

# Morfometrijska analiza reljefa Petrove gore

---

**Mikašinović, Matko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*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:217:788156>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-19**



*Repository / Repozitorij:*

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



**Matko Mikašinović**

**Morfometrijska analiza reljefa Petrove gore**

**Diplomski rad**

**Zagreb  
2018.**



**Matko Mikašinović**

# **Morfometrijska analiza reljefa Petrove gore**

**Diplomski rad**

predan na ocjenu Geografskom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog zvanja  
magistra edukacije geografije

**Zagreb  
2018.**

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu *diplomskog sveučilišnog studija Geografija; smjer: nastavnički* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Nevena Bočića

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

Diplomski rad

## Morfometrijska analiza reljefa Petrove gore

Matko Mikašinović

**Izvadak:** Petrova gora je brdsko uzvišenje na Kordunu. Cilj rada bio je istražiti najvažnije morfometrijske značajke Petrove gore u svrhu dobivanja novih spoznaja o nastanku reljefa. Temeljem digitalnog modela reljefa analizirale su se opće i specifične morfometrijske značajke te korelirale sa geološkim obilježjima. Značajniji utjecaj na reljef imala je litološka građa i egzogeni procesi, koji su bili intenzivni i u prošlosti i danas. Metode opće morfometrije pokazale su veću povezanost s litologijom, a metode specifične morfometrije sa geološkom strukturom.

48 stranica, 30 grafičkih priloga, 9 tablica, 51 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: Petrova gora; morfometrija; drenažna mreža; geomorfologija

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

Povjerenstvo: izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

doc. dr. sc. Ružica Vuk

izv. prof. dr. sc. Nenad Buzjak

Tema prihvaćena: 14. 6. 2018.

Rad prihvaćen: 3. 7. 2018.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Master Thesis

**Morphometric analysis of relief of Petrova gora**

Matko Mikašinović

**Abstract:** Petrova gora is a hill in Kordun area. The object of this paper was to obtain most important morphometric characteristics for the purpose of comprehension relief of Petrova gora. General and specific (related to hydrology) morphometrics parameters were analyzed with digital terrain model in GIS and compared to geologic settings. Significant influence on the relief had lithological settings and long-term exogenic processes. Methods of general morphometry showed a more significant correlation with lithology, and the method of specific morphometry with the geological structure.

48 pages, 30 figures, 9 tables, 51 references; original in Croatian

Keywords: Petrova gore; morphometry; drainage system; geomorphology

Supervisor: Neven Bočić, PhD, Associate Professor

Reviewers: Neven Bočić, PhD, Associate Professor

Ružica Vuk, PhD, Assistant Professor

Nenad Buzjak, PhD, Associate Professor

Thesis title accepted: 14/06/2018

Thesis accepted: 03/07/2018

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia

...produžena zahvala svima prije spomenutima...



SADRŽAJ	
1. UVOD.....	1
2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA.....	2
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	4
4. METODE.....	8
4.1. METODE OPĆE MORFOMETRIJSKE ANALIZE.....	8
4.2. METODE SPECIFIČNE MORFOMETRIJSKE ANALIZE.....	12
5. REZULTATI .....	20
5.1. OPĆE MORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE .....	20
5.2. SPECIFIČNE MORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE.....	31
6. RASPRAVA .....	46
7. ZAKLJUČAK.....	48
LITERATURA .....	49
IZVORI.....	53
POPIS SLIKA.....	VII
POPIS TABLICA .....	VIII
PRILOZI .....	IX
<i>Prilog 1. Pisana priprema za terensku nastavu u geografiji .....</i>	<i>IX</i>
<i>Prilog 2. Terenski dnevnik za terensku nastavu.....</i>	<i>XVIII</i>
<i>Prilog 3. Domaća zadaća na temelju terenske nastave .....</i>	<i>XXI</i>

## 1. UVOD

Petrova gora je brdsko uzvišenje središnje Hrvatske. Smještena je između  $45^{\circ}11'$  i  $45^{\circ}21'$  sjeverne geografske širine te  $15^{\circ}40'$  i  $15^{\circ}57'$  istočne geografske dužine. Nalazi se u području Korduna, uz granicu s Bosnom i Hercegovinom. Administrativno pripada Sisačko-moslavačkoj i Karlovačkoj županiji, čija je granica određena središnjim dijelom Petrove gore.

Cilj rada je istražiti najvažnije opće i specifične morfometrijske značajke reljefa Petrove gore. Svrha rada je pomoću morfometrijskih metoda dobiti nove podatke i spoznaje o značajkama, nastanku i razvoju tog područja. Ovo područje izabrano je zbog relativno homogenih litoloških obilježja te zbog prevladavanja samo jednog (fluviudenudacijskog) arealnog morfogenetskog tipa reljefa.

## 2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

Petrovu goru prvenstveno su istraživali geolozi. Prvo značajnije djelo o geologiji Petrove gore napisao je Marić (1972) u kojem opisuje sedimente i lokalne pojave eruptivnih stijena. Prema njemu, sedimente stijene nisu bile podvrgnute intenzivnijim egzomorfološkim procesima. Sastavni dio toga rada je i detaljna geološka karta područja oko Vojnića u mjerilu 1:25.000 koju su izradili Nedela-Devide i suradnici (Marić, 1972). Geomorfološka istraživanja Petrove gore, koja bi bila usmjerena u formiranje reljefa nisu provedena.

