSKA ANALIZA.....	12
4.2.3 ODREĐIVANJE UDJELA KARBONATNE KOMPONENTE .....	13
4.2.4 GRAVITACIJSKA SEPARACIJA TEŠKE MINERALNE FRAKCIJE.....	14
4.2.5 ANALIZA TEŠKIH MINERALA.....	15
5. REZULTATI.....	16
5.1 REZULTATI TERENSKIH ISTRAŽIVANJA .....	16
5.2. GRANULOMETRIJA .....	19
5.3 UDIO KARBONATNE KOMPONENTE.....	22
5.4. REZULTATI ANALIZE MODALNOG SASTVA UZORAKA .....	22
5.4.3 OPISI TEŠKIH MINERALA.....	25
6. RASPRAVA.....	31
6.1. UVJETI I OKOLIŠI TALOŽENJA .....	31
6.2. PORIJEKLO MATERIJALA.....	31
7. ZAKLJUČAK .....	35
8. LITERATURA.....	36

## 1. UVOD

Predmet istraživanja u ovome diplomskom radu bili su klastični sedimenti koji su tijekom kasnog miocena taloženi na prostoru sjeveroistočnog dijela Hrvatskog zagorja, a danas su na površini otkriveni u okolici Budinščine kod sela Gornja Batina i Hrašćina (Slika 1.1). Naime, tijekom kasnog miocena prostor današnjeg Hrvatskog zagorja najvećim dijelom bio je prekriven tadašnjim Panonskim jezerom. To je jezero formirano na granici srednjeg i gornjeg miocena, prije oko 11, 6 milijuna godina, kada je prostor dotadašnjeg morskog prostora Središnjeg Paratethysa izoliran od morskih prostora u okruženju i pretvoren u veliko bočato jezero (STEININGER et. al., 1988; ROGL, 1996). U svojoj prvoj fazi jezero je povećavalo svoju površinu i produbljivalo, da bi u drugoj fazi opličavalo, postupno smanjivalo svoju površinu i u konačnici bilo pretvoreno u aluvijalnu ravnicu (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).



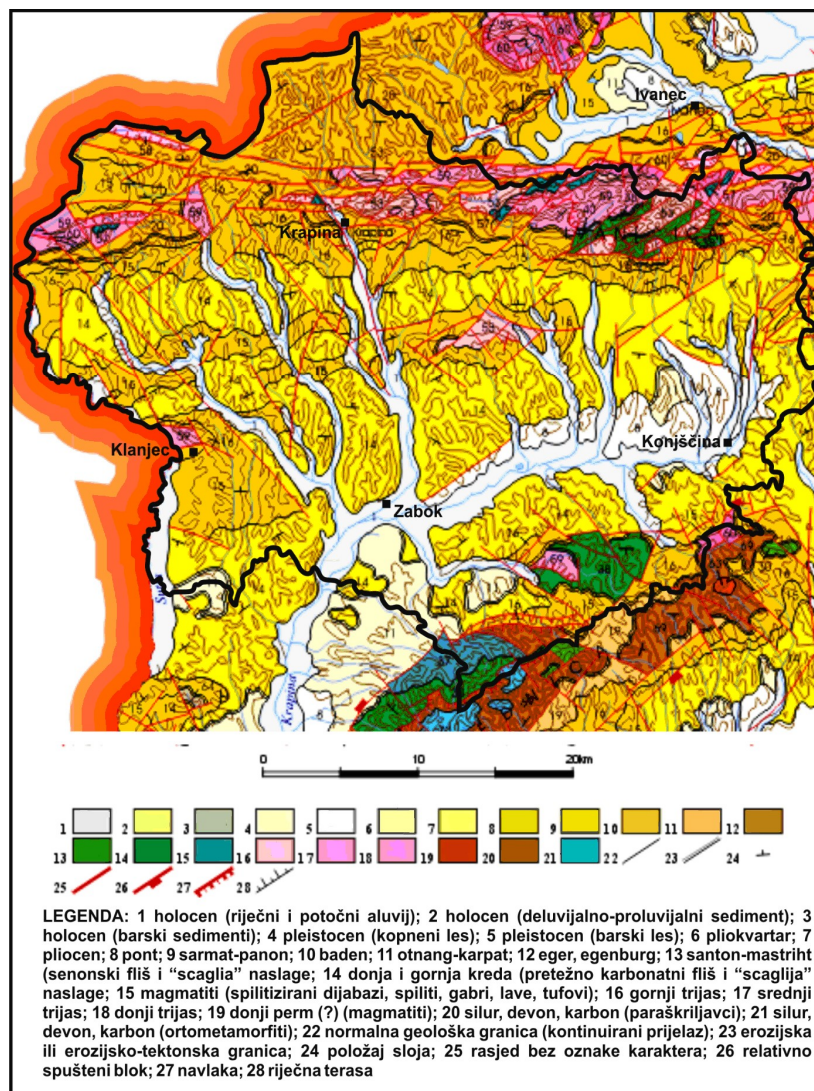
*Slika 1.1 Geografski položaj i satelitska snimka istraživanog područja  
(www.google.com)*

U pet do sedam milijuna godina koliko je jezero egzistiralo u njemu su istaložene velike količine klastičnog materijala (SAFTIĆ et al., 2003). Taj je materijal u jezero donasan s planinskih lanaca koji okružuju Panonski bazen ili s lokalno izdignutih područja unutar samoga bazena (KOVAČIĆ & GRIZELJ, 2006).



Najveći dio sedimenata taloženih u Panonskom jezeru nije danas dostupan na površini jer je prekriven mlađim pliocenskim i kvartarnim naslagama ili je erodiran.

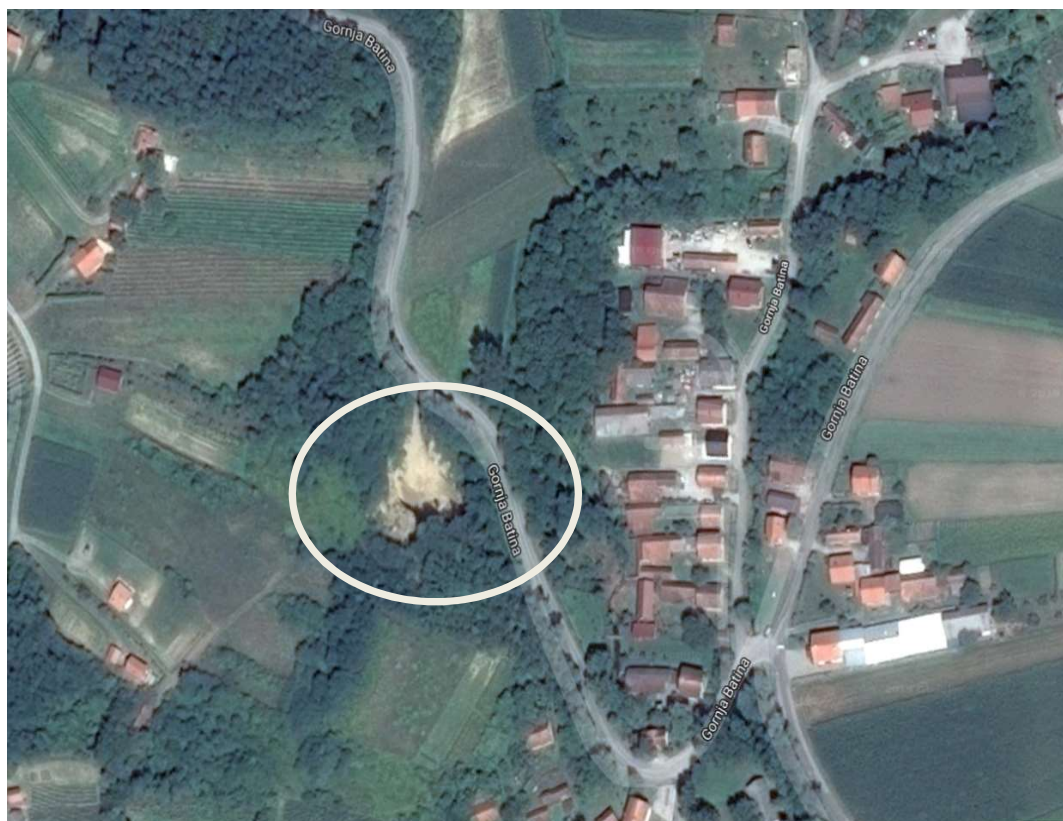
Na površini su sedimenti gornjeg miocena najčešće otkriveni u rubnim područjima bazena ili na obodima planina koje su smještene u samome bazenu. Na prostoru Republike Hrvatske, u jugozapadnom dijelu Panonskog bazena sedimenti gornjeg miocena na površini su najbolje otkriveni u Hrvatskom zagorju na prostoru između planine Ivanščice na sjeveru i planine Medvednice na jugu (Slika 1.2).



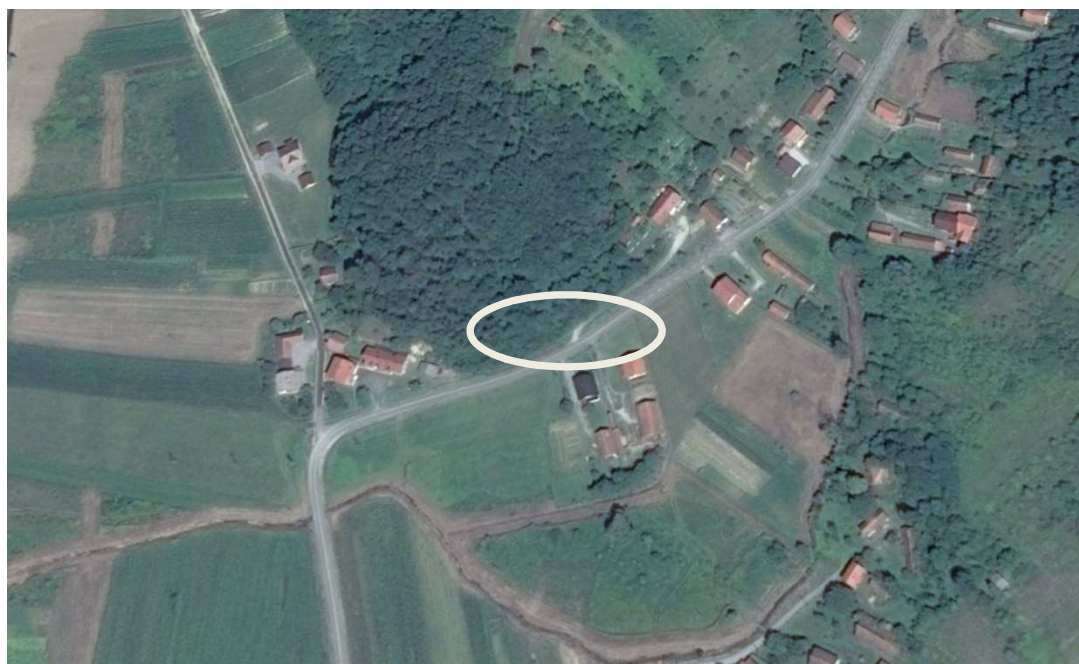
**Slika 1.2** Geološka karta Hrvatskog zagorja; isječak Geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000 (HGI, 1995). Vidi se da je prostor između Ivanščice i Medvednice najvećim dijelom izgrađen od miocenskih naslaga.

Cilj ovoga diplomskog rada bio je utvrditi sedimentološke značajke, sastav i porijeklo klastičnog detritusa koji je tijekom kasnog miocena istaložen u Panonskom jezeru na prostoru današnjeg Hrvatskog zagorja. U tu svrhu snimljena su dva geološka stupa u pjeskovito-

Mario Burić: Sedimentološke značajke gornjomiocenskih naslaga kod Budinščine u Hrvatskom Zagorju  
siltoznim sedimentima u okolici Budinščine u sjeveroistočnom dijelu Hrvatskog zagorja,  
nedaleko od sela Gornja Batina (Slika 1.3) i Hrašćina (Slika 1.4).



*Slika 1.3 Satelitska snimka istraživanog područja, izdanak Gornja Batina. (www.google.com)*



*Slika 1.4 Satelitska snimka istraživanog područja, izdanak Hrašćina. (www.google.com)*

## 2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTARŽIVANJA

Prva geološka istraživanja na području Hrvatskog zagorja započela su sredinom devetnaestog stoljeća i uglavnom su to bila geološka i tektonska regionalna istraživanja. Radovi iz toga vremena danas uglavnom imaju samo povijesnu vrijednost. Sama istraživanja su provodili VUKOTINOVIĆ (1853), ZOLLIKOFER (1861-62), FOETTERLE (1861-62), HAUER (1868) i dr.

Područje sjeverne Hrvatske na prijelazu iz 19. u 20. st. istraživao je D. GORJANOVIĆ-KRAMBERGER. On je autor geoloških karata i tumača za listove: Vinica (1902), Rogatec-Kozje (1904a), Zlatar-Krapina (1904b) i Zagreb (1908). Također je i napravio geotektonsku studiju tih područja (1907). Svojim radovima postavio je temelje svim kasnijim istraživanjima na području sjeverne Hrvatske. Uz njega su na tome području minerološko-petrološka i geološka istraživanja radili M. KIŠPATIĆ (1901, 1909) i F. KOCH (1904).

Intenzivnija geološka i rudarska istraživanja toga područja započinju nakon II. svjetskog rata. Većina radova iz tog razdoblja se odnosi na istraživanja nafte, plina, kamena, ugljena, lapora, tufova, kvarcnog pijeska, mangana, zlata, željeza i dr. Naftonosne slojeve proučavali su OŽEGOVIĆ (1994), PLETIKAPIĆ (1964), KRANJEC (1974), POLŠAK (1979) i dr. Dok su ugljenosne naslage istraživali TAKŠIĆ (1947), TAKŠIĆ & GABRIĆ (1978), PEH (1980) i dr.

Peleontološka i sedimentološka istraživanja terciarnih naslaga objavili su ANIĆ (1952 i 1960), BABIĆ (1959), MULDINI-MAMUŽIĆ (1965), ŠIKIĆ & JOVIĆ (1969), KRANJEC et al. (1976), ŠIKIĆ et al. (1976), ŠIMUNIĆ & ŠIKIĆ (1979), PIKIJA et al. (1981) i dr. Dok su se kvartarnim sedimentima bavili URUMOVIĆ (1971), MILETIĆ et al. (1971), ŠIMUNIĆ et al. (1973) te BABIĆ et al. (1978).

U okviru izrade lista Varaždin Osnovne geološke karte SFRJ 1 : 100.000 ŠIMUNIĆ et al., (1983) dali su dosada najopsežniji prikaz geološke građe šireg prostora Budišćine. Taj je prikaz nadopunio i osuvremenio ŠIMUNIĆ (1992) prilikom svoje doktorske disertacije.



### 3. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

#### 3.1 GEOLOŠKA GRAĐA HRVATSKOG ZAGORJA

Hrvatsko Zagorje izgrađeno je od raznovrsnih sedimentnih, metamornih i magmatskih stijena čiji se postanak odvijao u vremenskom razmaku od preko 400 milijuna godina. Složenost geološke građe Hrvatskog zagorja najbolje se uočava na isječku geološke karte Republike Hrvatske prikazanom na Slici 1.2.

Najstarije stijene u Zagorju na površini su otkrivene na Medvednici, a najvjerojatnije pripadaju mlađem paleozoiku (Slika 1.2). Središnji dio Medvednice izgrađen je od ortoškrljavaca, a njih okružuju parametamorfne stijene među kojima dominiraju različiti tipovi škriljavaca i mramora, a ima i metasilita, metakonglomerata i metapješčenjaka (BELAK, 2009).

Stijene mezozojske starosti na površini možemo naći na morfološki istaknutim dijelovima terena, a najzastupljenije su na Ivanščici, Strahinjščici i sjevernim obroncima Medvednice, ali ih nalazimo i na Kuna gori, Strugači, Cesarskom brdu i na Koštrunavom bregu. Uglavnom su to sedimentne stijene među kojima prevladavaju trijaski dolomiti i kredni klastiti (SOKAČ, 2009A, 2009B, 2009C; ŠPARICA et al., 2009; ŠIKIĆ et al. 2009). Mezozojskim stijenama najvjerojatnije pripadaju i magmatske stijene (dijabazi, spiliti i bazalti) na Medvednici, Strahinjščici i Ivanščici (ŠIKIĆ et al., 2009).