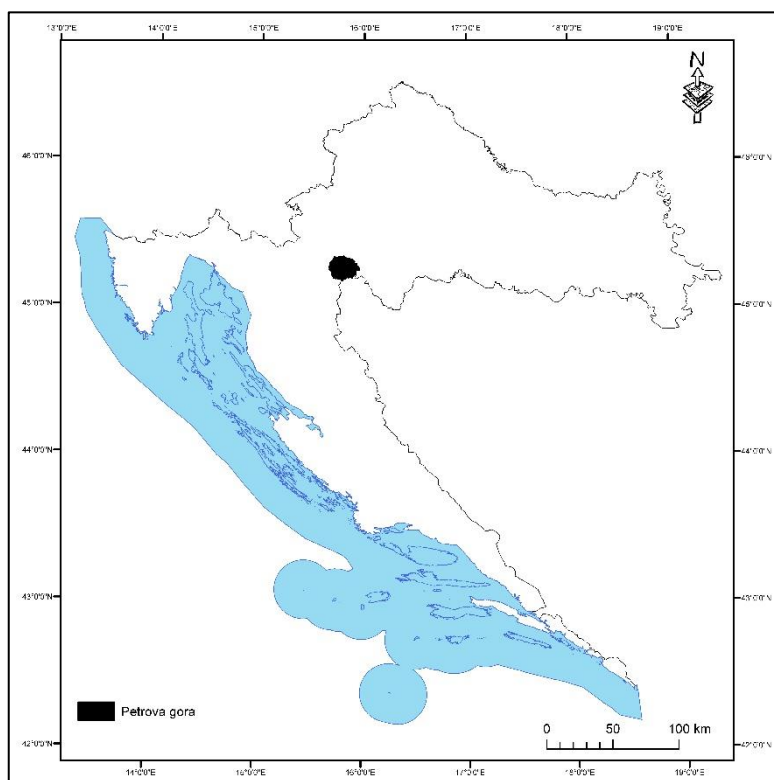
Prvi prikaz reljefa iznosi Keler (1972), koji daje detaljniji geografski opis Petrove gore. U poglavlju *Morfološka obilježja* iznosi detaljniji prikaz geomorfologije Petrove gore diferencirajući ju na uže područje Petrove gore, istočno i zapadno od centralnog masiva, pobrđe sjeverno od Vojišnice i Slavskog polja, Sjeničačko pobrđe istočno od Velike Utinje te pobrđe istočno od Vrgomoskog polja. Opsežniji opis prirodno-geografskih obilježja Petrove gore izradio je Mikšić (1989) u kojem je prirodno-geografske elemente detaljnije opisao te postavio u međusobni odnos radi mogućnosti kvalitetnijeg upravljanja prostorom. Sažeti prikaz reljefnih obilježja daje Bočić (2012).

Prije razvoja GIS-a u Hrvatskoj, Lozić (1995; 1996; 1996a) analizira hipsometriju, nagibe i vertikalnu raščlanjenost na razini Hrvatske. Osim na nacionalnoj razini, izrađena su mnoga istraživanja na lokalnoj razini. Razvojem GIS-a i novijih alata, analiza se pojednostavila i ubrzala, a posljedično je postala i mnogobrojnija. Pahernik (2005) izrađuje geomorfološku analizu Gorskog kotara koristeći se GIS programom. Pahernik (2007) analizira padine otoka Raba uspoređujući nagib, zakrivljenost i ekspoziciju padina u svrhu recentne tektonske aktivnosti. Bočić i dr. (2010) upotrebom GIS-a međusobno uspoređuju morfogenetska i morfometrijska obilježja Slunjske zaravni u svrhu otkrivanja etapa njegovog razvoja. Bočić i dr. (2015) istražuju paleodrenažnu mrežu Unsko-koranske zaravni, gdje analiziraju doline pomoću GIS-a. Kvetek (2014) analizira drenažnu mrežu Papuka, pretpostavljajući područja relativnog tektonskog spuštanja i izdizanja. Kvetek i Bočić (2015) analiziraju drenažnu mrežu Papuka, gdje pretpostavljaju utjecaj morfometrije, tektonike i litologije na razlike u rezultatima specifičnih morfometrijskih analiza. Matoš i dr. (2014) međusobno povezuju rezultate analize reljefa i drenažne mreže u svrhu otkrivanja rejuvenacije reljefa Medvednice. Matoš i dr. (2016) sličnim postupkom provode analizu Bilogore te, iako pretpostavljaju rasjedne aktivnosti, navode potrebu za dodatnim terenskim radom i paleoseizmološkim istraživanjima. Bočić i dr. (2016) izrađuju detaljnu geomorfološku analizu Karlovačke županije, u kojoj

analiziraju morfometrijske značajke. Geomorfološka obilježja Moslavačke gore analizira Mesić (2018), navodeći značajniji utjecaj geologije na razvoj reljefa.

### 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

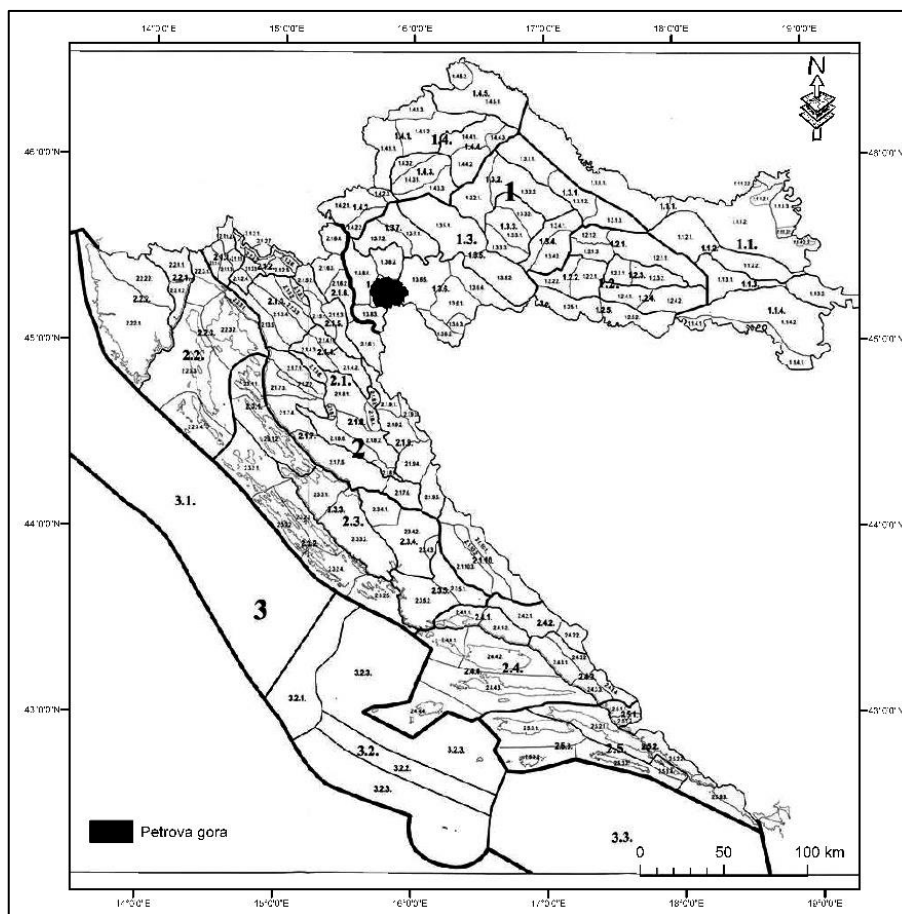
Petrova gora je brdsko uzvišenje u središnjoj Hrvatskoj (sl. 1). Prema Bognaru (2001) sastoji se od sjeverozapadne i jugoistočne predgorske stepenice, a središnja orografska struktura ima oblik masiva. Istraživano područje ima površinu od 281,9 km<sup>2</sup> te u jednom dijelu čini granični prostor prema Bosni i Hercegovini. Administrativno pripada dvjema županijama – Sisačko-moslavačkoj te Karlovačkoj – čija se granica pruža glavnim bilom. Prostor Petrove gore Šašek (1974) ograničava rijekama Kupe, Korane i Gline. Prema geomorfološkoj regionalizaciji (Bognar, 1999), Petrova gora se prema morfofacijsnim grupama dijeli na strukturno i orografsko neovisne subregije – gorski masiv Petrove gore sa SZ i JI predgorskom stepenicom, gorski masiv Kremešnice s



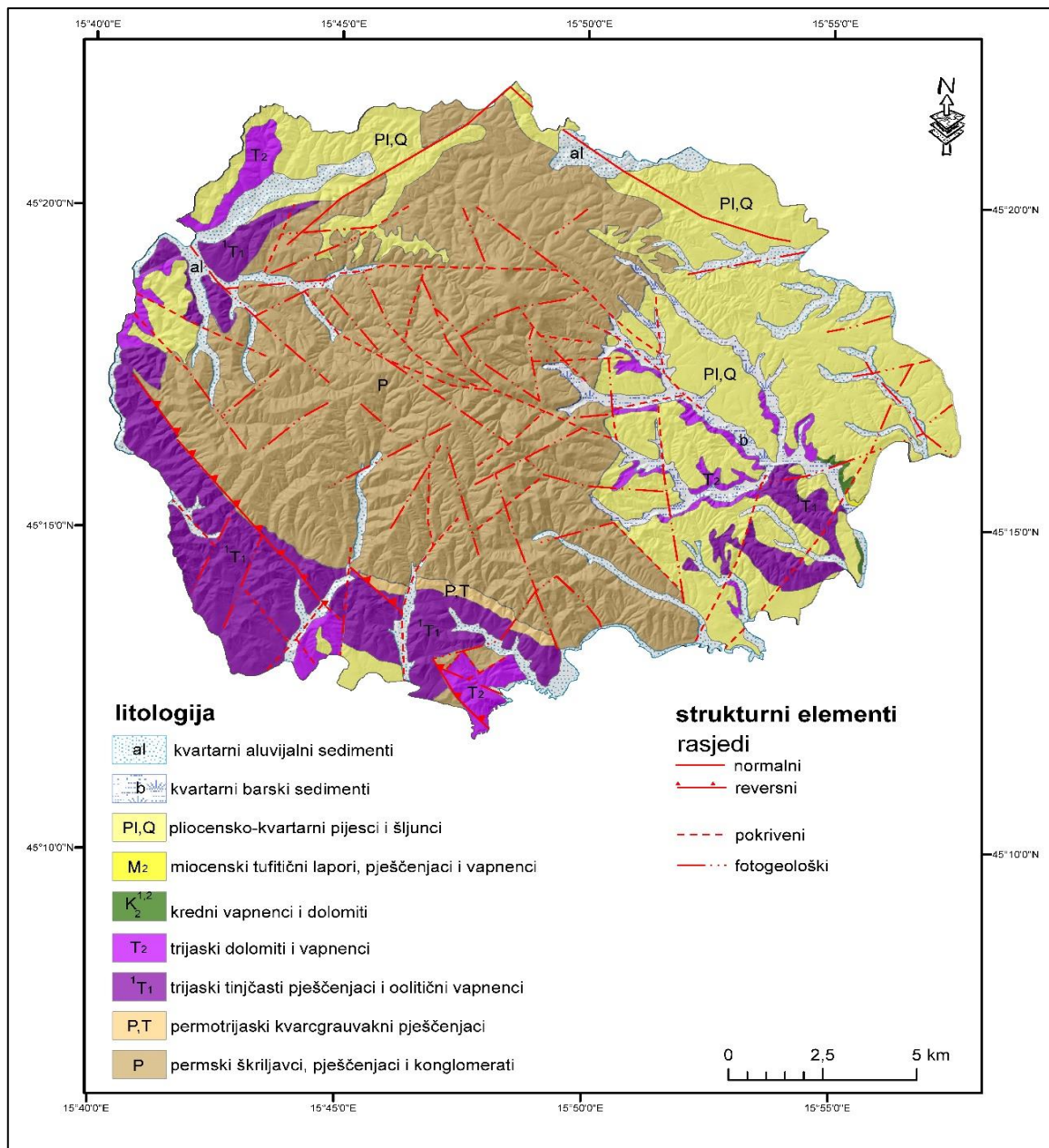
Sl. 1. Smještaj Petrove gore u Hrvatskoj

Utinjsko-Tušilovačkim pobrđem i Vojničko pobrđe. Takva mezogeomorfološka regija makrogeomorfološki pripada zavali SZ Hrvatske, a na razini megamakrogeomorfološke Panonskom bazenu (sl. 2). Unatoč smještaju u Panonskom bazenu, Petrova gora dio je granične mezoregije gdje je Cetingradsko pobrđe dijeli od Dinarskog gorskog sustava i Unsko-koranske zaravni. Geotektonski gledano, prema Heraku (1991), područje pripada graničnom području Supradinarika prema Dinariku, a takav će položaj definirati današnje geološke i geomorfološke značajke.