Kenozojske stijene površinski su najzastupljenije stijene u Hrvatskom zagorju. Najstarije su paleocenske starosti, a otkrivene su na sjevernim obroncima Medvednice (ŠIMUNIĆ, 2009). Egeru i egenburgu pripadaju stijene koje se na površini pojavljuju na krajnjem sjeverozapadnom dijelu Zagorja. Uglavnom su to raznovrsni klastiti (ŠIMUNIĆ et al., 2009). Neogenske i kvartarne naslage prekrivaju čitav središnji dio Zagorja između Medvednice na jugu, te Ivanščice, Strahinjščice i Kuna gore na sjeveru (Slika 1.2). Obuhvaćaju raznovrsne sedimente i sedimentne stijene poput vapnenaca, siltova, šljunaka, konglomerata, pješčenjaka i glina koji su taloženi u različitim kopnenim, jezerskim i marinskim okolišima (ŠIMUNIĆ, 2009b; PIKIJA 2009A, 2009B; BASCH, 2009; HEĆIMOVIĆ, 2009A, 2009B). Tijekom kenozoika odvijala se snažna vulkanska aktivnost čemu nam svjedoče naslage vulkanskog pepela naročito dobro razvijene unutar sedimenata miocenske starosti (ŠIMUNIĆ et al., 2009).

### 3.2 NEOGENSKE NASLAGE PODRUČJA BUDINŠČINE

Opis razvoja neogenskih naslaga načinjen je prema Tumaču OGK SFRJ, list Varaždin (ŠIMUNIĆ et al., 1982).

**Neogenske naslage** na širem području Budinščine transgresivno naliježu na stijene podloge Panonskog bazena koje na površini izdaju na južnim obroncima Ivanščice (Slika 3.1). Na površini su zastupljeni svi katovi u rasponu donji miocen-gornji pont. Izdvajanje kronostratigrafskih jedinica izvršeno je prvenstveno na osnovi paleontoloških dokumentacija, uz uvažavanje superpozicijskih i strukturnih odnosa. U neogenu su zastupljeni sedimenti marinske, bočate i slatkovodne sredine, dijelom u pravilnom slijedu, a za razdoblje donjeg i srednjeg miocena karakteristične je povremena vulkanska aktivnost.

Najstarije neogenske naslage u području Budinščine stratigrafski pripadaju **donjem miocenu** (eger, eggenburg oznaka na karti M<sub>1</sub>). Donjomiocenske naslage primarno leže diskordantno na starijoj podlozi, a nastale su kao produkt intenzivne erozije izdignutog reljefa. Znatna varijabilnost litofacijesa i okoliša u bočnom i vertikalnom smislu te sinsedimentacijski vulkanizam ukazuje na značajnu tektonsku aktivnost u vrijeme njihovog stvaranja. Dominantan litološki član su grublji klastiti, pijesci, pješčenjaci, konglomerati i šljunci, a još se pojavljuju lapori, gline, tufovi i ugljeni.

**Badenske naslage** (oznaka na karti M<sub>2</sub><sup>2</sup>) karakteriziraju marinski sedimenti nastali u različitim okolišima zone neritika, uz naglašenu ulogu biogenih elemenata u toku sedimentacije. U naslagama prevladavajuće su zastupljeni vapnenački sedimenti, prvenstveno biogeni te pjeskoviti vapnenci, laporoviti vapnenci i vapnenečki lapori, a dolaze još konglomerati, breče, pješčenjaci, pijesci i lapori.

**Sarmatske naslage** (M<sub>5</sub>, oznaka na karti M<sub>3</sub><sup>1</sup>) na površini se pojavljuju neposredno uz badenske sedimente (Slika 3.1). Njihovo taloženje odvijalo se u okolišu reduciranog marinskog saliniteta kontinuirano na badenske sedimente. U donjem dijelu uglavnom se sastoje od tanko pločastih i listićavih vapnenaca i lapora, a manjim dijelom od pjeskovitih vapnenaca i lapora, dok u gornjem dijelu sadrže veće količine pijesaka i šljunaka. Debljina sarmatskih naslaga manja je od 70 m.

**Panonske naslage** su na osnovi fosilnog sadržaja i litoloških značajki podijeljene na donji i gornji panon, na površini su otkrivene u krilima antiklinale koja se od Krapinskih Toplica na zapadu preko Strugače pruža prema Budinščini na istok. Donji panon (M<sub>6</sub><sup>1</sup>; oznaka

na karti  $1M_3^2$ ) poznat je još i kao Croatica-naslage, a gornji panon ( $M_6^2$ ; oznaka na karti  $2M_3^2$ ) kao Banatica-naslage.

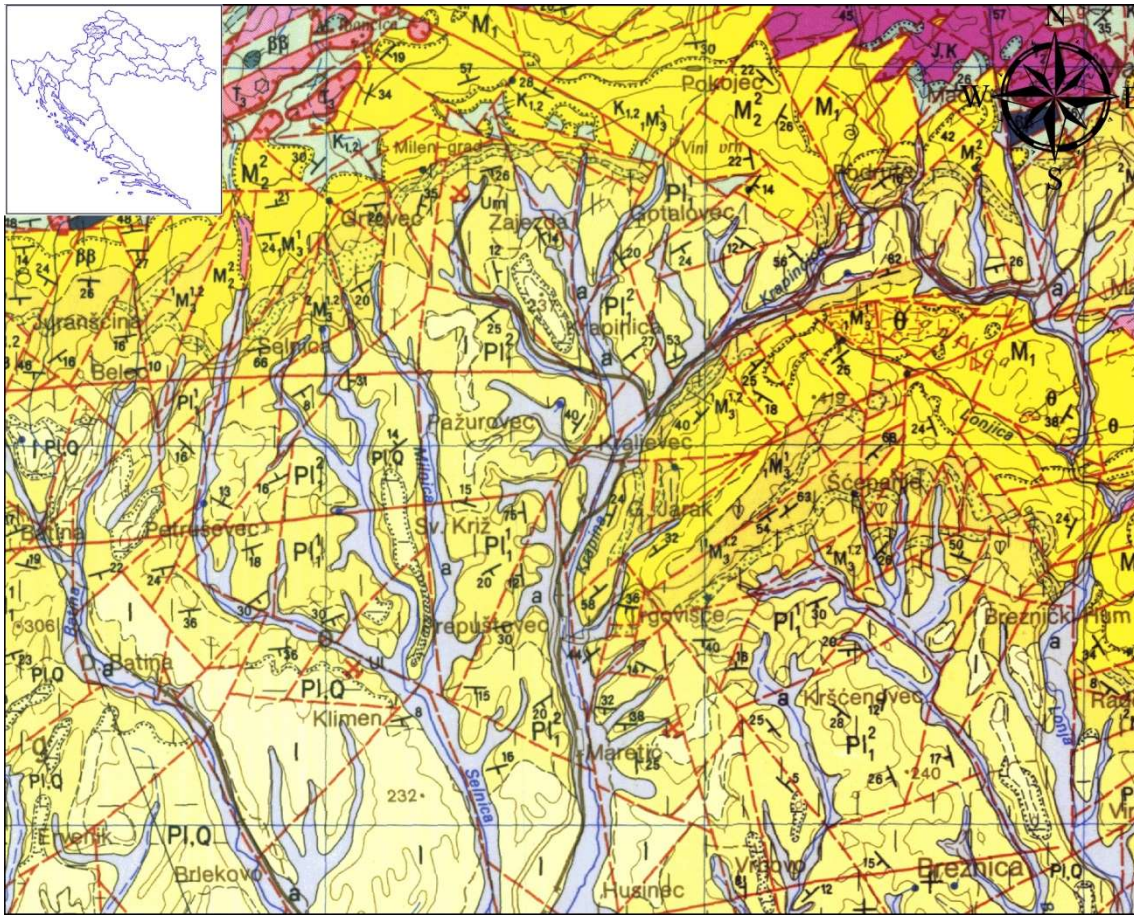
Donjopanonski sedimenti taloženi su kontinuirano na starije sarmatske naslage u plitkom jezerskom okolišu vrlo niskog saliniteta. Prevladavaju pločasto uslojeni glinoviti vapnenci i lapori. Najčešća debljina donjopanonskih naslaga iznosi 20-30m.

Gornjopanonski sedimenti taloženi su kontinuirano na donjopanonske sedimente u bočatom jezerskom okolišu. Među rastresitim sedimentima zastupljeni su pijesci, silti pijesci, pjeskoviti siltovi, lapori i rijetko šljunkoviti pijesci. To su dobro i srednje, iznimno slabo sortirani sedimenti kod kojih se sferičnost i zaobljenost povećavaju s veličinom zrna. Debljina gornjopanonskih naslaga procjenjuje se na 600 m.

**Pontske naslage** (u novijoj literaturi pontski kat se ne izdvaja u prostoru Središnjeg Paratethysa nego on predstavlja mlađi dio panonskog kata (MANDIĆ et al., 2015; PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018)) imaju najveću rasprostranjenost na istraživanom prostoru, a pokrivaju široki prostor između Ivanščice na sjeveru i doline rijeke Krapine na jugu (Slika 3.1). Taložile su se u bočatom jezerskom okolišu kontinuirano na panonske sedimente. Na osnovi fosilnog sadržaja i litoloških značajki pontske naslage su podijeljene na donji i gornji pont. Donji pont u literaturi je poznat kao Abichi-naslage ( $M_7^1$  oznaka na karti  $Pl_1^1$ ) a gornji pont kao Rhomboidea-naslage ( $M_7^2$  oznaka na karti  $Pl_1^2$ ).

Donjopontske naslage vrlo su sličnih litoloških značajki kao i gornjopanonske naslage. Debljina naslaga procjenjuje se na nekoliko stotina metara. U gornjopontskim sedimentima dominantno su zastupljeni pijesci, a osim njih nalaze se lapori, gline, siltovi i ugljeni. Njihova debljina u jezgri Konjščinske sinklinale iznosi i do 600 m.

Naslage pliokvartara su najmlađe neogenske tvorevine na istraživanom području, a otkrivene su na južnim padinama Ivanščice i u Konjščinskoj sinklinali. To su klastični, fluvio-jezerski sedimenti molasnog tipa koji su taloženi diskordantno na gornjopontske sedimente. Debljina im ne prelazi nekoliko desetaka metara a sastoje se od nesortiranih šljunaka, kvarcnih pijesaka, siltova i glina. Glavni sastojak lake mineralne frakcije je kvarc kojeg ima u prosjeku 60%. Ostatak čine čestice stijena, feldspati i tinjci. Pijesci u sadrže u prosjeku 3% teških minerala, od čega 15 % otpada na opake minerale. Među prozirnim teškim mineralima najzastupljeniji su epidot, rutil, cirkon, turmalin i staurolit.



LEGENDA:

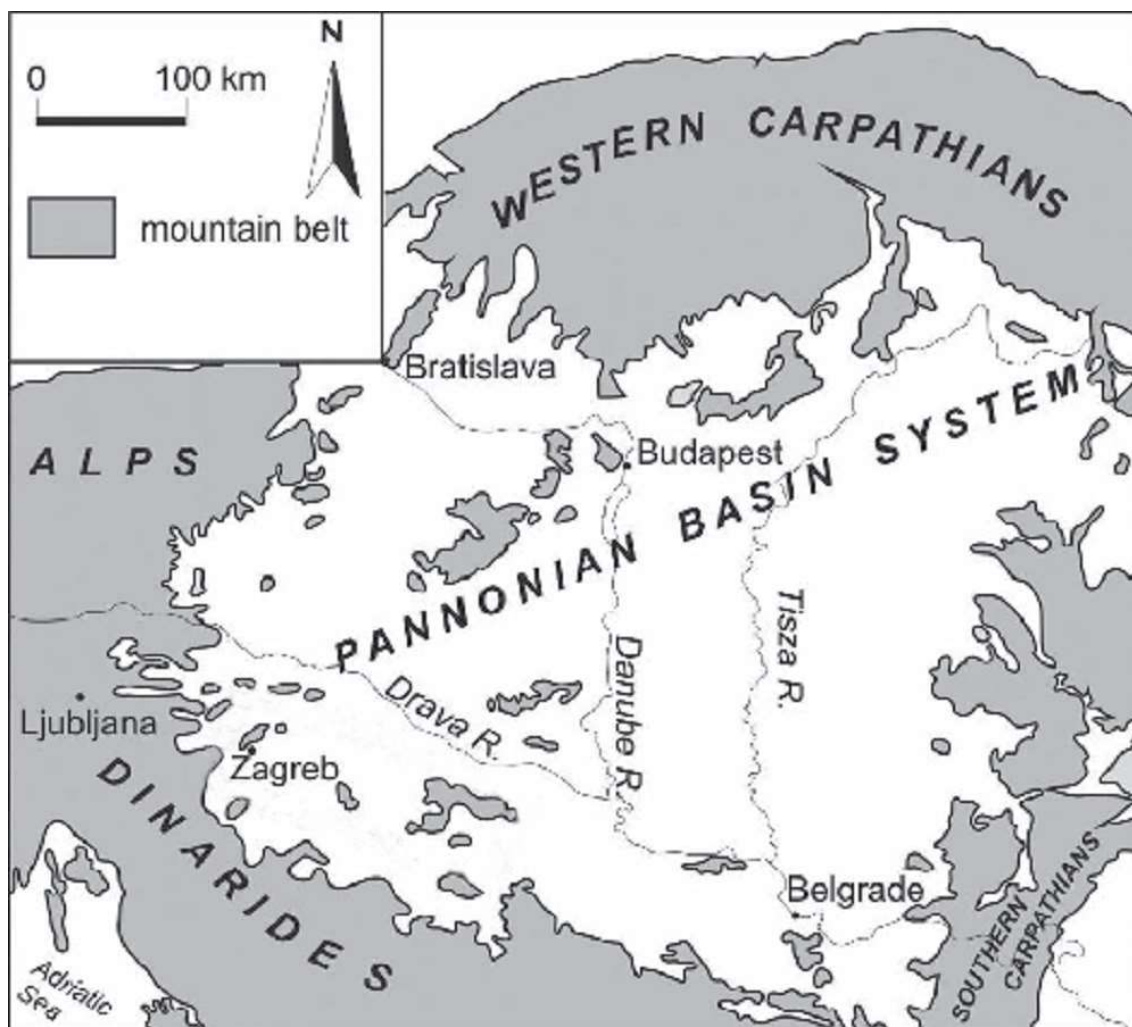
4	Aluvij rijeka i potoka: siltovi pijesci, šljunci	11	Les: glinovito-pjeskoviti siltovi	12	Šljunci i pijesci	13	Pijesci, podređeno pješčenjac lapori i ugljen (g. pont)
14	Lapori, podređeno pijesci, pješčenjaci (d. pont)	15	Lapori i vapnenački lapori, pješčenjaci, pijesci (g. panon)	16	Laporoviti vapnenci i vaprički lapori, pješčenjaci (d. p.	23	Pješčenjaci, konglomerati, šljunci, lapori, gline
1	Normalna granica: utvrđena: pokrivena i prevrnut	2	Erozijska ili tektonsko-erozijska: utvrđena, pokrivena i :	6	Os antiklinale i sinklinale uspravne ili kose	9	Rasjed bez oznake karakter pokriven i fotogeološki utr
11	Čelo navlake: osmatrano i ili aproksimativno locirano	12	Reversni rasjed: osmatran i ili aproksimativno lociran	13	Makrofauna: marinska, bi slatkovodna	14	Mikrofauna, mikroflora

Slika 3.1 Geološka karta i profil šireg prostora Budinščine, isječci iz Osnovne geološke karte SFRJ, list Varaždin (ŠIMUNIĆ et al., 1982).



### 3.3 RAZVOJ PANONSKOG BAZENA

Panonski bazen spada među mediteranske zalučne bazene, s početkom formiranja u donjem miocenu kada je došlo do kolizije Europske i Afričke (Apulijske) ploče (ROYDEN, 1988, HORVATH, 1995). Panonski bazen se tijekom miocena sastojao od niza manjih, dubokih depresija zbog čega se umjesto Panonski bazen koristi naziv Panonski bazenski sustav (HORVATH & ROYDEN, 1981, ROYDEN, 1988) (Slika 3.2).



*Slika 3.2 Panonski bazen i panionski masivi koji ga okružuju (prema ROYDEN, 1988).*

U paleogeografskom smislu Panonski bazen zauzimao je tijekom srednjeg miocena najveći dio Središnjeg Paratethysa. Središnji Paratethys je bio veliki sedimentacijski prostor koji se protezao od Karpata do Bavarske, a formirao se zatvaranjem Tethyskog oceana u oligocenu.



Do mlađeg miocena bio je povremeno povezan s Mediteranskim i Indo-pacifičkim oceanom kada dolazi do prekida veza i razvoja Panonskog bazena kao zasebnog sedimentacijskog prostora (NAGYMAROSY & MULLER, 1998; STEININGER et. al., 1988; ROGL, 1996). Kao posljedice izoliranosti bazena došlo je do postupnog pada saliniteta i razvoja endemske faune.

Takav razvoj Panonskog bazena uvjetovao je probleme u korelaciji gornjomiocenskih sedimenata Panonskog bazena s istovremenim naslagama u ostalim bazenima nekadašnjeg Paratethysa i uvođenje posebne podjele neogena za područje Središnjeg Paratethysa (Slika 3.3) (ROGEL & STEININGER, 1983; NAGYMAROSY & MULLER, 1988 ; STEININGER et al., 1988)

Pojačanim donosom klastičnog materijala iz Alpa, Dinarida i Karpata krajem miocena, velikih planinskih lanaca koji okružuju Panonski bazen (Slika 3.2), počelo je postupno sužavanje, oplićavanje i u konačnici zatrpavanje bazena (MAGYAR et al., 1999; KOVAČIĆ et al., 2004; KOVAČIĆ & GRIZELJ, 2006).

M.A.	EPOCH	AGE	CENTRAL PARATETHYS STAGES
5	PLIOCENE	ZANCLEAN	DACIAN (5.6)
		MESSINIAN (7.1)	PONTIAN
10	Late MIOCENE	TORTONIAN	PANNONIAN (11.5)
		SERRAVALLIAN (14.8)	SARMATIAN (13.0)
15	Middle MIOCENE	LANGHIAN	BADENIAN
		BURDIGALIAN (20.5)	KARPATIAN (17.2)
20	Early MIOCENE	AQUITANIAN	OTTNANGIAN (18.3)
		CHATTIAN	EGGENBURGIAN
25			EGERIAN

**Slika 3.3** Kronostratigrafska korelacija miocena za područje Mediterana i Središnjeg Paratethysa (prema ROGL, 1998).

## 4. METODE I MATERIJALI

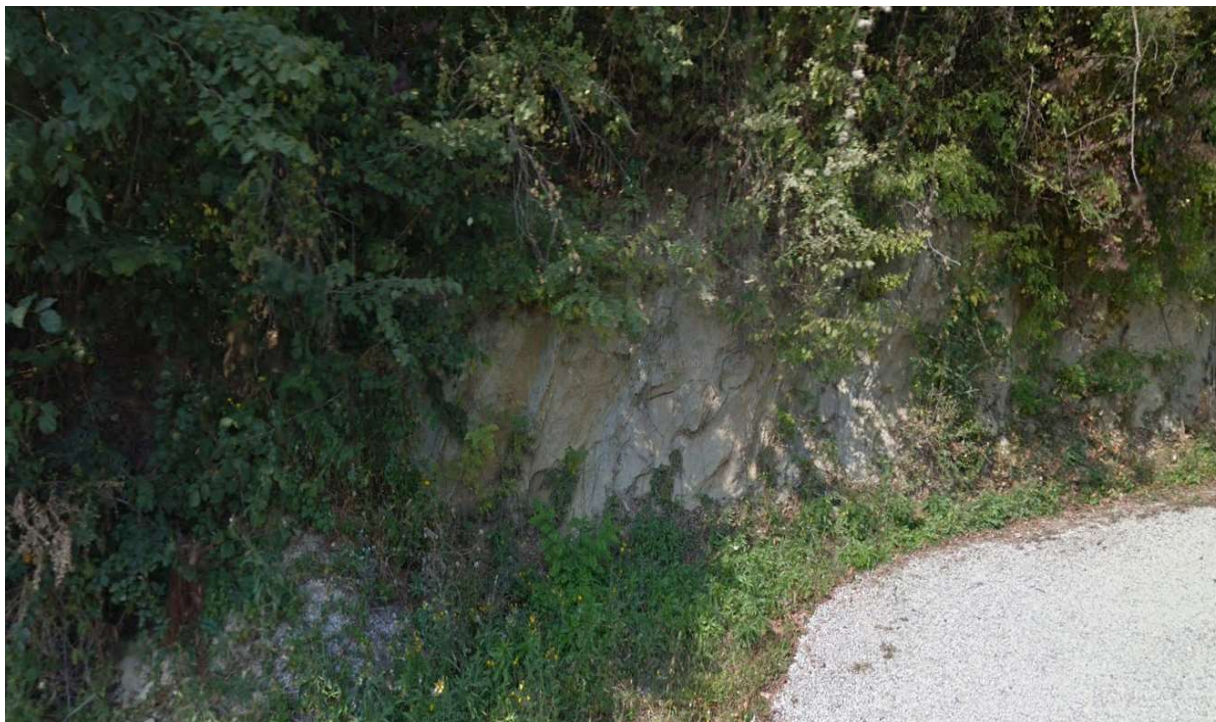
Izrada diplomskog rada obuhvatila je pripremne radnje, izlazak na teren i terenska istraživanja, laboratorijska istraživanja i kabinetsku obradu podataka, sve popraćeno odgovarajućom literaturom vezanom uz promatrano područje.

### 4.1 TERENSKI RAD

Rad na terenu je obuhvaćao snimanje detaljnog geološkog stupa, zajedno sa uzimanjem uzoraka za laboratorijske analize i istraživanja. Prvi stup snimljen je u napuštenom pozajmištu pijeska kod sela Gornja Batina (Slika 4.1), a drugi duž zasjeke ceste koja spaja Budinščinu sa selom Hrašćina (Slika 4.2). Snimanje geološkog stupa je obuhvaćalo mjerenje debljine slojeva, detaljno bilježenje sastava sedimenata, njihove teksture, strukture i fosilnog sadržaja. Također, uzeti su uzorci za laboratorijske analize i načinjene su fotografije izdanaka.



*Slika 4.1* Pozajmište pijeska kod sela Gornja Batina na kojem je snimljen istoimeni geološki stup.



*Slika 4.2* Zasjek uz cestu koja od Budinščine vodi prema Hrašćini duž kojeg je snimljen geološki stup Hrašćina.

## **4.2 LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA**

### **4.2.1 PRIPREMA UZORAKA**

Iz uzoraka koji su bili u rasutom stanju odvojeno je 200g koji u zatim sušeni u sušioniku 2 sata na 105 C. Ti su uzorci korišteni kasnije za analize modalnog sastava, analize sadržaja  $\text{CaCO}_3$  i granulometrijske analize.

### **4.2.2 GRANULOMETRIJSKA ANALIZA**

Granulometrijske analize načinjene su metodom sijanja laboratorijskim sitima. Kod ove metode uzorak se sije kroz određen broj sita, najčešće 5-7, tako da se razdijeli u više frakcija. Frakcija je onaj dio uzorka koji se nakon sijanja zadrži između dva susjedna sita. Sijanje je najvažnija metoda određivanja veličine zrna i granulometrijskog sastava srednje zrnatih klastičnih sedimenata. Uzorci su sijani kroz set od šest različitih sita promjera 1.25 mm, 0.63 mm, 0.160 mm, 0.125 mm, 0.063 mm, 0.032 mm.

Frakcije koje su dobivene sijanjem su izvagane. Iz dobivenih masa svake pojedine frakcije i ukupne mase uzorka izračunati su maseni udjeli svake frakcije u uzorku.

Dobiveni rezultati granulometrijske analize prikazani su u obliku histograma i kumulativne geometrijske krivulje. Osim toga, na temelju tih rezultata izračunati su



uobičajeni statistički parametri koji se koristi kod klasifikacije sedimenata na temelju veličine zrna, a to su prosječna veličina zrna (M), medijan ili srednja veličina zrna (Md), koeficijent asimetrije (Sk) i sortiranost (So) (Tablica 1).

Medijan označava onu vrijednost veličine čestica od kojih je 50 % čestica u uzorku veća, a 50 % manje. Asimetričnost raspodjele ukazuje na devijaciju u raspodjeli čestica, dok je sortiranje parametar koji prikazuje jednoličnost distribucije čestica.

Dominacija krupnih čestica u uzorku odnosno iskošenost krivulje prema sitnijim sedimentima ukazuje na pozitivne vrijednosti, dok u slučaju da u uzorku prevladavaju sitnije frakcije krivulja je iskošena prema krupnijim sedimentima, odnosno imamo negativne vrijednosti.

**Tablica 1.** Granulometrijski parametri važni za klasifikaciju sedimenata (prema TRASKU I KRUMBEINU)

Parametar	oznaka	formula
Medijan	M <sub>d</sub>	Q <sub>2</sub>
Prosječna veličina čestica	M	(Q <sub>1</sub> + Q <sub>3</sub> )/2
Koeficijent sortiranosti	S <sub>o</sub>	(Q <sub>3</sub> /Q <sub>1</sub> ) <sup>1/2</sup>
Koeficijent asimetrije	S <sub>k</sub>	Q <sub>1</sub> x Q <sub>3</sub> / (M <sub>d</sub> ) <sup>2</sup>

#### 4.2.3 ODREĐIVANJE UDJELA KARBONATNE KOMPONENTE

Udio karbonatne komponente analiziran je uzorcima pijesaka i siltova. Izvagano je oko 1 g uzorka za analizu s analitičkom vagom. Uzorci su prethodno usitnjeni u tarioniku. Na uzorke stavljene u čašu pažljivo je ulijevana 5% octena kiselina, a zatim je pažljivo miješano staklenim štapićem da bi se prije otopio sav kalcijev karbonat. Otopine su nekoliko puta dekantirane, isprane i u njih je ponovo ulijevana 5 % octena kiselina. Ispran i osušen uzorak je izvagan analitičkom vagom. Na temelju razlike masa uzoraka prije i poslije otapanja izračunata je količina, odnosno postotni udio kalcij karbonata u sedimentu prema sljedećoj formuli:

$$\text{CaCO}_3 (\%) = (m_{\text{početnog uzorka}} - m_{\text{nakon otapanja}}) / m_{\text{početnog uzorka}} \times 100$$

#### **4.2.4 GRAVITACIJSKA SEPARACIJA TEŠKE MINERALNE FRAKCIJE**

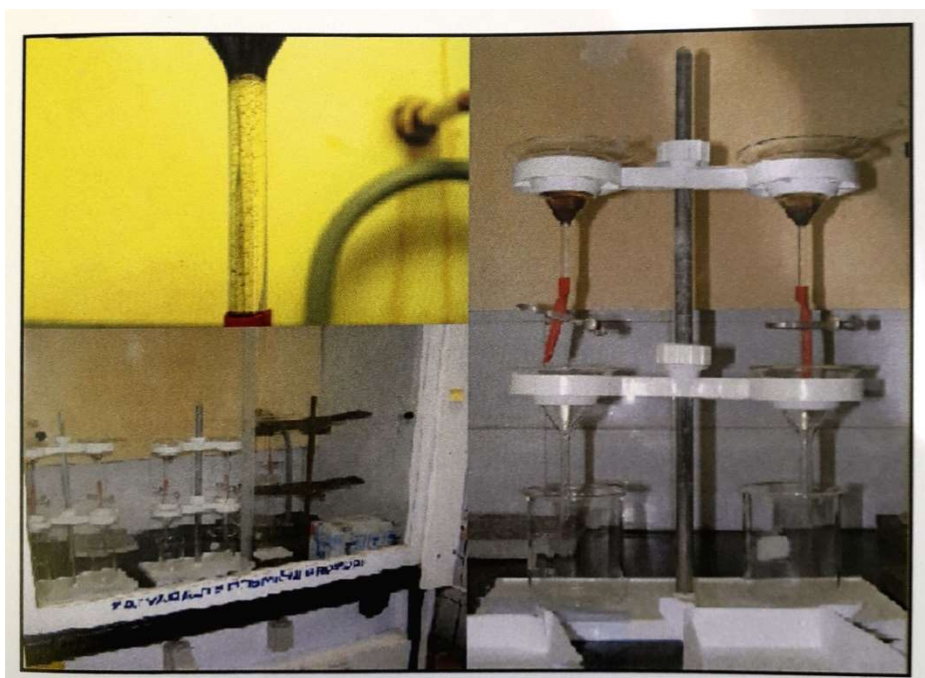
Većina pijesaka u svom modalnom sastavu sadrži kvarc, feldspate i čestice stijena kao glavne sastojke, te brojne druge petrogene minerale kao akcesorne sastojke. Glavni sastojci najčešće nam služe za određivanje tipa pijeska odnosno pješčenjaka, dok nam akcesorni sastojci najčešće služe za detektiranje provenijencije pješčanog detritusa. Najčešća metoda odvajanja glavnih od akcesornih sastojaka pijesaka je upotreba teških tekućina. Naime, glavni sastojci pijesaka imaju manju gustoću od većine akcesornih minerala i oni se zadržavaju na površini teške tekućine. Oni čine tzv. laku mineralnu frakciju. Ostali sastojci, koji imaju veću gustoću od teške tekućine tonu u njoj i nazivaju se teški minerali. Najčešće upotrebljavana tekućina za odvajanje teške i lake mineralne frakcije pijesaka je bromoform.

Teški minerali uglavnom pripadaju skupini rezistentnih minerala. Iako u detritusu sudjeluju s vrlo malo udjelom, zbog karakterističnih parageneza i zbog velikog broja mineralnih vrsta, teški minerali imaju važnu ulogu u rekonstrukciji mineralnih provenijencija.

Gravitacijska separacija teške mineralne frakcije načinjena je iz četiri uzorka pijesaka i siltoznih pijesaka. Kod separacije je korištena frakcija zrna od 0.063 mm do 0.125 mm. Za analizu je korišteno oko 100 g svakoga uzorka koji je najprije tretiran sa 5 % otopinom octene kiseline. Na taj način iz samog uzorka je odstranjena eventualno prisutan kalcit. Nakon otapanja uzorci su isprani destiliranom vodom i osušeni. Nakon otapanja i sijanja koristili smo oko 5 g uzorka za separaciju.

Teška i laka frakcija odvojene su gravitacijskom separacijom pomoću bromoforma. Za gravitacijsku separaciju koristili smo aparaturu koja je prikazana na slici 4.3. Odvagane uzorke usipali smo u gornji lijevak s bromoformom, koji u donjem dijelu ima gumenu cijev s ventilom. Uzorci su ostavljeni oko 4 sata da se separiraju, uz povremeno miješanje kako bi se čestice odvojile od stjenke lijevaka. Minerali teške frakcije tonuli su na dno lijevka, dok su se minerali lake frakcije zadržali na površini. Nakon 4 sata laganim otpuštanjem ventila propuštena je teška frakcija kroz gumenu cijev na filter papir, koji se nalazio na donjem lijevku. Nakon teške frakcije, propuštena je i laka frakcija na novi filter papir. Na kraju filter papiri su ostavljeni da se osuše a aparatura je isprana alkoholom.

Mikroskopski preparati teške i lake mineralne frakcije načinjeni su tako da je svaka pojedina frakcija stavljena na predmetno stakalce i lijepljena kanada balzomom, a zatim pokrivena pokrovnim stakalcem.



*Slika 4.3* Aparatura za gravitacijsku separaciju teške i lake mineralne frakcije u bromoformu.