Petrografsku osnovu Petrove gore (sl. 3) čine niži kompleks tamno-sivih škriljavca sedimentiranih u turbiditnim uvjetima donjeg do srednjeg karbona te viši kompleks kvarc pješčenjaka i konglomerata stvorenih u suhim uvjetima donjeg perma (Šoštarić i dr., 2009). Prema Šašek (1974) na njima su akumulirani paleozojski škriljavci, a prema Koroliji i dr. (1979) škriljavci, pješčenjaci i dolomiti permske starosti. Prema HGI (2009) i Velić i Vlahović (2009) dodatno dijele litološku osnovu na stariji dio i klastite te mlađi dio s pješčenjacima i konglomeratima. Litološki kompleks tijekom kenozoika je dodatno prekriven karbonatnim naslagama te flišem na prijelazu kreda – paleocen, međutim, pretpostavljena alohtona struktura, kao posljedica eocenskog



Sl. 2. Geomorfološki položaj Petrove gore  
Izvor: Bognar, 2001



Sl. 3. Geološka karta Petrove gore

Izvor podataka: Korolija i dr., 1979; HGI, n.d.; Izvor podloge: DEM10

navlačenja, uvjetovala je prekrivanje karbonatnog kompleksa onim paleozojskim, stvarajući litološki homogenu strukturu jedinicu, od Slunjske zaravni odijeljenu navlakom Veljun-Cetingrad-Pećigrad (Korolija i dr., 1979). Tako izdvojena struktura pripada cjelini Supradinarika čije je osnovno obilježje neogenska tektonska aktivnost kada je remobilizacijom definiran današnji oblik i struktura. Alohtone strukture šireg područja Korduna obilježene su blok tektonikom, uvjetovanom mnogobrojnim normalnim rasjedima, zbog čega je i rekonstrukcija paleotektonike nedovoljno razjašnjena (Velić i dr., 1979).

Prema Bognaru (1987) Petrova gora pripada denudacijsko-tektonskom reljefu, točnije remobiliziranom rasjedno-borano ekshumiranom gromadnom gorskom masivu, morfostrukturno predstavljenom varističkim rasjedima pružanja SI-JZ i dinaridskog pružanja SZ-JI. Današnji reljef, već uvjetovan vodonepropusnom litologijom, konačno je dovršen u pleistocenu čije su klimatske varijacije uvjetovale prisutnost specifičnih morfoloških procesa te zadnjeg litološkog člana Petrove gore – aluvijalnih sedimenata. Tako je Petrova gora definirana relativno visokim središnjim masivom, čija se bila radijalno spuštaju prema dolinama graničnih rijeka. Između njih formirane su uske doline više ili manje stalnih tokova, na čijim su padinama aktivni padinski procesi te posljedično, koluvijalni i deluvijalni sediment. Na cijelom području dominira umjereno raščlanjeni fluviudenudacijski reljef s lokalno zastupljenim akumulacijskim oblicima u obliku deluvijalnih i proluvijalnih plavina te naplavnih ravni u blizini većih potoka.



## 4. METODE

Korišten je programski paket ArcGIS 10.1 s modulima Spatial Analyst, gdje je izrađen i analiziran DEM10. DEM10 (*Digitalni Model Reljefa*) rasterski je prikaz reljefa, gdje svaka ćelija obuhvaća 100 m<sup>2</sup> i sadrži njegovu nadmorsku visinu. Izrađen je temeljem automatske vektorizacije slojnica s topografskih karata mjerila 1:25 000 (TK25). U analizi specifičnih morfometrijskih značajki korišten je i alat ArcHydro 2.0 (Scopel, 2011) u svrhu provjeravanja točnosti hidroloških alata ArcGIS-a. Geološki podaci dobiveni su iz osnovne geološke karte 1:100 000 (OGK) lista Slunj (Korolija i dr., 1979), dok su podaci o geološkoj građi sjevernog dijela Petrove gore, zbog pripadanja neobjavljenom listu Karlovac, dobiveni iz pregledne geološke karte 1:300.000 HGI-a (HGI, n.d.). Analize su izrađene u nacionalnom projiciranom koordinatnom sustavu HTRS96 TM. Statističke analize podataka su djelomično izrađene u GIS okružju, a većinski u programima Microsoft Excel 2013 i IBM SPSS Statistics 20.

### 4.1. METODE OPĆE MORFOMETRIJSKE ANALIZE

Opće morfometrijske značajke su one koje obuhvaćaju cijeli reljef istraživanog područja odnosno sve reljefne oblike. U ovom radu je analizirana hipsometrija, nagib, vertikalna raščlanjenost, ekspozicija i zakrivljenost padina.

#### *Hipsometrija*

Osnovna morfometrijska značajka reljefa je hipsometrija koja može biti izražena kao apsolutna, relativna i srednja nadmorska visina. Relativna nadmorska visina razlika je između pojedine nadmorske visine i njihove aritmetičke sredine. Tako su definirani dijelovi strukture s vrijednostima izvan prve standardne devijacije. Srednju visinu područja Lozić (2000) opisuje formulom:

$$SV = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \text{ m}$$

Srednja se visina računala metodom D8, koja se temelji na podacima susjednih 8 ćelija. Tako je u najbližem susjedstvu oduzeta minimalna od maksimalne visine, a rezultat je dodatno podijeljen sa 2.

#### *Nagibi padina*

Nagib predstavlja kut između horizontalne ravnine i padine. Nagib padine se računa pomoću GIS funkcije *Slope (Spatial Analyst – Surface)*. Računalo automatski izračunava nagibe pomoću „izračunavanja derivacija prvoga reda vrijednosti unutar kvadrata 3x3“ (Pahernik, 2007; 8). Geomorfološka klasifikacija nagiba (tab. 1) izrađena je temeljem dominantnih procesa na padinama i odgovarajućeg reljefnog oblika.

Tab. 1. Razredi nagiba padina

Razred (°)	Opis
0 – 2	ravnice; kretanje masa se ne opaža
2 – 5	blago nagnuti teren; blago spiranje
5 – 12	nagnuti teren; pojačano spiranje i kretanje masa
12 – 32	jako nagnut teren; snažna erozija, spiranje i izrazito kretanje masa
32 – 55	vrlo strm teren; dominira destrukcija
> 55	strmci, litice (eskarpmi); urušavanje

Izvor: Lozić, 1996

Također je analiziran i relativan nagib izračunat formulom:

$$\text{Relativan Nagib (°)} = \text{nagib (°)} - AS$$

gdje AS predstavlja aritmetičku sredinu.

#### *Vertikalna raščlanjenost*

Vertikalna raščlanjenost je rezultat visinske razlike između najviše i najniže točke u jediničnoj površini. Izražena je formulom

$$\text{Vertikalna raščlanjenost} = \frac{\Delta H}{P} \frac{m}{km^2}$$

Računanje u GIS-u svodi se na funkciju susjedstva, točnije fokalnu statistiku (*Spatial Analyst – Neighborhood – Focal*), u kojoj se kružno susjedstvo definira radijusom 1 km<sup>2</sup> u jedinicama karte, a kao statistički tip odabire se raspon vrijednosti (*Range*).

Geomorfološka klasifikacija vertikalne raščlanjenosti (tab. 2) temelji se na već utvrđenim, graničnim vrijednostima:

Tab. 2. Razredi vertikalne raščlanjenosti reljefa

<b>Razred (m/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Opis</b>
<b>0 – 5</b>	zaravnjen reljef
<b>5 – 30</b>	slabo raščlanjene ravnice
<b>30 – 100</b>	slabo raščlanjen reljef
<b>100 – 300</b>	umjereno raščlanjen reljef
<b>300 – 800</b>	izrazito raščlanjen reljef
<b>&gt; 800</b>	vrlo izrazito raščlanjen reljef

Izvor: Lozić, 1995

### *Ekspozicija*

Ekspozicija je funkcija određivanja orijentiranosti pojedine ćelije prema stranama svijeta, a u GIS-u se računa kroz funkciju *Aspect* (Spatial Analyst – Surface). Algoritam se bazira na izračunavanju pomaka središnje ćelije u x i y smjeru metodom D8, te se konačni rezultat, ovisno o njegovoj vrijednosti, oduzima od vrijednosti 90 ili 360 (Esri, n.d.). Dobiveni rezultat je brojčani, a prema azimutima dobiva se orijentiranost svake pojedine ćelije (tab. 3):

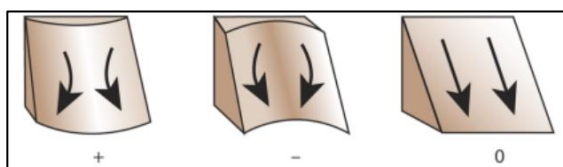
Tab. 3. Podjela ekspozicija prema azimutima

<b>Vrijednost (°)</b>	<b>Ekspozicija</b>
-1	zaravnjeno
0 – 22,5	sjeverna
22,5 – 67,5	sjeveroistočna
67,5 – 112,5	istočna
112,5 – 157,5	jugoistočna
157,5 – 202,5	južna
202,5 – 247,5	jugozapadna
247,5 – 292,5	zapadna
292,5 – 337,5	sjeverozapadna
337,5 – 360	sjeverna

### Zakrivljenost padina i površine

GIS analiza zakrivljenosti padina temelji se na funkciji *curvature*, odnosno označava „drugu derivaciju koja opisuje udio promjene prve derivacije u smjeru x i y“ (Pahernik, 2007, 13). Jedinica u kojoj se mjeri je radijan/metar, a zbog premalih vrijednosti i radi pojednostavljivanja rezultati se množe sa 100 (Zevenbergen i Thorne, 1987). Predstavlja jednu od geomorfometrijskih funkcija u matematičkom modeliranju reljefa i njegovih mogućnosti u upravljanju procesima koji, u konačnici, utječu na sve elemente geografskoga prostora. Zakrivljenost padine može se promatrati na tri načina – duž padine, poprečno na padinu i kao ukupna zakrivljenost, uključujući dvije potonje.

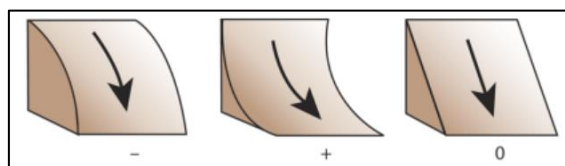
Poprečna zakrivljenost (*eng. planform curvature*) opisuje zakrivljenost padinu okomito



Sl. 4. Oblici padine prema poprečnoj zakrivljenosti  
Izvor: Esri, n.d.a

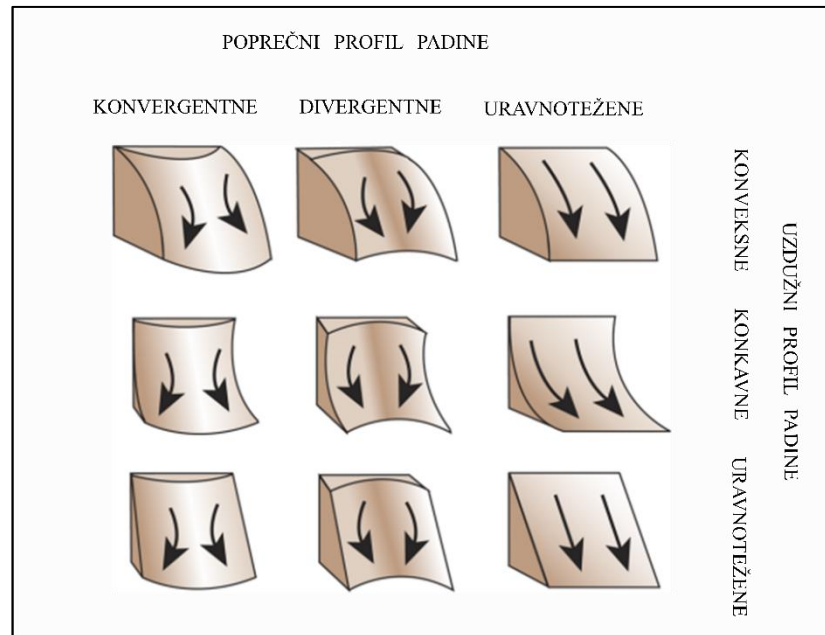
na smjer njenog pružanja, a ovisno o predznacima vrijednosti ona može pozitivna / divergentna, nulta / uravnotežena ili negativna / konvergentna (sl. 4). Divergentne padine omogućuju divergentno otjecanje odnosno povezano je s procesima derazije, spiranja, jaruženja i bujičenja, dok su konvergentne povezane s akumulacijom tla, vode ili detritusa (Radoš i dr., 2012a).