#### 4.2.5 ANALIZA TEŠKIH MINERALA

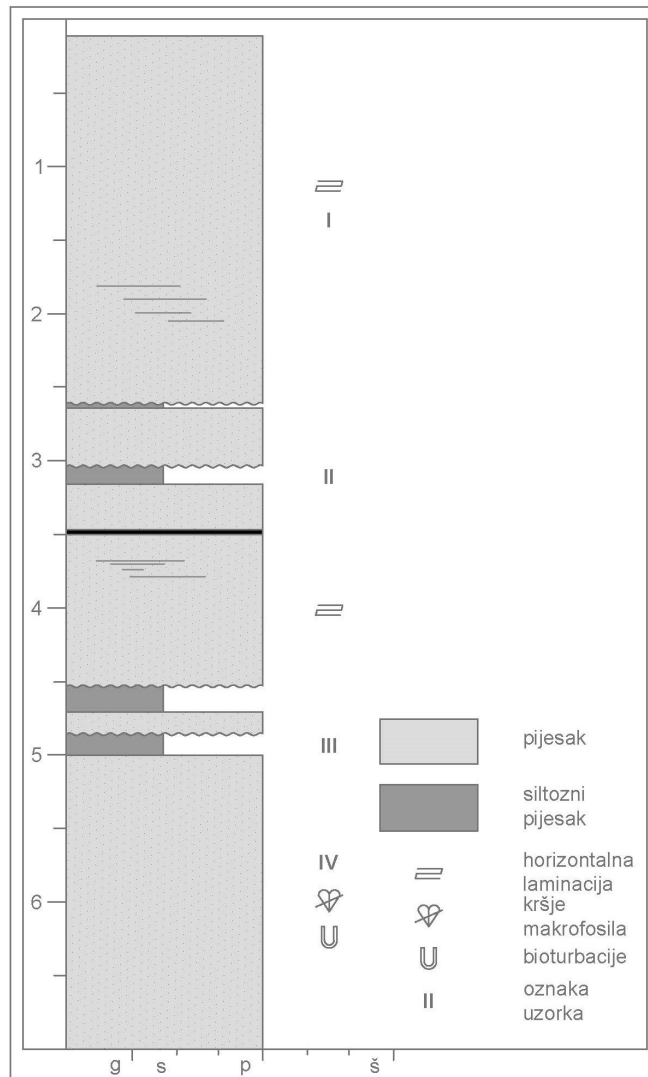
Analiza teških minerala je jedna od najvažnijih i široko upotrebljivih metoda prilikom rekonstrukcije provenijencije pijesaka i pješčenjaka. Sama metoda bazira se na činjenici da postoji veliki broj mineralnih vrsta, te da mnoge od njih imaju ograničenu paragenezu koja jasno ukazuje na određenu izvorišnu stijenu. Na sastav zajednica teških minerala u pješčenjacima mogu jako utjecati procesi koji djeluju tijekom trošenja, transporta, taloženja i dijagenese. Ali određene značajke teških minerala „nasljeđuju“ se direktno od matičnih stijena iz izvorišnog područja bez bitnih promjena tijekom trošenja, transporta i taloženja (MORTON, 1985).

Kod analize teških minerala korišten je polarizacijski mikroskop. U svakom uzorku identificirano je i prebrojano preko 300 mineralnih zrna, kako bi osigurali reprezentativni kvantitativni omjer mineralnih vrsta. Određivanje mineralnih zrna izvršeno je na način da su determinirana sva zrna u vidnom polju duž nasumično odabranih paralelnih linija unutar preparata. Uz prozirne teške minerale posebno su određivani opaki minerali i listićavi minerali. Prilikom mikroskopiranja korišteni su priručnici BARIĆ & TAJDER (1967), te MENGE & MAURER (1992).

## 5. REZULTATI

### 5.1 REZULTATI TERENSKIH ISTRAŽIVANJA

Rezultati terenskih istraživanja pokazali su da je otkriveni slijed gornjomiocenskih naslaga u pozajmištu pijeska kod sela Gornja Batina debljine oko 7 metara (Slika 5.1). U stupu izrazito prevladavaju pijesci, a samo mjestimice se nalaze siltovi. Pijesci se pojavljuju u obliku slojeva debljine 20 cm do 250 cm. Najčešće su bioturbirani i masivnog izgleda (Slika 5.2), a samo mjestimice se uočava horizontalna laminacija. Primarna laminacija često je maskirana sekundarnim obojenjima sedimenta. Pijesak je sitnozrnat i dobro sortiran i mjestimice bogat listićavim mineralima, najvjerojatnije tinjcima. Mjestimice se u pijesku nalazi kršje školjkaša glatkih ljuštura, najvjerojatnije kongerija. Kalcitični siltovi se pojavljuju u obliku centimetarskih proslojaka.



Slika 5.1 Geološki stup izdanka u Gornjoj Batini.



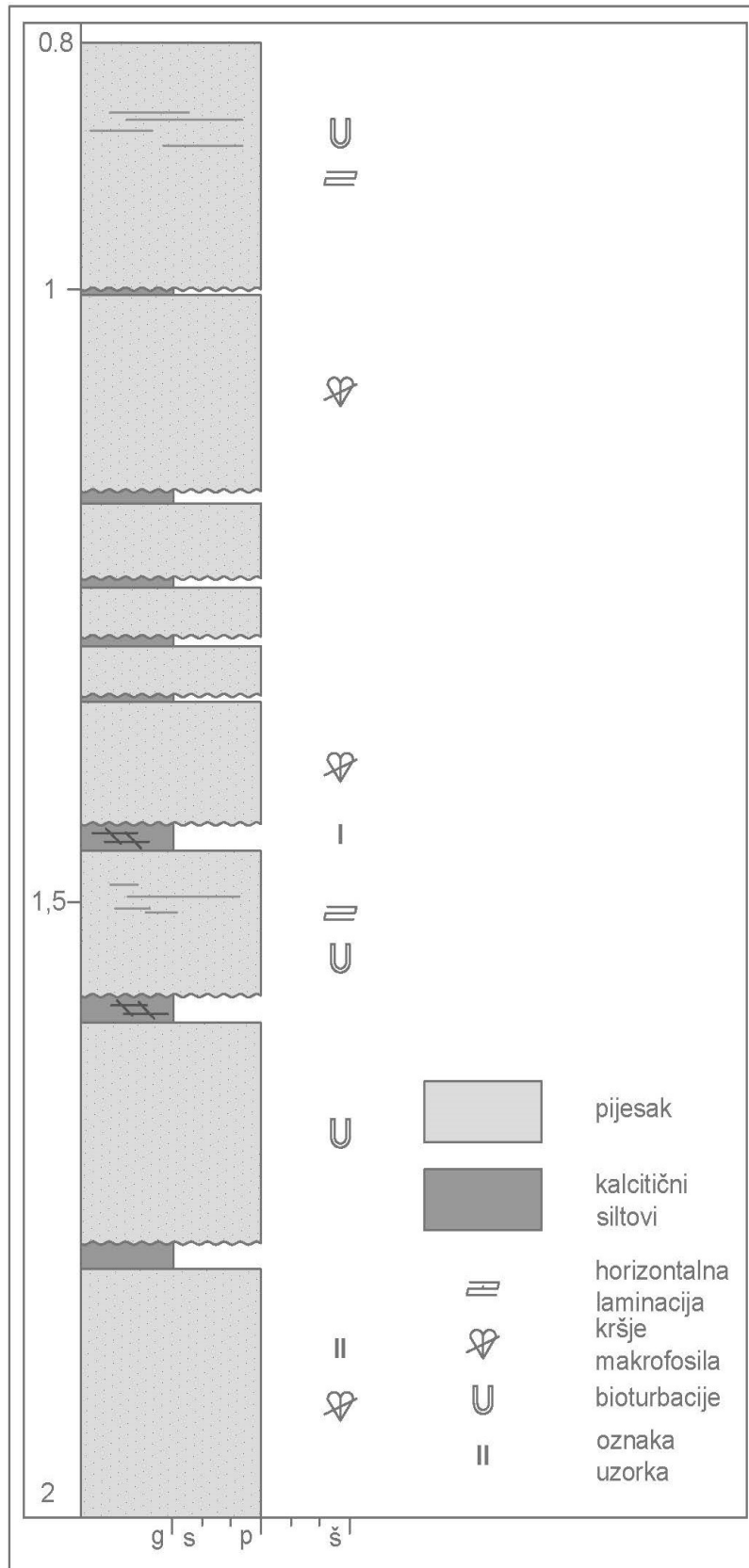
**Slika 5.2** Masivni srednje sortirani pijesak (donji dio slike) i kalčitični silt (gornji dio slike) u pozajmištu pijeska kod Gornje Batine.

Na stupu Hrašćina snimljenom u zasjeku ceste debljina otkrivenih gornjomiocenskih naslaga je 120 cm (Slika 5.3). Kao i na stupu Gornja Batina i ovdje u slijedu dominiraju sitnozrnati dobro sortirani pijesci s rijetkim kršjem školjkaša glatkih i rebrastih ljuštura (kongerije, limnokardidi), a proslojci silta su znatno rjeđi i centimetarskih debljina (Slika 5.4). Pijesci su masivnog izgleda, bioturbirani bez jasno vidljivih sedimentnih tekstura. Samo mjestimice vidi se slabo izražena horizontalna laminacija (Slika 5.4).



**Slika 5.3** Izdanak gornjomiocenskih sedimenata u zasjeku ceste koja od Budinščine vodi prema Hrašćini i na kojem je snimljen geološki stup Hrašćina.





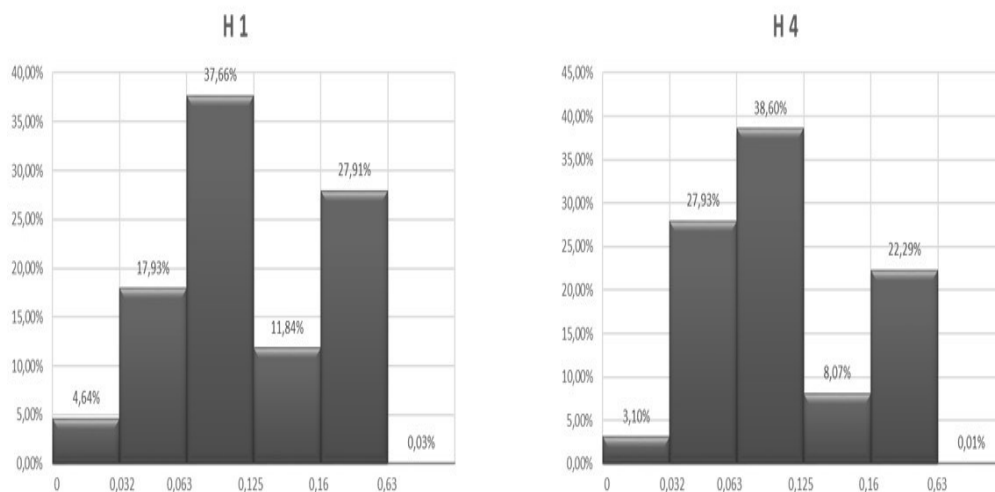
**Slika 5.4** Geološki stup izdanka u Hrašćini. Vidi se da u stupu izrazito dominiraju pijesci.

## 5.2. GRANULOMETRIJA

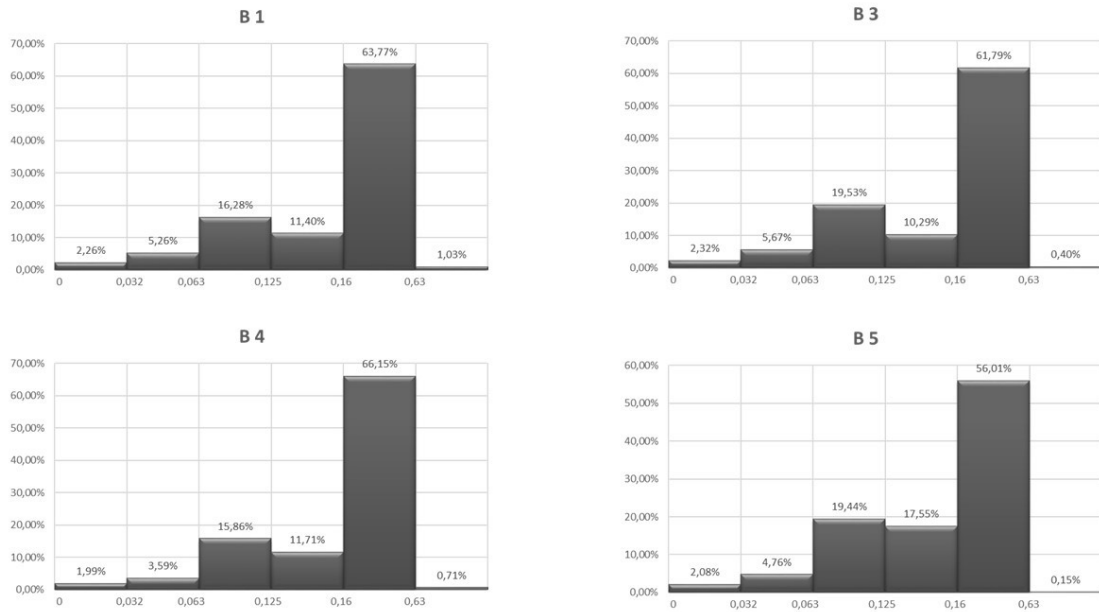
Rezultati granulometrijskih analiza prikazani su u Tablici 2 te u obliku histograma (Slika 5.5 i Slika 5.6) i kumulativnih granulometrijskih krivulja (Slika 5.7 i Slika 5.8)

**Tablica 2.** Granulometrijski sastav uzoraka s lokaliteta Gornja Batina i Hrašćina

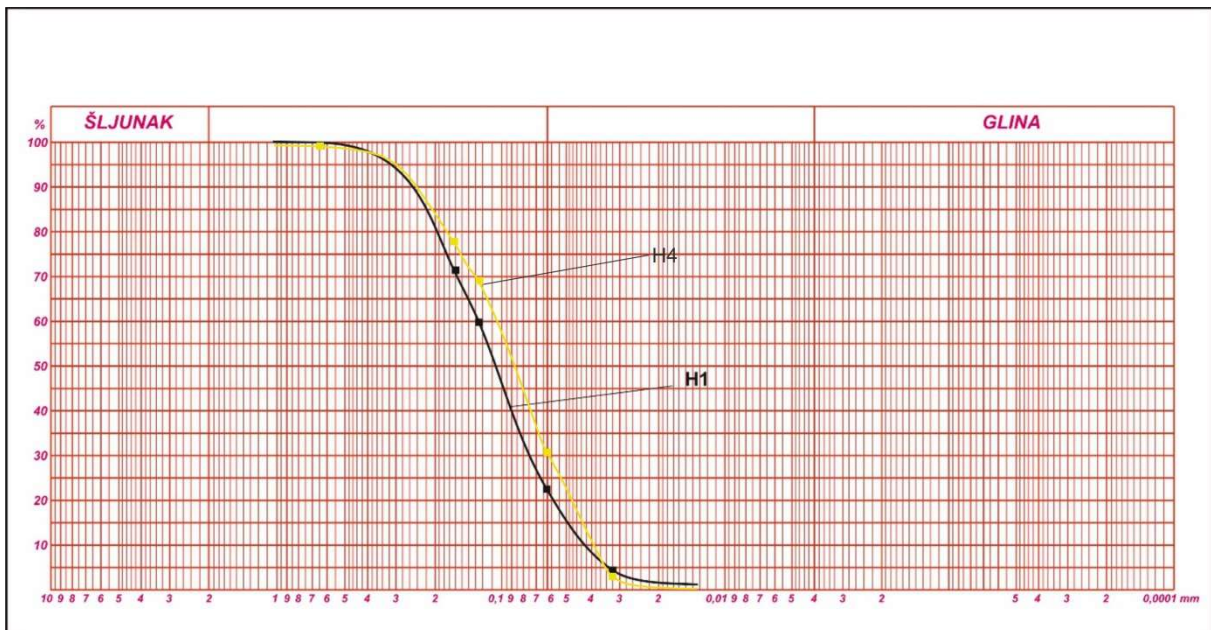
oznaka uzorka	maseni udio frakcija u %					
	<0,032	0,032-0,063	0,063-0,125	0,125-0,160	0,160-0,63	>0,63
<b>H1</b>	4,64	17,93	37,66	11,84	27,91	0,03
<b>H4</b>	3,10	27,93	38,60	8,07	22,29	0,01
<b>B1</b>	2,26	5,26	16,28	11,40	63,77	1,03
<b>B3</b>	2,32	5,67	19,53	10,29	61,79	0,40
<b>B4</b>	1,99	3,59	15,86	11,71	66,15	0,71
<b>B5</b>	2,07	4,76	19,44	17,55	56,01	0,15



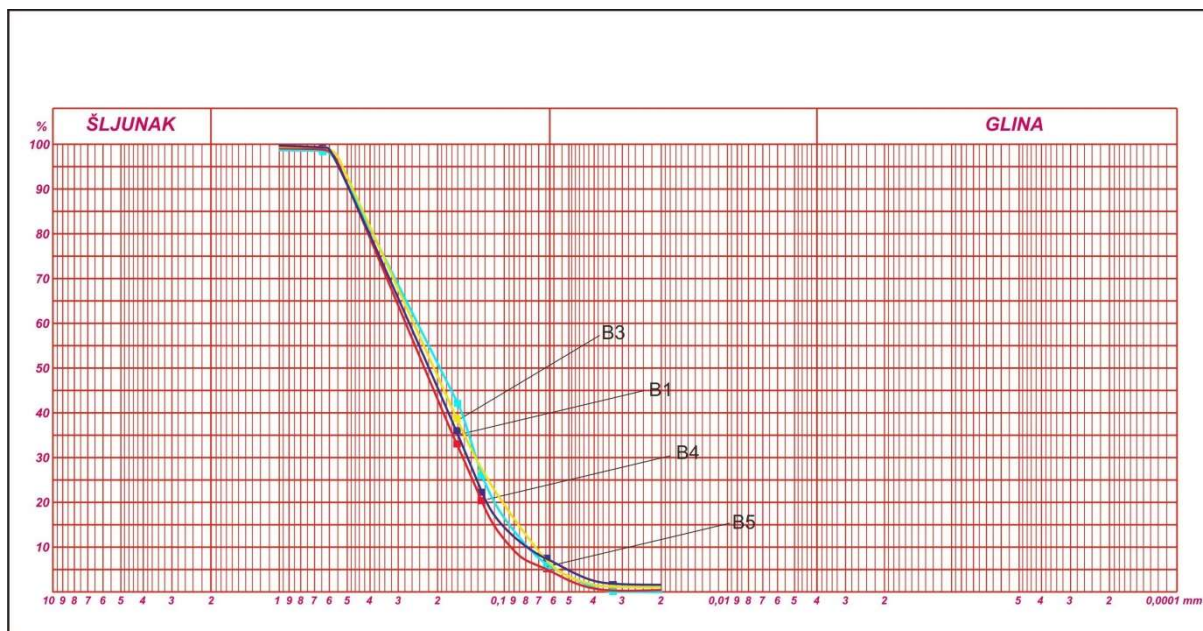
**Slika 5.5** Histogrami koji prikazuju granulometrijski sastav uzoraka sa stupa Hrašćina.