Uzdužna zakrivljenost (*eng. profile curvature*) opisuje padinu paralelno s njenim pružanjem, čijim se negativnim izrazom definira konveksnost, pozitivnim konkavnost, a izrazom nula uravnotežena padina (sl. 5). Kao i poprečna zakrivljenost, uzdužna opisuje mogućnosti padine u akumulaciji i denudaciji materijala, a na regionalnoj razini može upućivati na tektonsku aktivnost (Pahernik, 2007).



Sl. 5. Oblici padine prema uzdužnoj zakrivljenosti  
Izvor: Esri, n.d.a

Uključujući rezultate poprečnih i uzdužnih zakrivljenosti padina, opća zakrivljenost (sl. 6) prikazuje zakrivljenost površine, a ne samo padine (Pahernik, 2005), a klasifikacija površina ista je kao pri uzdužnoj zakrivljenosti padina. Nulta vrijednost opisuje ravnu površinu i ravnotežu između konveksnih (pozitivne vrijednosti) i konkavnih padina (negativne vrijednosti).



Sl. 6. Zakrivljenost površine  
Izvor: Esri, n.d.a

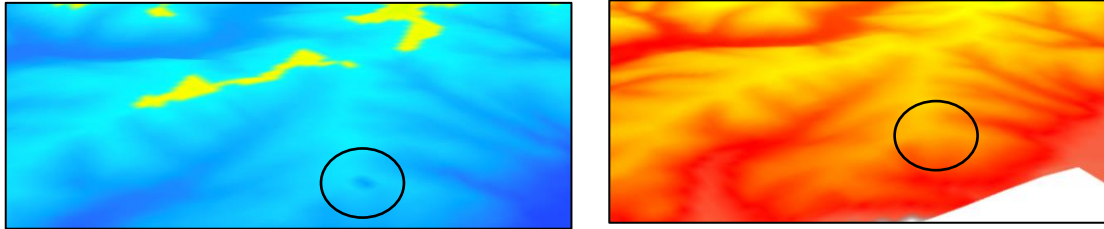
#### 4.2. METODE SPECIFIČNE MORFOMETRIJSKE ANALIZE

Zbog vodonepropusne podloge i nastanka fluviudenudacijskog reljefa, specifične morfometrijske analize usmjerene su na analizu drenažne mreže i grebena. Navedeni oblici su izabrani zbog dominacije u fluviudenudacijskom reljefu.

##### *Priprema digitalnog modela reljefa*

Podaci o drenažnoj mreži dobiveni su analizom digitalnog modela reljefa, a njezin sloj je izrađen hidrološkim alatima ekstenzije Spatial Analyst u GIS-u. Obzirom na mogućnost grešaka tijekom izrade digitalnog modela reljefa, funkcijom *Fill* popunile su se moguće prazne ćelije ili one s velikim odstupanjem, koje ne odgovaraju stvarnom stanju u prostoru. Takve ćelije mogu poremetiti izradu drenažne mreže jer u slučaju

izrazito niske vrijednosti u središnjem dijelu, funkcija *Flow direction* može pogrešno izračunati smjer otjecanja, čime bi se relevantnost definiranja tokova i drenažnih bazena dovelo u pitanje. Na području Petrove gore izdvojene su dvije ćelije s izrazito niskim vrijednostima, te su sukladno funkciji popunjene (sl. 7).



Sl. 7. Utjecaj funkcije Fill na raster Petrove gore

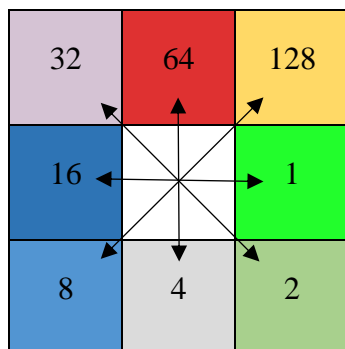
### Generiranje drenažne mreže

#### Alat *Flow direction*

Nakon popunjavanja pogrešnih vrijednosti, funkcijom *Flow direction* definirani su smjerovi otjecanja iz svake pojedine ćelije (sl. 8). Računa se na temelju najveće hipsometrijske razlike među ćelijama, nakon čega se definira smjer otjecanja i prikazuje jednom od navedenih brojki, ovisno prema kojoj strani svijeta otječe voda. Najveća hipsometrijska razlika računa se formulom (ArcGIS Pro, n.d.):

$$\text{Najveća razlika } (\Delta h_{max}) = \frac{\text{visinska razlika } (\Delta h)}{\text{udaljenost } (\Delta l)} * 100$$

Smjer otjecanja se ne računa za rubne ćelije jer metoda D8 zahtjeva osam susjednih ćelija za ispravan rezultat.



Sl. 8. Smjerovi otjecanja i pridružujući brojevi  
Izvor: ArcGIS Pro, n.d.

### *Alat Flow accumulation*

Radi konačnog definiranja drenažne mreže koristila se funkcija *Flow accumulation*, izračunavajući kumulativni broj ćelija s akumuliranim vrijednostima koji otječe prema određenoj ćeliji. Koliki će broj otjecati prema određenoj ćeliji prvotno ovisi o tome kolike su vrijednost akumulacije u pojedinoj ćeliji, te o smjeru otjecanja vode iz te iste ćelije. Tako smjer otjecanja definira stranu svijeta prema kojoj voda otječe, a vrijednost akumulacije koliki se broj ćelija prenosi otjecanjem. Dobiveni raster sadrži podatke koliko je ćelija akumulirano u pojedinačnu ćeliju, a granična vrijednost, koja definira tok, mora se definirati uspoređivanjem s TK25. Tako na primjeru Petrove gore, svaka ćelija mora imati minimalnu vrijednost 150 da bi mogla predstavljati element drenažne mreže.

### *Gustoća drenažne mreže*

Gustoća drenažne mreže izračunata je GIS alatom *Line density* (Spatial Analyst – Density). Izražava se kao ukupna duljina drenažne mreže u km<sup>2</sup>.

### *Klasifikacija dolina prema metodi Strahler*

Rangiranje dolina prema Strahleru (1957) se u GIS-u provodi kroz funkciju *Stream Order*. Strahlerova hijerarhija dolina (1957) temelji se na spajanju dolina i kumulativnom zbrajanju njihovih redova. Tako doline 1. reda nemaju pritoka, a dolina 2. reda nastaje spajanjem dviju dolina 1. reda i tako dalje. Međutim, spoje li se doline različitoga reda, red konačne doline se ne mijenja već isključivo spajanjem dviju dolina istoga reda.

### *Indeks bifurkacije*

Međutim, u svrhu interpretacije odraza geomorfološkog sistema na poremećaj ravnoteže koristi se indeks bifurkacije. Taj indeks predstavlja rezultat Hortonovih zakona (1945), pa se 1. Hortonov zakon još naziva i zakon broja tokova. Njime se u međusobni odnos postavljaju broj tokova pojedinog razreda u idealnom modelu i u realnom stanju. Kako bi se takav odnos omogućio, potrebno je izračunati indekse bifurkacija između svakih uzastopnih razreda (Marković, 1983),

$$I_b = \frac{N_n}{N_{n+1}}$$

gdje je  $I_b$  indeks bifurkacije,  $N_n$  analizirani razred, a  $N_{n+1}$  sljedeći razred. Tako izračunati indeks bifurkacije se ne računa za zadnji (6.) razred jer ne postoji sljedeći razred pomoću kojeg bi se on izračunao. Za izračunavanje teorijskog modela, potrebno je iz svih indeksa bifurkacija izračunati onaj prosječan na kojem će se temeljiti teorijski model. Formula teorijskog modela svodi se na postavljanje prosječnog indeksa u odnos s razlikom između razreda, i to kroz formulu:

$$N_n = I_{b\ mean}^{z-n}$$

gdje je  $N$  broj tokova,  $n$  proučavani razred toka,  $I_{b\ mean}$  srednji indeks bifurkacije, a  $z$  najviši razred toka. Dobiveni rezultat je teorijski model odnosa broja tokova, no kako bi ga se postavilo u odnos s realnim stanjem, potrebno je dodatno logaritmirati srednji indeks bifurkacije kroz formulu:

$$\text{Log}N_n = (z - n) \log I_b$$

Obzirom da je idealni model broja tokova dobiven srednjim indeksom bifurkacije, realno stanje je izračunato sa svakim indeksom bifurkacije zasebno.

*Koeficijent razvijenosti toka (KRT)* računa se kao odnos duljine glavnoga toka ( $D_g$ ) i zračne duljine od izvora do ušća glavnoga toka ( $D_{min}$ ) (Riđanović, 1993):

$$KRT = \frac{D_g}{D_{min}} km$$

Značajnost ove kategorije je u definiraju porječja, čiji je glavni tok morao značajnije promijeniti put od izvora do ušća. Potencijalni razlozi za takve promjene su reljefne forme, promjena litološke podloge, rasjedni ili pukotinski sustavi, odraz na recentne morfološke ili antropogene promjene u porječju.

#### *Longitudinalni profili*

Longitudinalni profil odnos je između normalizirane visine toka u odnosu na normaliziranu udaljenost od njegovog izvora. Ukazuje na nadmorsku visinu kroz koju se pruža korito glavnoga toka, a u interpretaciji od posebne su važnosti konkavnost ili konveksnost krivulje te stepenice u njenom profilu. Maksimalna konkavnost ( $C_{max}$ ) je točka u kojoj je visinska razlika između krivulje i linearne raspodjele najveća, njena normalizirana udaljenost od izvora ( $\Delta l$ ) je udaljenost na profilu, a indeks konkavnosti ( $C_f$ ) kvantificira denudiranu površinu prikazanu između krivulje i linearne raspodjele (Demolun, 1998; Radoane i dr., 2003; Ruzkiczay-Rudiger i dr., 2009; Matoš i dr., 2014). Komparativna analiza funkcija normaliziranoga uzdužnog profila toka odradila se



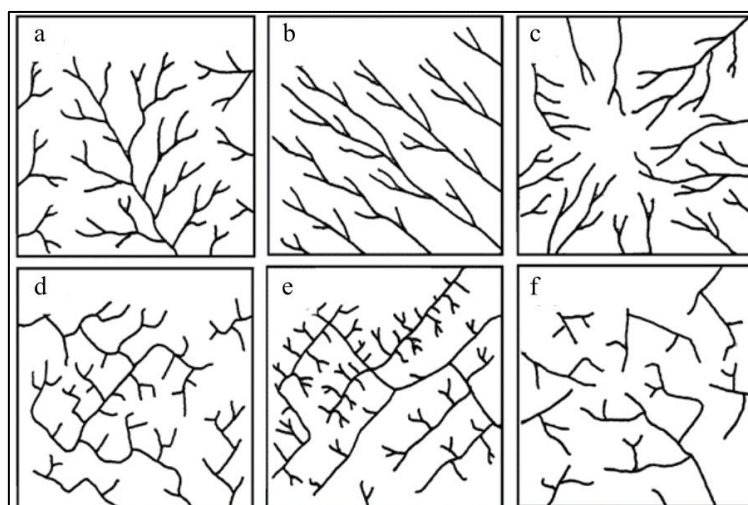
prema uputama u literaturi (Hoolbrook i Schumm, 1999; Russzkiczay-Rudiger i dr., 2009; Matoš i dr., 2014), koje su zahtijevale izdvajanje klastera temeljem odnosa vrijednosti maksimalne konkavnosti i njene normalizirane udaljenosti od izvora toka.

### *Drenažni bazeni*

Nakon delineacije svih elemenata drenažne mreže Petrove gore, izdvajanje glavnih tokova temeljilo se na njihovim ušćima na rubu rastera *Flow accumulation*. Tamo gdje je raster pokazivao veću akumulaciju u ćeliji, postavljena je točka koja označuje ušće toga toka. Nakon postavljanja točaka na svim zapaženim ušćima, koristila se funkcija *Watershed* koja na temelju tih točaka definira drenažne bazene. Dobiveni raster je konvertiran u vektorski sloj poligona, na temelju čega su izdvojeni bazeni veći od 1 km<sup>2</sup>.

### *Tip drenažne mreže*

Obilježja dolina u drenažnoj mreži i njihov prostorni raspored osnovni su parametri za izdvajanje različitih tipova drenažnih mreža. Teoretski, postoji veliki broj tipova drenažnih mreža i njihovu distinkciju određuje autor koji ih istražuje, posebice zbog utjecaja lokalnih geoloških obilježja i faktora te obilježja padina (posebice nagiba) koji se ne mogu generalizirati na sva područja. Međutim, postoji svega nekoliko dominantnih tipova (sl. 9) koji se dodatno mogu granati na prijelazne tipove tj. međusobne kombinacije dominantnih tipova (Twidale, 2004).