Slika 5.5 Histogrami koji prikazuju granulometrijski sastav uzoraka sa stupa Gornja Batina.



Slika 5.7 Kumulativne granulometrijske krivulje uzoraka sa stupa Hrašćina.



**Slika 5.8** Kumulativne granulometrijske krivulje uzoraka sa stupa Batina Gornja

Iz kumulativnih granulometrijskih krivulja očitane su vrijednosti medijana i izračunati osnovni granulometrijski parametri (Tablica 3).

**Tablica 3** Granulometrijski sastav i osnovni granulometrijski parametri uzoraka sa stupova Hrašćina i Gornja Batina.

oznaka uzorka	udio pijeska (%)	udio praha i gline (%)	naziv uzorka	granulometrijski parametri			
				Md	M	So	Sk
H1	77,8	22,2	siltozni pijesak	0,11	0,13	1,60	1,04
H4	69,9	30,1	siltozni pijesak	0,088	0,17	1,70	0,10
B1	93,8	6,2	pijesak	0,22	0,25	1,66	0,97
B3	94,6	5,4	pijesak	0,21	0,24	1,75	0,90
B4	94,8	5,2	pijesak	0,23	0,25	1,61	0,96
B5	95,1	4,9	pijesak	0,20	0,24	1,69	1,13

Rezultati granulometrijskih analiza pokazali su da su analizirani uzorci pijesaka međusobno vrlo slični. Svi uzorci su određeni kao srednje do loše sortirani pijesci i siltozni pijesci. Prema koeficijentu asimertije u uzorcima H1 i B5 prevladavaju krupnija zrna, od medijana, odnosno  $S_k > 1$ . Za razliku od uzoraka H4, B1, B3, B4 gdje prevladavaju sitnija zrna u odnosu na medijan, odnosno  $S_k < 1$ . (Tablica 3).

### 5.3 UDIO KARBONATNE KOMPONENTE

Rezultati analize sadržaja CaCO<sub>3</sub> prikazani su u tablici 4. Iz tablice je vidljivo da uzorci pijeska sa stupa Gornja Batina sadrže između 13% i 17% CaCO<sub>3</sub>, a klacitični siltit s istog stupa 32-33% CaCO<sub>3</sub>. Pijesak sa stupa Hrašćina sadrži pak 30-43%, a kalcitični silt oko 43% CaCO<sub>3</sub>

**Tablica 4.** Udio CaCO<sub>3</sub> u uzorcima sa stupa Gornja Batina i Hrašćina.

Broj uzorka	Odvaga uzorka [g]	Masa filter papira [g]	Masa neotopivog ostatka [g]	Neto ostatak [%]	Maseni udio CaCO <sub>3</sub> (%)
B1	0,65	0,77	1,33	86,2	13,76
B2	0,63	0,79	1,22	68,0	32,03
B3	0,94	0,80	1,59	84,3	15,73
B4	0,77	0,79	1,45	85,4	14,57
B5	0,67	0,77	1,32	83,4	16,57
B6	0,66	0,77	1,21	66,9	33,05
H1	0,52	0,81	1,17	69,6	30,39
H2	0,54	0,73	1,07	63,5	36,51
H3	0,54	0,78	1,09	57,2	42,83
H4	0,55	0,84	1,19	65,0	34,98

### 5.4. REZULTATI ANALIZE MODALNOG SASTVA UZORAKA

Rezultati analize modalnog sastava uzoraka prikazani su u tablici 5.

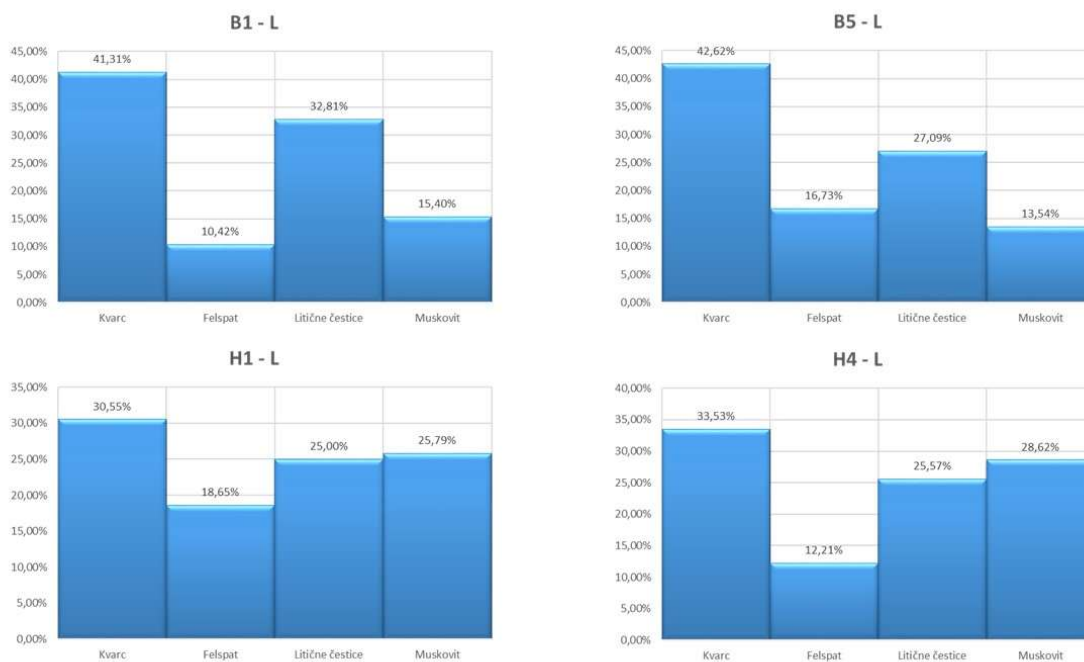
**Tablica 5** Modalni sastav uzoraka sa stupova Gornja Batina i Hrašćina. Legenda: q- kvarc, f- feldspati, lč- litične čestice, ms- muskovit, op- opaki minerali, chl- klorit, ptm- prozirni teški minerali, tu- turmalin, ru- rutil, ap- apatit, am- amfiboli, ep- epidot, ga- granati, st- staurolit, cy- kijanit

oznaka uzorka	laka mineralna frakcija (%)				teška mineralna frakcija (%)										
	q	f	lč	ms	op	chl	ptm	prozirni teški minerali							
								tu	ru	ap	am	ep	ga	st	cy
B1	41,3	10,4	32,8	15,4	25,2	1,3	73,5	7,2	4,3	4,3	12,9	3,9	28,8	11,5	1,4
B5	42,6	16,7	27,1	13,5	15,2	3,7	81,1	6,4	9,0	0,-	16,5	18,1	25,9	6,7	1,8
H1	30,6	18,7	25,0	25,8	20,5	3,2	76,3	7,8	8,9	1,4	19,0	13,0	17,9	7,4	3,7
H4	33,5	12,2	25,8	28,6	23,3	4,1	72,6	6,0	7,3	-	10,0	18,0	20,8	7,0	6,4

#### 5.4.1 SASTAV LAKE MINERALNE FRAKCIJE

Sastav lake mineralne frakcije analiziranih uzoraka prikazan je u tablici 5 i histogramima na slici 5.9. Dobiveni rezultati pokazuju da u svim analiziranim uzorcima prevladavaju kvarcna zrna. Njihov udio kreće se između 30% u uzorku H1 i 43% u uzorku B5. Nakon kvarca u uzorcima iz Gornje Batine značajno su zastupljene čestice stijena (27%

odnosno 32%), dok se udio feldspata i muskovita kreće 10 do 17% 5 (Slika 5.9). Uzorci s lokaliteta Hrašćina, osim kvarca kao najzastupljenije faze, sadrže preko 25% muskovita, oko 25% litičnih čestica i između 12 i 18% feldspata (Slika 5.9).

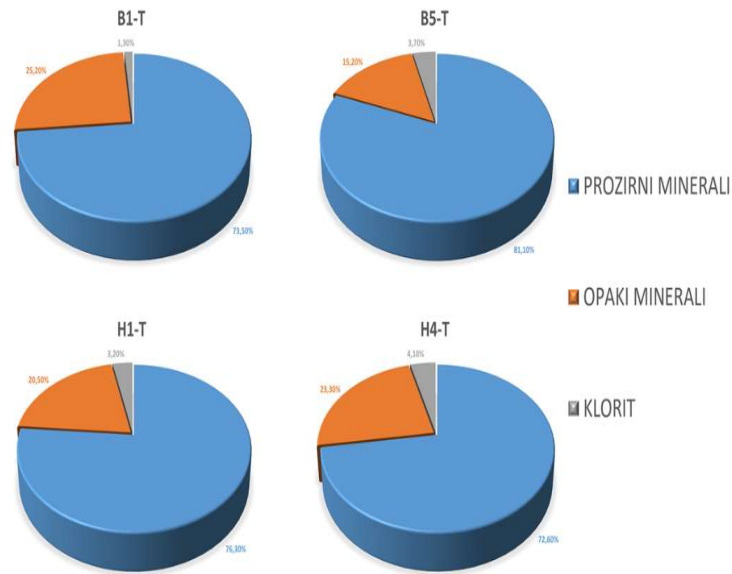


**Slika 5.9** Histogrami koji prikazuju sastav lake mineralne frakcije uzoraka s lokaliteta Gornja Batina i Hrašćina.

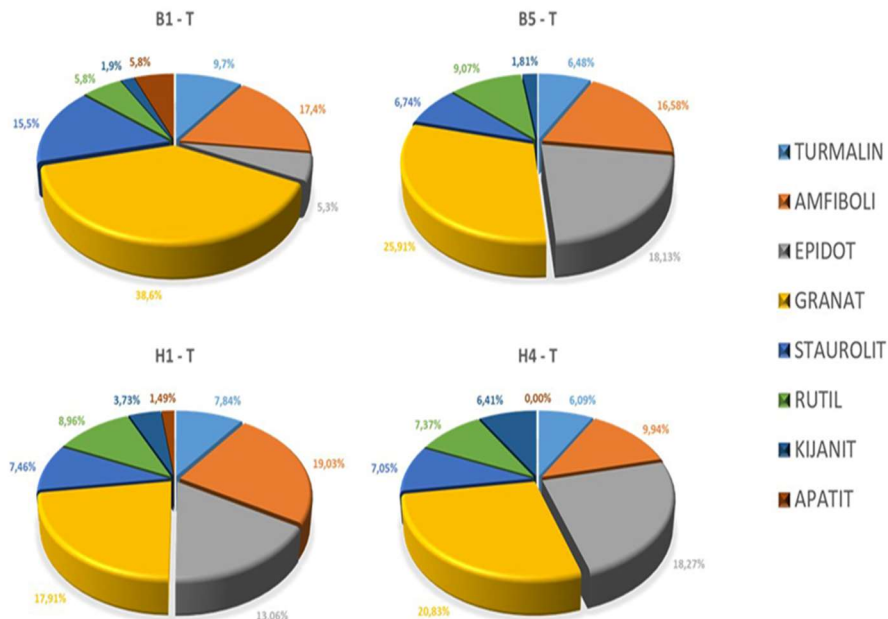
#### 5.4.2 SASTAV TEŠKE MINERALNE FRAKCIJE

Sastav teške mineralne frakcije analiziranih uzoraka prikazan je u tablici 5 i kružnim dijagramima na slikama 5.10 i 5.11. Dobiveni rezultati pokazuju da u svim analiziranim uzorcima prevladavaju prozirni teški minerali čiji se udio kreće između 72% i 82% (Tab 5, Slika 5.10). Osim njih značajno su zastupljeni opaki minerali (15-25%), a relativno slabo klorit (1-4%).

U zajednici prozirnih teških minerala najzastupljeniji su granati, čiji se udio kreće između 18 i 29% (Tablica 5, Slika 5.11). Poslije njih veliku zastupljenost imaju amfiboli i epidot 4-18%, dok su staurolit (6- 12%), turmalin (6- 8%), rutil (4-9 %) i apatit (4%) slabije zastupljeni.



**Slika 5.10** Kružni dijagrami koji prikazuju sastav teške mineralne frakcije uzoraka s lokaliteta Gornja Batina i Hrašćina.



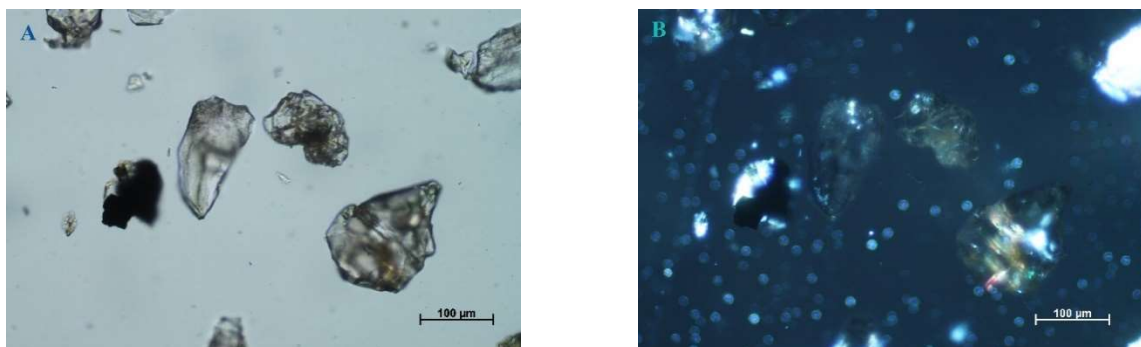
**Slika 5.11** Kružni dijagrami koji prikazuju sastav zajednice prozirnih teških minerala uzoraka s lokaliteta Gornja Batina i Hrašćina.



### 5.4.3 OPISI TEŠKIH MINERALA

#### Granati

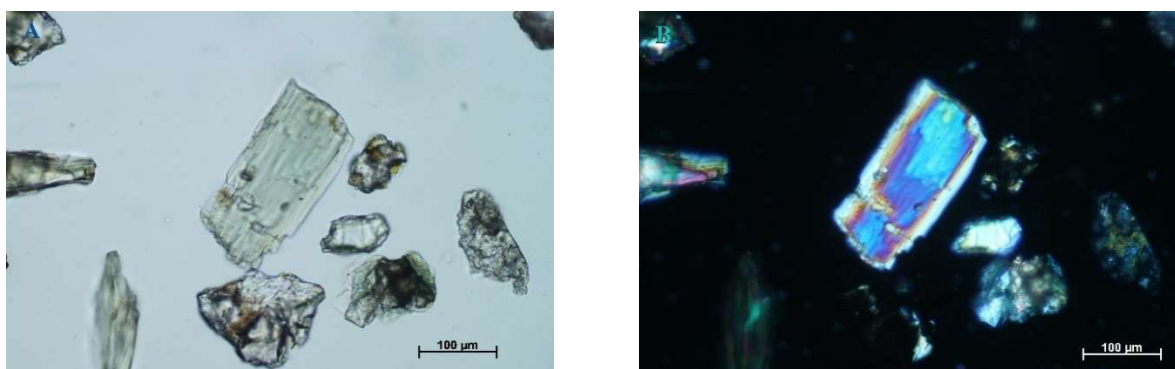
Granati su najzastupljenija mineralna vrsta među prozirnim teškim mineralima. Njihov udio u prosjeku iznosi oko 27 % u promatranim uzorcima. Uglavnom su prozirni, a pojavljuju se u obliku izometričnih izotropnih zrna visokog reljefa i šagrenirane površine (Sl. 5.12). Ne pokazuju pukotine kalavosti, ali su uočljive nepravilne pukotine. Zbog velike otpornosti prema trošenju granati su vrlo rašireni u teškoj frakciji. Granati nastaju iz različitih matičnih stijena: magmatskih, kontaktno metamorfnih i regionalno metamorfnih i pegmatita.



**Slika 5.12** Izometrično bezbojno zrno granata (A) sa uključenim analizatorom crn. Uzorak B5; A-bez analizatora, B- analiator uključen.

#### Amfiboli

Nakon granata najzastupljeniji teški minerali s prosjekom oko 13 % su u analiziranim sedimentima amfiboli. Amfiboli se javljaju kao izdužena zrna sa „raščešljanim“ krajevima. Imaju žive interferencijske boje i koso potamnjenja (Slika 5.13). Značajni su minerali mnogih magmatskih i metamorfnih stijena, ali su i dosta podložni kemijskom trošenju, pa u pravilu nisu značajnije zastupljeni u sedimentima.

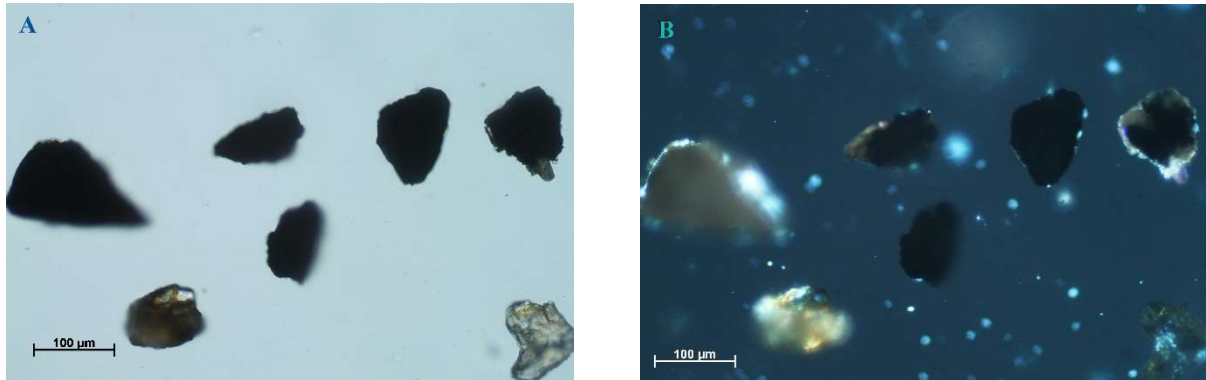


**Slika 5.13** Zrno amfibola zelene boje s karakterističnim „raščešljanim“ rubovima (A) i visokih intrferencijskih boja (B) iz uzorka H4 ; A-bez analizatora, B- analiator uključen.



### Opaki minerali

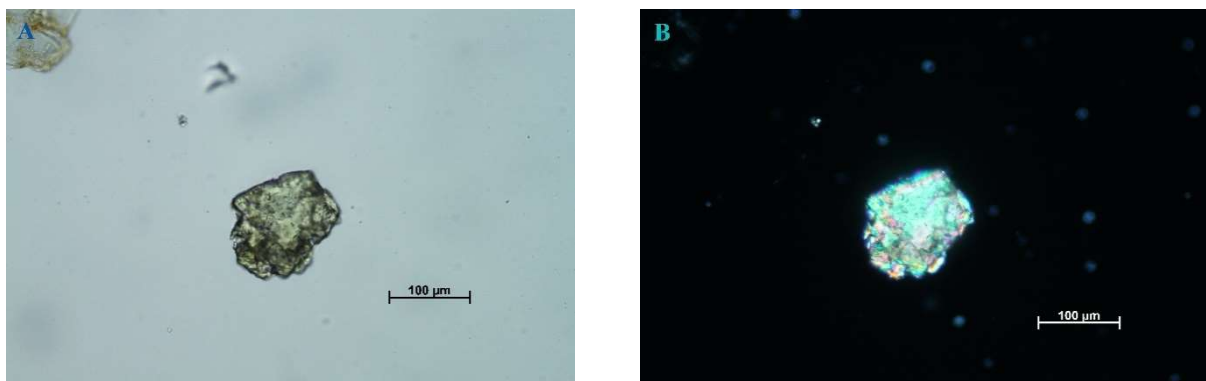
Lako prepoznatljiva skupina minerala jer su tamni i sa uključenim i sa isključenim analizatorom (Slika 5.14). U prosjeku čine oko 22% teške mineralne frakcije.



*Slika 5.14 Zrna opakih minerala karakteristično crni bez uključenog analizatora (A) i sa uključenim analizatorom (B) iz uzorka H4 ; A-bez analizatora, B- analiator uključen.*

### Grupa epidota

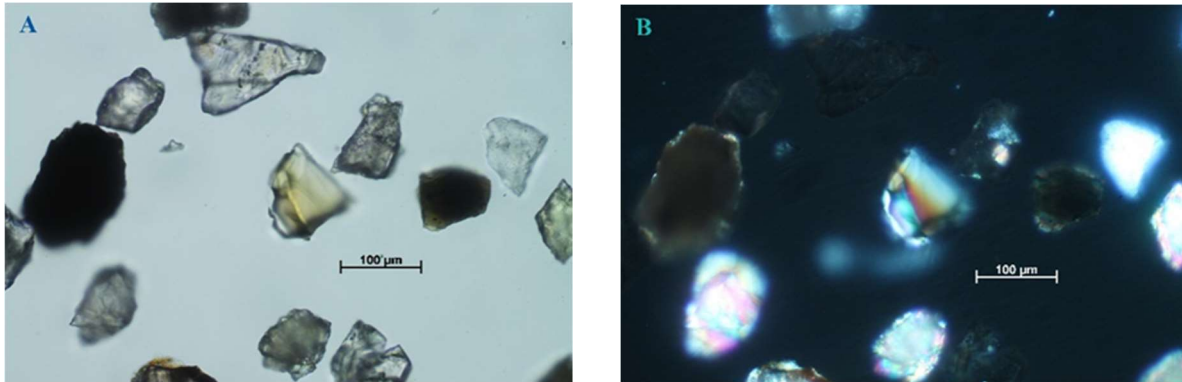
Zrna epidota uglavnom su alotriomorfno, prizmatskog oblika te poluzaobljena, visokog su reljefa, najčešće žutozelena do prozirna (Slika 5.15). Epidot ima gotovo uvijek paralelno potamnjenje, prepoznatljiv je po živim interferencijskim bojama višeg reda. Zoisit za razliku od epidota ima malen dvolom i često anomalne plave interferencijske boje, osobito je karakteristična indigoplava interferencijska boja. Epidot je tipični primarni mineralni sastojak kalcijem bogatih škriljavaca i epidotskih skarnova. Dobar je indikator tih matičnih stijena, dok je njegov postanak u magmatskim stijenama vezan uz postmagmatske procese.



*Slika 5.15 Izometrično zrno epidota karakteristične zelene boje (A) i visokih intrferencijskih boja (B). Uzorak H4; A-bez analizatora, B-s uključenim analizatorom.*

### Staurolit

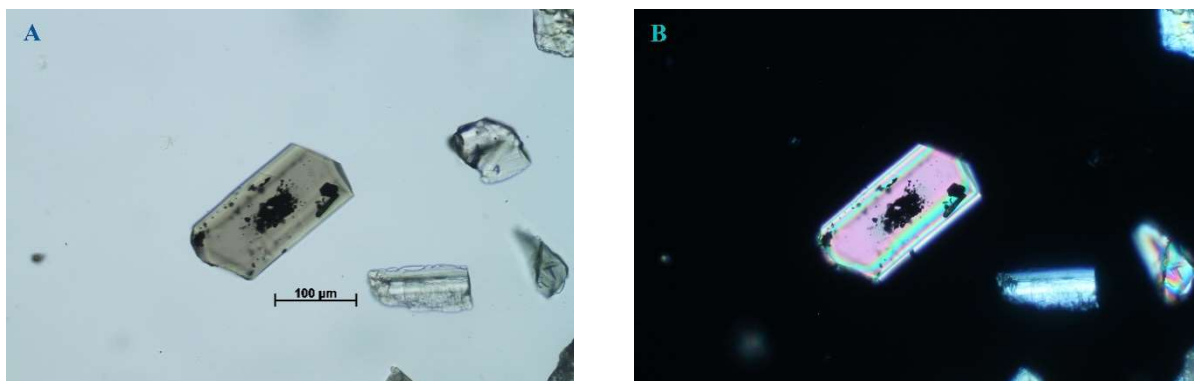
Staurolit se najčešće pojavljuje u obliku alotriomornih, bezbojnih ili svijetlije i tamnije žuto obojenih zrna koja pokazuju izrazit pleokroizam u zlatnožutim i smeđkasto žutim nijansama (Slika 5.16). Interferira u sivim do žutim bojama prvog reda. Sklon je trošenju, pa je česti teški mineral pješčane frakcije i kao tipičan sastojak metamornih stijena regionalne metamorfoze pri nižim temperaturama. Odličan je indikator podrijetla detritusa. Njegov prosječni udio je 8 % u uzorcima.



**Slika 5.16** Zrno staurolita tipične medeno žute boje (A) i niskih interferencijskih boja (B) iz uzorka B3. A-bez uključenog analizatora, B- analizator uključen.

### Turmalin

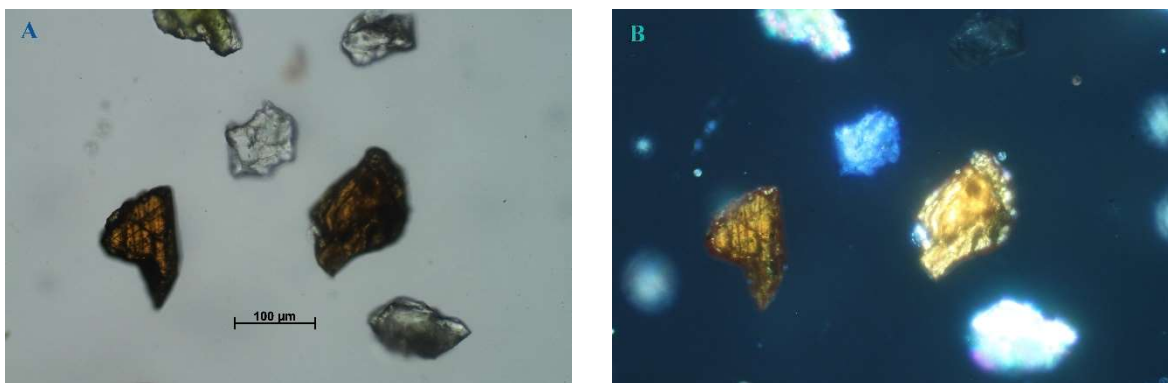
Turmalin je također prisutan u svim analiziranim uzorcima stijena, u prosjeku oko 6,5 %. Zrna su prizmatskog ili štapićastog oblika, rijetko nepravilna. Vrhovi i bridovi najčešće zaobljeni. Najčešće su zelenkasto-smeđi varijeteti s izraženim pleokroizmom (Slika 5.17). U mikroskopskim preparatima turmalin pokazuje prizmatske presjeke produljene smjerom kristalografske osi c. Turmalin nema kalavosti, ali su česte nepravilne pukotine. Česti su i sitni igličasti uklopci i mrljaste nečistoće. Turmalin je česti sastojak stijena, te stoga nije dobar indikator matičnih stijena.



**Slika 5.17** Zrno turmalina prizmatskog habitusa (A) i visokih intrferencijskih boja (B) iz uzorka H1 ; A-bez analizatora, B- analiator uključen.

## Rutil

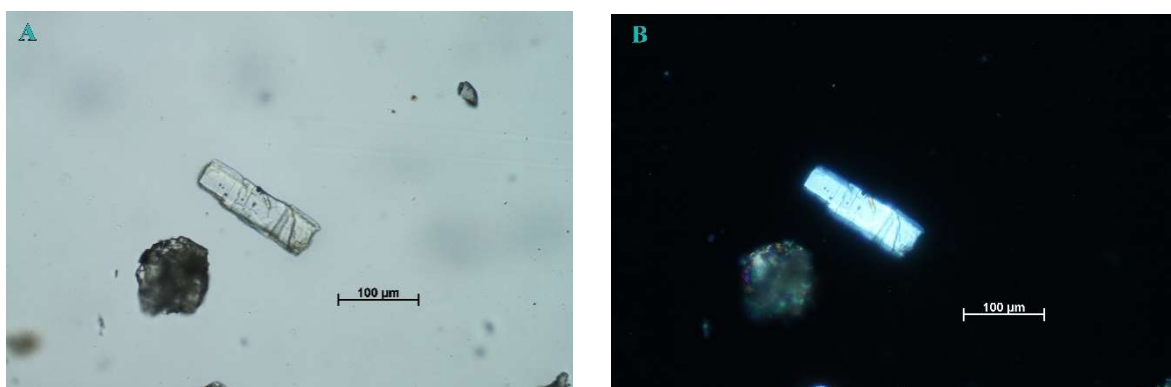
Rutil je prisutan u svim analiziranim uzorcima. Prosječan udio iznosi 7.4 %. Rutil je mineral vrlo visokog reljefa pa su mu kristali obrubljeni crnim rubom. Pojavljuje se u žutosmeđim, crvenkastosmeđim i tamnosmeđim zrcima prizmatičnog ili nepravilnog oblika, koji pokazuju slab pleokroizam (Slika 5.18). Interferencijske boje su prekrivene vlastitom bojom. Rutil potječe iz različitih magmatskih, regionalno-metamorfnih, i kontaktno-metamorfnih stijena, pegmatitnih stijena te granulita i eklogita, zbog toga nema veće značenje u identifikaciji matičnih stijena. Rutil je stabilan prema trošenju, pa zbog svoje velike rezistentnosti često potječe od starijih sedimenata koji su prošli više ciklusa pretaloživanja.



**Slika 5.18** Zrno rutila sa jako izraženom vlastitom bojom (A) koja prekrivaintrferencijske boje (B) iz uzorka H1; A-bez analizatora, B- analiator uključen.

## Kianit

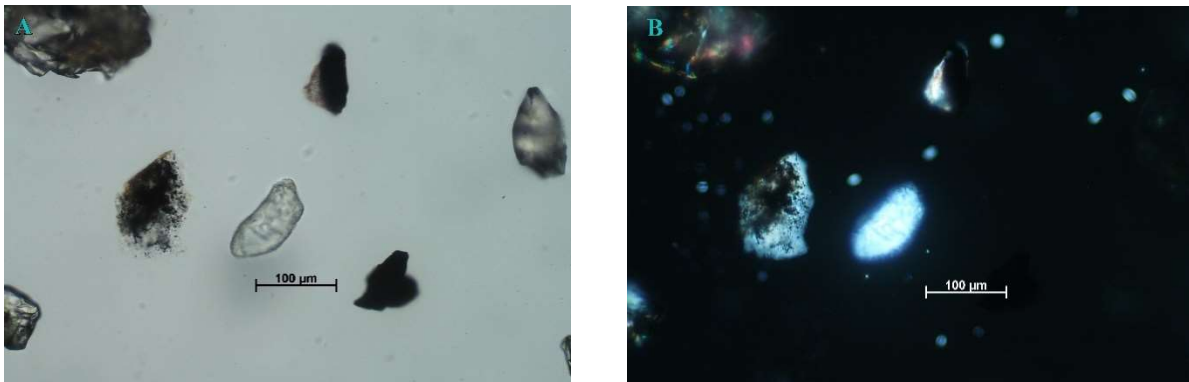
Prisutan je u svim analiziranim uzorcima i u prosjeku je zastupljen s oko 3.3 %. Najčešće je bezbojan, hipidiomorfno oblika s karakterističnim, sistemima kalavosti zbog kojih je lako prepoznatljiv (Slika 5.19). Kianit ima koso potamnjenje i interferencijske boje prvog reda. Kianit je tipičan mineral regionalno metamorfnih stijena nastalih pri visokom tlaku (stres mineral), a je zbog toga odličan indikator matičnih stijena.



**Slika 5.19** Zrno kianita jasno vidljiva dva sustava kalavosti (A) i niskih intrferencijskih boja (B) iz uzorka H4 ; A-bez analizatora, B- analiator uključen.

## Apatit

Apatit se obično javlja u obliku sitnih idiomorfni do hipidiomorfni kristala s dobro razvijenim plohama heksagonske prizme (Slika 5. 20). Kod većih kristala česte su poprečne nepravilne pukotine. Najčešće je bezbojan ili modro obojen, a interferira u bijeloj do sivoj boji prvog reda. Potamni paralelno. U prosjeku je zastupljen u uzorcima oko 1.4 %. Javlja se kao primarni akcesorni sastojak gotovo svih magmatskih i mnogih metamorfni stijena, nema značajnu ulogu kao indikator matični stijena.



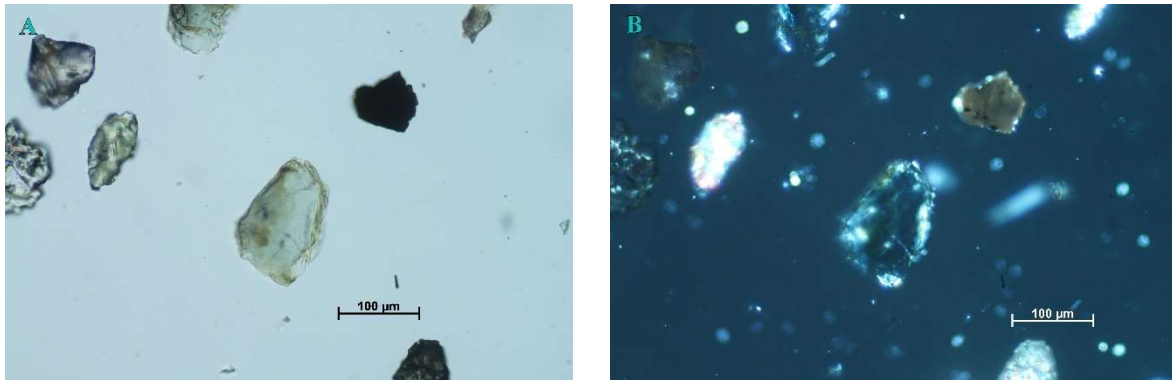
**Slika 5.20** Bezbojno zrno apatita (A) i niskih intrferencijskih boja (B) iz uzorka H1; A-bez analizatora, B- analiator uključen.

## Cirkon

Cirkon se javlja u malim količinama, karakteristični su sitni idiomorfni tetragonski kristali. U mikroskopskom preparatu je najčešće bezbojan, izrazitog reljefa i živih interferencijskih boja, najčešće interferira u živim plavim, zelenim i crvenim bojama. Paralelnog je potamnjenja. Akcesorni je mineral mnogih kiselih intruziva, granita, sijanita.

## **Klorit**

Klorit se u uzorcima pojavljuje u obliku nepravilnih zelenkastih listića (Slika 5.21). Uglavnom nastaje alteracijom minerala bogatim magnezijem i željezom (granati, biotit, olivin, pirokseni) kao sekundarni mineral, uslijed djelovanja hidrotermalnih procesa na nižim temperaturama. Kloriti su glavni sastojak škriljavaca niskog stupnja metamorfizma zelenih škriljavaca i kloritnih škriljavaca.



**Slika 5.21** Mineral klorita listićavog habitusa, zelene boje (A) niske interferencijske boje(B). Uzorak B5; A-bez analizatora, B- analizator uključen.

## 6. RASPRAVA

### 6.1 UVJETI I OKOLIŠI TALOŽENJA

Taloženje debelog slijeda pješćanih sedimenata s fragmentima školjkaša iz skupine kongerija i limnokardida snimljenih na kod sela Gornja Batina i Hrašćina ukazuje da se taloženje detritusa odvijalo u brakičnom jezerskom okolišu koji je bio pod snažnim utjecajem donosa terigenog materijala s kopna. Takvi okoliši najčešće se nalaze u blizini riječnih ušća ili delti koje progradiraju u stajaću vodu. Pri tome se većina pješćanog detritusa najčešće odlaže blizu samog ušća na čelu delte.

Oko sedam metara debeli slijed naslaga otkiven u pozajmistu pijesaka kod sela Gornja Batina (Sl.5.1), nedaleko od Budiščine u sjeveroistočnom dijelu Hrvatskog zagorja (Sl. 1.1), kao i približno 120 cm debeo slijed naslaga uz cestu Budiščina- Hrašćina (Sl. 5.3; Sl 1.1) taložen je u brakičnom jezerskom okolišu. Na to ukazuje zajednica fosilnih mekušaca iz porodica *Dreissenidae* i *Cardiidae* čije ostatke nalazimo duž snimljenog slijeda naslaga. Nađeni su samo fragmentirani fosilni ostaci tako da na temelju njih nije bilo moguće pobliže definirati taložni okoliš kao ni stratigrafsku pripadnost naslaga. Međutim, velike količine pješćanog detritusa, a koji dominira u istraživanim naslagama, u jezerskim se okolišima najčešće akumuliraju u rubnim dijelovima jezerima i u pravilu su povezane s riječnim ušćima. Naime, sedimentom bogata riječna voda ulaskom u stajaću jezersku vodu gubi svoju snagu i odlaže materijal. Najveći dio materijala odlaže se uz samu obalu na čelu delte na ušćevnom prudu ispred samog distribucijskog kanala (GALLOWAY & HOBDDAY, 1996). Horizontalno laminirani pijesci koji su zapaženi na profilu Gornja Batina najvjerojatnije su taloženi u uvjetima gornjeg režima toka kretanjem pješćanog zrna po dnu ili direktnim taloženjem iz suspenzije. Masivni pijesci, koji dominiraju u istraživanom slijedu naslaga najvjerojatnije su nastali destrukcijom primarne laminacije životnom aktivnošću organizama u plitkoj jezerskoj sredini ili likvefakcijom. Masivni pijesci mogli su isto tako nastati izrazito brzom sedimentacijom pijeska (COLLINSON & THOMPSON, 1989). Pokazatelj brze sedimentacije i snažnog donosa klastičnog detritusa je i značajna debljina pjeskovitih sedimenata na izdanku Gornja Batina (Sl.5.1).

Prema Osnovnoj geološkoj karti SFRJ, list Varaždin (ŠIMUNIĆ et al., 1982) istraživane naslage stratigrafski pripadaju gornjem pontu, točnije Rhomboidea naslagama. Postanak tih naslaga na istraživanom području odraz je događaja koji su se odvijali na čitavom prostoru Panonskog bazena. Naime, prije 11,6 Ma, početkom gornjeg miocena formiran je Panonski bazen kao zasebni jezerski sedimentacijski prostor. Sam bazen je nastao početkom miocena kao posljedica kontinentalne kolizije Europske ploče i nekoliko kontinentalnih fragmenata sa juga (HORVATH. & ROYDEN, 1981 ; ROYDEN 1988) uslijed koje je, osim stvaranja Panonskog bazena, došlo i do izdizanja Istočnih Alpi; Karpata i Dinarida (ROYDEN & BALDI, 1988).

Razvoj bazena karakterizira jedan veliki transgresivno regresivni ciklus (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018). Transgresivni ciklus započeo je u otnangu taloženjem aluvijalnih klastičnih sedimentata koji su ubrzo, najvjerojatnije početkom badena, zamijenjeni slatkovodnim jezerskim sedimentima, a svoj je maksimum doživio sredinom badena. Naime, prije oko 15 Ma godina (MARKOVIĆ, 2017) Panonski bazen postao je dio velikog morskog prostora poznatog pod imenom Središnji Paratethys. Nakon toga, u regresivnom sedimentacijskom slijedu, pretežito karbonatni marinski sedimenti badena i sarmata, početkom panona zamijenjeni su sedimentima taloženim u boćatom panonskom jezeru. U početku su među jezerskim sedimentima dominirali plitkovodni vapnenci i lapori, ali je njihovo taloženje relativno brzo zamijenjeno pretežito klastičnim sedimentima. Naime, snažnom erozijom visoko izdignutih planinskih masiva Alpa, Karpata i Dinarida, nastajale su velike količine klastičnog materijala koji je postupno zatrpavao i sužavao Panonsko jezero (KOVAČIĆ et al.; 2004). Sužavanje sedimentacijskog prostora najizraženije je bilo iz smjera sjevera, sjeverozapada i sjeveroistoka, a progradacija klastičnih sustava išla je prema jugu i jugoistoku (MAGYAR et al., 1999; MAGYAR et al., 2013). Taj se utjecaj u Hrvatskom zagorju započeo osjećati već početkom panona, na Žumberku sredinom panona, a u području Slavonskih planina tek pri kraju panona (KOVAČIĆ, 2004; KOVAČIĆ et al.; 2004; PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018) Krajem miocena, značajni dio Panonskog bazena pretvoren je u kopno (ROGL & STEININGER, 1983; MAGYAR et al., 1999).

## 6.2 PORIJEKLO MATERIJALA

Rekonstrukcija porijekla materijala, a što obuhvaća utvrđivanje sastava izvornih stijena smještaj izvornog područja klastičnog detritusa zahtjevan je zadatak koji se može riješiti samo ako se zajedno koriste podaci o modalnom sastavu detritusa i podaci o smjeru njegovog prijenosa kroz sedimentacijski bazen. Jedan od glavnih problema kod rekonstrukcije je činjenica da postoje brojni čimbenici koji u većoj ili manjoj mjeri modificiraju sastav materijala na mjestu trošenja, te za vrijeme transporta i dijageneze. Iako sastav matičnih stijena prvenstveno ovisi o geotektonskom smještaju izvornog područja, njegova alteracija ovisi o klimi i reljefu (BASU, 1985). Tako nizak reljef te topla i vlažna klima pogoduju kemijskom trošenju stijena, dok strmi reljef i aridna klima pogoduju njegovom mehaničkom raspadanju. Za razdoblje kasnog miocena u području Panonskog bazena karakteristična je relativno topla i vlažna klima (PANTIĆ, 1986; PLANDEROVA & al., 1992) što ukazuje da su osim mehaničkog trošenja visoko izdignutih mladih planinskih lanaca u okruženju panonskog bazena, postojali uvjeti za intenzivno trošenje kemijski nestabilnih mineralnih čestica. Klastični materijal naknadno još može biti znatno modificiran tijekom transporta i taloženja uslijed mehaničke separacije detritičnih čestica ovisno o njihovoj veličini, gustoći i obliku. U slučaju istraživanih naslaga, a radi se o relativno mladim, nelitificiranim sedimentima, dijagenetski procesi nisu u značajnijoj eri modificirali sastav istaloženog detritusa.

Rezultati analize modalnog sastava teške i lake frakcije pjeskovito-siltoznih sedimenta s lokaliteta Gornja Batina i Hrašćina (Tab. 5) pokazali su da je krajem miocena na istraživanom području sjeveroistočnog dijela Hrvatskog zagorja akumuliran klastični detritus nastao trošenjem različitih vrsta stijena. Dominacija najstabilnijih čestica u sastavu lake mineralne frakcije pijesaka, poput kvarca, kvarcita i rožnjaka ukazuje da je značajni dio detritusa nastao trošenjem starijih siliciklastičnih sedimentnih stijena, tj. da predstavlja drugi ili viši ciklus pretaloživanja. Sastava teške mineralne frakcije pijesaka pokazuje da značajni dio detritusa potječe iz matamorfnih i magmatskih stijena. Pokazatelj značajnog prisustva matamorfnih stijena u sastavu izvornih stijena je bogata zastupljenost granata, amfibola i epidota u sastavu zajednice prozirnih teških minerala. Naime, epidot je tipični primarni sastojak kalcijem bogatih kristalastih škriljavaca i epidotskih skarnova.



Dok su granati i amfiboli javljaju u različitim vrstama metamornih stijena (SLOVENEK & BERMANEK, 2003). Relativno dobro zastupljeni staurolit i kianit tipični su pak za regionalno metamorfne stijene nastale u uvjetima visokog tlaka i temperature (SLOVENEK & BERMANEK, 2003). S druge strane prisustvo rutila i turmalina ukazuje da manji dio materijala potječe iz kiselih magnatskih stijena (TIŠLJAR, 2004).

Može se dakle zaključiti da su izvorišne stijene klastičnog detritusa koji je krajem miocena taložen u sjeveroistočnom dijelu Hrvatskog zagorja pretežito bile starije sedimentne stijene i raznovrsne metamorfne stijene, dok su kisele magnatske stijene imale sporednu ulogu.

Nažalost, u istraživanim, naslagama nije bilo moguće utvrditi smjer prijenosa klastičnog materijala što bi umnogome pripomoglo rekonstrukciji smještaja izvorišnog područja. Obzirom na sastav okolnih gora u Hrvatskom zagorju i Sloveniji (Ivanščica, Medvednica, Strahinjščica) (VELIĆ & VLAHOVIĆ, 2009) u kojem su značajno zastupljene raznovrsne klastične i karbonatne sedimentne stijene, a na Medvednici i metamorfne stijene, ukazuje da bi one mogle predstavljati izvorište tog dijela pješčanog detritusa. Međutim, nedostatak krupnijeg klastičnog detritusa i srednja strukturna zrelost pješčano-siltnog detritusa, sugeriraju donos materijala iz udaljenijih izvorišta. Slični pjekovito-siltozni sedimenti gornjomiocenske starosti istraživani su na više lokaliteta u drugim područjima u jugozapadnom i južnom dijelu Panonskog bazena (KOVAČIĆ et al., 2004; KOVAČIĆ & GRIZELJ, 2006) i za njih je utvrđeno da je iz Alpa. Stoga se za klastični detritus na lokalitetima istraživanim u ovom radu može pretpostaviti da je alpske provenijencije.

## 7. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata istraživanja gornjomiocenskih sedimenata na lokalitetima Gornja Batina i Hrašćina u okolici Budinščine u sjeveroistočnom dijelu Hrvatskog zagorja može se zaključiti da:

- u istraživanom slijedu naslaga dominiraju srednje ili loše sitnozrnati pijesci ili siltozni pijesci
- udio karbonatne komponente u pijescima s lokaliteta Gornja Batina iznosi oko 15% a na lokalitetu Hrašćina 30-35%
- u modalnom satavu pjeskovitih sedimenata prevladavaju čestice kvarca i čestice stabilnih stijena, a u zajednici teških minerala dominiraju prozirni teški minerali
- najzastupljeniji prozirni teški minerali su granati, amfiboli i epidoti
- kalcitični siltovi pojavljuju se u obliku centimetarsko-decimetarskih proslojaka i sadrže između 30% i 43%  $\text{CaCO}_3$
- umjerena strukturna i mineralološka zrelost pješčanog detritusa ukazuje da se radi o klastičnom materijalu koji je pretrpio relativno dugačak transport
- modalni satav sugerira da detritus najvećim dijelom potječe iz starijih sedimentnih i matamorfnih stijena
- obzirom na sličnost istraživanih pijesaka s gornjomiocenskim pijescima sa šireg prostora jugozapadnog dijela Panonskog bazena, može se pretpostaviti njegova alpska provenijencija

## 8. LITERATURA

- ANIĆ, D. (1952):** Detaljno geološko kartiranje šireg područja, Fond struč.dok. Geol.Zavoda 2063, Zagreb.
- ANIĆ, D.(1960):** Prilog poznavanju gornjeg oligocena u Hrvatskom zagorju. Geol. Vjesnik, 13, 171-173, Zagreb.
- ANČIĆ, B. & JURIŠA, M. (1984):** Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000. List Rogatec L33-L68.- Geološki zavod, Ljubljana, Geološki zavod, Zagreb (1971-1981): Savezni geološki institut, Beograd.
- ANČIĆ, B. & JURIŠA, M. (1985):** Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Rogatec L33-L68.- Geološki zavod, Ljubljana, Geološki zavod, Zagreb (1983): Savezni geološki institut, Beograd.
- BABIĆ, Ž. (1959):** Prilog geologije Ivanščice „oligocen“ južnog pobočja Ivanščica između Labora i Selnice. Geol.vjesnik 12, 269-271, Zagreb.
- BABIĆ, Ž. ČAKARUN, I., SOKAČ, A. & MIRAZ, V. (1978):** O geologiji kvartarnih naslaga rijeke drave.Geol.vjesnik 30/1, 43-61, Zagreb.
- BARIĆ, LJ. & TAJDER, M. (1967):** Mikrofiziografija petrogenih minerala. Školska knjiga, Zagreb.
- BASCH, O. (2009):** Klastiti i ugljen (pont M7). U: Velić, I & Vlahović, I. (Ur) : Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatskigeološki institut Zagreb, 89-90.
- BASCH, O., PAVELIĆ, D. & BAKRAČ, K. (1995):** Gornjopontski facijesi sjevernog krila Konjščinske sinklinale kod Huma Zabočkog (Hrvatsko zagorje).-1. Hrvatski geološki kongres. Zbornik radova,57-61, Zagreb.
- BASU, A. (1985):** Influence of Climate and Relief on Compositions of Sands released at Source Areas.- U: Provanance of Arenites (Ur.G.G.Zuffa),Reidl Publ. Comp., 1-18, Padova.
- BELAK, M. (2009):** Ortometamorfne i parametamorfne stijene (paleozoik, ?trijas- Pz, ?T). U: Velić, I. & Vlahović, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut Zagreb, 16-17.
- COLLINSON, J.D. & THOMPSON, D.B. (1989):** Sedimentary structures,- Chapman& Hall., 207 p., London.
- FOETTERLE, F. (1861/62):** Gologische karte von Croatien. Jahrb. Geol. Reichsant., 12/1, (Verh, 123-124), Wien.

**GALLOWAY, W.E & HOBDA, D.K. (1996):** Terrigenous Clastic Depositional Systems, 270-296.

**GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1902):** Gologijska prijedgledna karta Hrvatske i Slavonije, 1:75.000. Tumač geologijske karte Vinica, Zona 20. Col. XIV, Naklada Kralj. zemlj. Vlade, Odjel za unutarnje poslove, 30 str., Zagreb.

**GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1904a):** Gologijska prijedgledna karta Hrvatske i Slavonije, 1:75.000. Tumač geologijske karte Rogatec-Kozje. Zona 21, Col. XIV, Naklada Kralj. zemlj. Vlade, Odjel za unutarnje poslove, 24 str., Zagreb.

**GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1904b):** Gologijska prijedgledna karta Hrvatske i Slavonije, 1:75.000. Tumač geologijske karte Zlatar-Krapina. Zona 21, Col. XIV, Naklada Kralj. zemlj. Vlade, Odjel za unutarnje poslove, 42 str., Zagreb.

**GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1908):** Gologijska prijedgledna karta Hrvatske i Slavonije, 1:75.000. Tumač geologijske karte Zagreb. Zona 22, Col. XIV, Naklada Kralj. zemlj. Vlade, Odjel za unutarnje poslove, 75 str., Zagreb.

**HAUER, F. (1868):** Geologische Uberzichkarte der Osterrieischen Monarchie, 1 : 476.000. Blat 6, Ostliche Alpelandewr, . Jahrb, Geol. Reichsanst, 18, 1-44 Wien.

**HEĆIMOVIĆ, I. (2009A):** Klastične naslage (pliokvartar – PL, Q). U: Velić, I. & Vlahović, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 94-95.

**HEĆIMOVIĆ, I. (2009B):** Kopneni (a-IQ<sub>1</sub>) i barski (b-jblQ<sub>1</sub>) les (pleistocen- Q<sub>1</sub>). U: Velić, I. & Vlahović, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 89-90.

**HORVATH, F. (1995):** Phases of compression during the evolution of the pannonian Basinan ditsbearing on hydrocarbon exploration. Mar. Petrol. Geol. 12, 147-154.

**HORVATH, F.& ROYDEN, L.H. (1981):** Mechanisam for the formation of the Intra-Carpatian Basins: A review. Earth Sci. Rev. 3-4,.

**KIŠPATIĆ, M (1901):** Rude u Hvatskoj , Rad JAZU, 147, Zagreb.

**KOCH, E., (1904):** Serpetinsko kamenje Zagrebačke i Kalničke gore. Nast. vjesnik, 13, Zagreb.

**KOVAČIĆ, M. (1999):** Sedimentologija pontskih naslaga sjevernog dijela Medvednice. Magistarski rad. Prirodnoslovno-matematički fakultet, Sveučilišt u Zagrebu, 20-24.

**KOVAČIĆ, M. (2004):** Sedimentologija gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela panonskog bazena. Disertacija. Prirodnoslovno-matematički fakultet, Sveučilišt u Zagrebu. 37-39.

**KOVAČIĆ, M. & GRIZELJ, A. (2006):** Provenance of The Upper Miocene clastic material in the southwestern part of the Pannonian basin. Geol. Carpathica 57, 6, 495-510.

**KOVAČIĆ, M., ZUPANIĆ, J., BABIĆ, LJ., VRSALJKO, D., MIKNIĆ, M., BAKRAČ, K., HEČIMOVIĆ, I., AVANIĆ, R. & BRKIĆ, M. (2004):** Lacustrine Basin to delta evolution in the Zagorje Basin, a Pannonian sub-basin (Late Miocene: Pontian, NW Croatia). Springer-Verlag, Facies 50, 19-33.

**KRANJEC, V. (1974):** Naslage mlađeg tercijara i pojave ugljikovodika na površini sjeveroistočnih obronaka Kalnika . Zbornik radova Rudar.-geol.-naft. fak. Sveuč.u Zagrebu, u povodu 35 god. Rada, 63-69, Zagreb.

**KRANJEC, V., HERNITZ, Z., REŠČEC, T. & VELIĆ, J. (1976):** O sarmatskim i starijim panonskim naslagama u Dravskoj potolini. Geol. vjesnik 29, 125-149, Zagreb.

**MACKENZIE, W.S. & ADAMS, A.E. (1994):** A Colour Atlas of Rocks and Mineral in Thin Section, Manson Publishing, London, 192 str.

**MAGYAR, I.; GEARY, D.H. & MULLER, P. (1999):** Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannonian Central Europe. Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol. 147, 151-167.

**MAGYAR, I. (1995):** Late Miocene mollusc biostratigraphy in the eastern part of the Pannonian Basin (Tiszint I, Hungary). Geol. Carpathica 46, 29-36.

**MANDIĆ, O. (2015):** Stratigraphic and paleogeographic significance of lacustrine mollusks from the Pliocene Viviparus beds in central Croatia. Geologia Croatica 68 (3): 179-207.

**MARKOVIĆ, F. (2017):** Miocene tuffs from North Croatian Basin, Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

**MENGE, M.A. & MAURER, H.F.W. (1992):** Heavy Mineral in Colour. Chapman & Hall, London.

**MILETIĆ, P., URUMOVIĆ, K. & CAPAR, A. (1971):** Hidrogeologija prvog vodonosnog horizonta porječja Drave na području Hrvatske, Geol. Vjesnik 24, 149-159, Zagreb.

**MORTON, A.C. (1985):** Heavy Mineral in provenance studies. In Provenance of Arenites (Ed. G.G. Zuffa), Reidel Publ. Comp., 249-277, Boston.

**MULDINI-MAMUZIĆ, S. (1965):** Rezultati mikrofaunističkog istraživanja oligocenskih i miocenskih naslaga Panonske kotline. Acta geol., 5, Prir. istraž. JAZU, 35, Zagreb.

**NAGYMAROSY, A. & MULLER, P. (1988):** Some aspects of Neogene biostratigraphy in the Pannonian Basin. U; HORVATH, F. & ROYDEN, L. H. (Ur.): The Pannonian Basin. A study in Basin Evolution.-AAPG Mem., 45, 69-77.

**OŽEGOVIĆ, F. (1994):** Beitrag zur Geologie des jungeren Tertiars Kroatiens auf Grund der Ergebnisse aus neueren Tiefbohrungen (in Croatian, German Summary) .Vjesnik Hrv. Geol. Zavoda i Hrv. Geol. Muz. 2-3: 391-491, Zagreb.

**PANTIĆ, N. (1986):** Global Tertiary Climatic Changes, Paleophyogeography and Phytostatigraphy.- U: Earth sciences Vol. 8, Global. Bio-Events, (Ur. O. Walliser). Springer-Verlag, Berlin.

**PAVELIĆ, D. & KOVAČIĆ, M (2018):** North Croatian Basin, Marine and petroleum geology, 455-469.

**PEH, Z. (1980):** Potencijalne mineralne sirovine Hrvatskog zagorja i mogućnost njihove eksploatacije. Fond struč. dok. Geol. zavoda 7599, Zagreb. ). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 86-87.

**PIKIJA, M. (2009a):** Litavac i klastične naslage s vulkanitima (baden- M<sub>4</sub>). ). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 86-87.

**PIKIJA, M. (2009b):** Vapnenačko –klastične naslage (sarmat, panon –M<sub>5,6</sub>). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 86-87.

**PIKIJA, M., ŠIMUNIĆ, AL. & ŠIMUNIĆ, AN. (1981):** Miocenske naslage sjevernog pobočja Kalnika. Rudar.- geol. fakultet, LMGD, bilten 3, 243-250, Beograd.

**PLANDEROVA, E., ZIEMBINSKA, M., GRABOWSKA, I. KOHMAN-ADAMSKA, A., KONZALOVA, M., NAGY, E., PANTIĆ, N., RYLOVA, T., SADOWSKA, A., SLODOWSKA, B., STUHLIK, L., SYABRYAJ, S., WAZYNSKA, H. & ZDRAZLIKOVA, N. (1992):** On plaeofloristic and paleoclimatic changes during the Neogene of Estern and Central Europe on the basis of palynological research.- U: Plaeofloristic and paleoclimatic changes during Cretaceous and Tertiary (Ur. E. Planderova & al.), Proceedings of the international symposium, 119-129, Bratislava.

**PLETIKAPIĆ, Ž. (1964):** Naftoplinonost Dravske podoline. Nafta 9, 250-254, Zagreb.

**POLŠAK, A. (1979):** Stratigrafija i paleogeografija biolitnog kompleksa senona kod Gornjeg Orešja (Medvednica, Sjev. Hrvatska). Acta geologica, 47, 195-230, Zagreb.

**READING, H.G. & COLLINSON, J.D. (1996):** Clasticcoasts. U: Reading, H. G. (Ur.): Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy, Blackwell Sci. Publ, Oxford.

**REINECK, H.E. & SINGH, I.B. (1972):** Genesis of laminated sand graded rhythmites in storm-sand layers of shelf mud.- Sedimentology, 18, 123-128.

**ROYDEN, L.H. & BALDI, T. (1988):** Early Cenozoic Tectonics and Paleogeography of the Pannonian and Surrounding Regions, The Pannonian Basin: A Study in Basin Evolution.

**ROGL, F. (1998):** Paleogeographic consideration for Mediterranean and Paratethys seaways (Oligocene to Miocene). Ann. Naturhist. Mus. Wien 99A.

**ROGL, F. & STEININGER, F.F. (1983):** Vom zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys, Die Neogene Paleogeographie und Palinspatik des zirkum – mediterranean Raumes. Ann. Naturhist. Mus. Wien 85A, 135-163.



**ROYDEN, L.H. (1988):** Late Cenozoic tectonics of the Pannonian Basian System. U: Royden, L.H. & HORVATH, F. (Ur.): The Pannonian Basian. A study in Basian Evolution. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 45..

**SAFTIĆ, B (2003):** Paleogeography of the Central Paratethys during the Early phase of the High resolution Interval HRI 3- Karpatian. Bratislava : Univerzita Komenskeho Bratislava, str 53-57.

**SLOVENEK, D. & BERMANEC, V. (2003):** Sistematska mineralogija – mineralogija silikata.- Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 359 str.

**SOKAČ, B. (2009a):** Sajske i kampilske naslage (donji trijas-T<sub>1</sub>). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 29-32.

**SOKAČ, B. (2009b):** Klastične i piroklastične naslage (srednji trijas T<sub>2</sub>). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 34-37.

**SOKAČ, B. (2009c):** Dolomiti (gornji norik – T<sub>2</sub>). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 32-34.

**STEININGER, F.F. (1988):** Corellation of Central Paratethys, Eastern Paratethys, and Mediterranean Neogene Stages.

**ŠIKIĆ, L., HALAMIĆ, J, & BELAK, M. (2009):** Ofilitne stijene (srednja- gornja jura- J<sub>2,3</sub>). U: Velić, I. & Vlahović, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 57-60.

**ŠČAVNIČAR, B. (1979):** Sandstones of the Pliocenand Miocene age in the Sava River depression. Znan. savjet za naftu JAZU. 3rd Znan. Skup. Sekc. Primj. Geol. Geof. Geokem. 2, 351-382.

**ŠIKIĆ, L. & JOVIĆ, B (1969):** Starost „gornjooligocenskih“ naslaga sa smeđim ugljenom u području Pregrade, Sjeverna Hrvatska Geol. vjesnik 22, 333-345, Zagreb.

**ŠIKIĆ, L., ŠIMUNIĆ, AN. & ŠIKIĆ, K. (1979):** Neogene in Central and Northarn Croatia. 16th European Micropaleontological Colloquium, 123-130, Ljubljana.

**ŠIMUNIĆ, AN., PIKIJA, M. & JAMIČIĆ, D. (1973):** Pleistocene deposits of the southern slopes of Kalnik mountains. Bull. Sci. cons. Akad. Jugosl., 18, 70-71, Zagreb.

**ŠIMUNIĆ, AN., PIKIJA, M. & HEČIMOVIĆ, I. (1983):** Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Varaždin L33-L69.- Geološki zavod, Zagreb (1971-1978): Savezni geološki institut, Beograd (1982).

**ŠIMUNIĆ, AL. & ŠIMUNIĆ, AN. (1987):** The reconstruction of neotectonic occurrence in north-western Croatia based on analyses of Pontian sediments (in Croatian, English summary) Rad JAZU, 431, 155-177.

**ŠIMUNIĆ, AN. (1992):** Geološki odnosi središnjeg dijela Hrvatskog zagorja, Disertacija, Rudarsko- naftno-geološki fakultet, - Sveučilište u Zagrebu.

**ŠIMUNIĆ, AN. (2009a):** Karbonatni fliš i klastiti (paleocen, eocen- Pc, E). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 75-76.

**ŠIMUNIĆ, AN. (2009b):** Klastiti i karbonati s klastitima (otnang, karpatski M<sub>2</sub><sup>3</sup>). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 84-85.

**ŠIMUNIĆ, AN., PIKIJA, M., HEČIMOVIĆ, I. & BALEK, M. (2009):** Klastiti s vulkanitima (eger, egerburg- Ol, M<sub>1</sub>). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 82-83.

**ŠPARICA, M., BUKOVAC, J. & BERGANT, S. (2009):** Karbonatni klastiti (pretežito fliš) i „Scaglia“ vapnenci (gornja kreda- K<sub>2</sub>). U: Velić, I. & Vlahoić, I. (Ur.): Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 70-72.

**TALBOT, MR. & ALLEN, PA. (1996):** Lakes. U: Reading, HG. (Ur.) Sedimentary environments, Blackwall, Oxford, 83-124.

**TAKŠIĆ, A. (1947):** O ugljenonosnim naslagama na sjeverozapadnim padinama Kalničke gore. Geol. Vjesnik 1, 6-9, Zagreb.

**TAKŠIĆ, A. & GABRIĆ, A. (1978):** Geološka analiza ugljenonosnih struktura područje Elektroprivrede-Zagreb. Fond struč. dok. Geol. zavoda 6872, Zagreb.

**TIŠLJAR, J. (2004):** Sedimentologija klastičnih i silicijskih taložina. Institut za geološka istraživanja Zagreb, 263 str.

**URUMOVIĆ, K. (1971):** O kvartarnom vodonosnom kompleksu na području Varaždina. Geol. vjesnik 24, 183-191, Zagreb.

**TUCKER, M. E. (2001):** Sedimentary Petrology, Blackwall, Oxford, 262 str.

**VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ I. (2009):** Tumač Geološke karte RH 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb.

**VUKOTINOVIĆ, LJ. (1853):** Einige Mittheilungen über das Kalniker Gebirge in Croatien, Jahrb, Geol. Reichsanst., 4/3, 550-552, Wien.

**WOLF, H. (1861-62):** Geologische verhältnisse des Kalnikgebirge und der Umgebung von Warasdiner Toplitz in Croatien. Verh. Geol. Reichsanst. 12, 229, Wien.

**ZOLLIKOFER, Th., (1861-62):** Die geologischen Verhältnisse des Südöstlichen Thelies von Unter-Steiermark. Jahrb, Geol. Reichsanst., 12, Wien.