Sl. 9. Osnovni tipovi drenažnih mreža  
Izvor: Twidale, 2004

### *Cirkularnost*

Jedna od značajki drenažnih bazena je odnos opsega drenažnog bazena s krugom iste površine. Za dobivanje opsega, potrebno je bilo izračunati polumjer kroz formulu za površinu kruga:

$$P = r^2\pi$$

gdje je **P** površina, **r** polumjer, a  **$\pi$**  konstantna ( $\sim 3,14\dots$ ). Ukoliko formulu postavimo za dobivanje polumjera, ona glasi:

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi}}$$

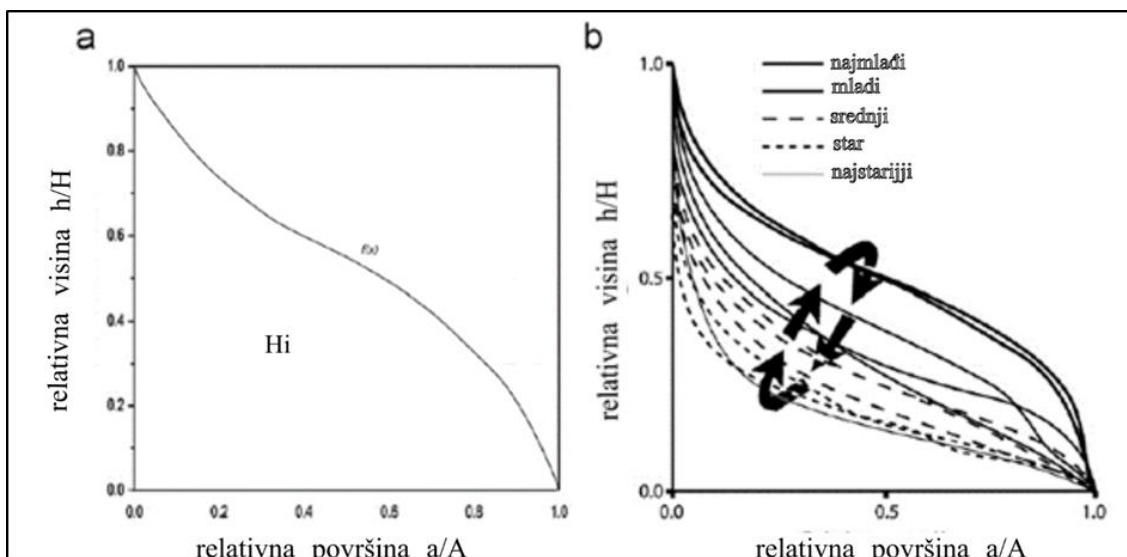
Dobivanjem polumjera kruga iste površine, vrijednost postavimo u formulu za opseg kruga iste površine:

$$O = 2\pi r$$

gdje je **O** opseg,  **$\pi$**  konstantna, a **r** polumjer. Nakon izračunavanja opsega kruga iste površine, dva opsega postavljena su u međusobni odnos. Obzirom da drenažni bazeni teže savršenom krugu čija vrijednost u ovom odnosu iznosi 1, drenažni bazeni s vrijednostima bliže 1 smatraju su razvijeniji.

### *Hipsometrijska krivulja i integral*

Hipsometrijska krivulja prikazuje odnos površine prema visinskim razredima unutar definiranog bazena. Najčešće se površine i hipsometrijski razredi normaliziraju kako bi se prikazao njihov međusobni odnos, ali i kako bi se drenažni bazeni različitih površina mogli međusobno uspoređivati (Keller i Pinter, 2002; Matoš i dr., 2014). Na grafu je često prikazana i linearna raspodjela površina prema hipsometrijskim razredima, tako da ukoliko krivulja prikazuje konveksni oblik i nalazi se iznad linearne raspodjele govorimo o mladom ili mlađem reljefu jer veći udio površine tih visinskih razreda nije denudiran. Obrnuto, ukoliko je krivulja pretežito konkavna, tada govorimo o starom reljefu jer je njen veći dio denudiran (sl. 10). Drugačije rečeno, krivulja pokazuje ravnotežu odnosa denudacije i akumulacije, a površina ispod krivulje prikazuje reljef kojeg procesi trebaju denudirati.



Sl. 10. Oblik hipsometrijske krivulje i starost reljefa  
Izvor: Perez-Pena i dr., 2009b

U funkciji opisa oblika hipsometrijske krivulje koristi se *hipsometrijski integral* koji kvantificira površinu ispod krivulje (Strahler, 1952, Perez-Penna, 2009, Matoš i dr., 2014). Za njegov izračun potrebni su hipsometrijski podaci pojedinih bazena:

$$H_I = \frac{H_{mean} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$$

što se u GIS-u analizira kroz zonalnu statistiku.

#### *Faktor asimetrije*

Faktor asimetrije je kategorija koja objašnjava položaj glavnoga toka u odnosu na drenažni bazen kojega drenira. Računa se pomoću podatka o površini desnog dijela, a postavlja se u odnos s površinom cijelog drenažnog bazena u formuli:

$$AF = \left| 50 - \frac{P_d * 100}{P_u} \right|$$

gdje je **AF** faktor asimetrije, **P<sub>d</sub>** površina desnog dijela drenažnog bazena, a **P<sub>u</sub>** ukupna površina drenažnog bazena. Udio desnog dijela oduzet je od 50 radi postavljanja unutar modificiranog faktora asimetrije u kojem rezultati < 5 predstavljaju simetričan, 5-10 blago asimetričan, 10-15 umjereno asimetričan, a >15 izrazito asimetričan drenažni bazen (Perez-Pena i dr., 2010).

### *Analiza grebena i bila*

Mreža grebena i bila korištena je za vizualnu interpretaciju i usporedbu s drenažnom i mrežom rasjeda.

U ovome radu razlika između grebena i bila predstavljena je raščlanjenošću oblika. Dok su grebeni neraščlanjeni, bila imaju manje nagibe i površinom su šira. Pružanje ovih oblika dobiveno je vizualnom interpretacijom te ručnim iscrtavanjem prema digitalnom modelu reljefa i generiranim slojnicama.

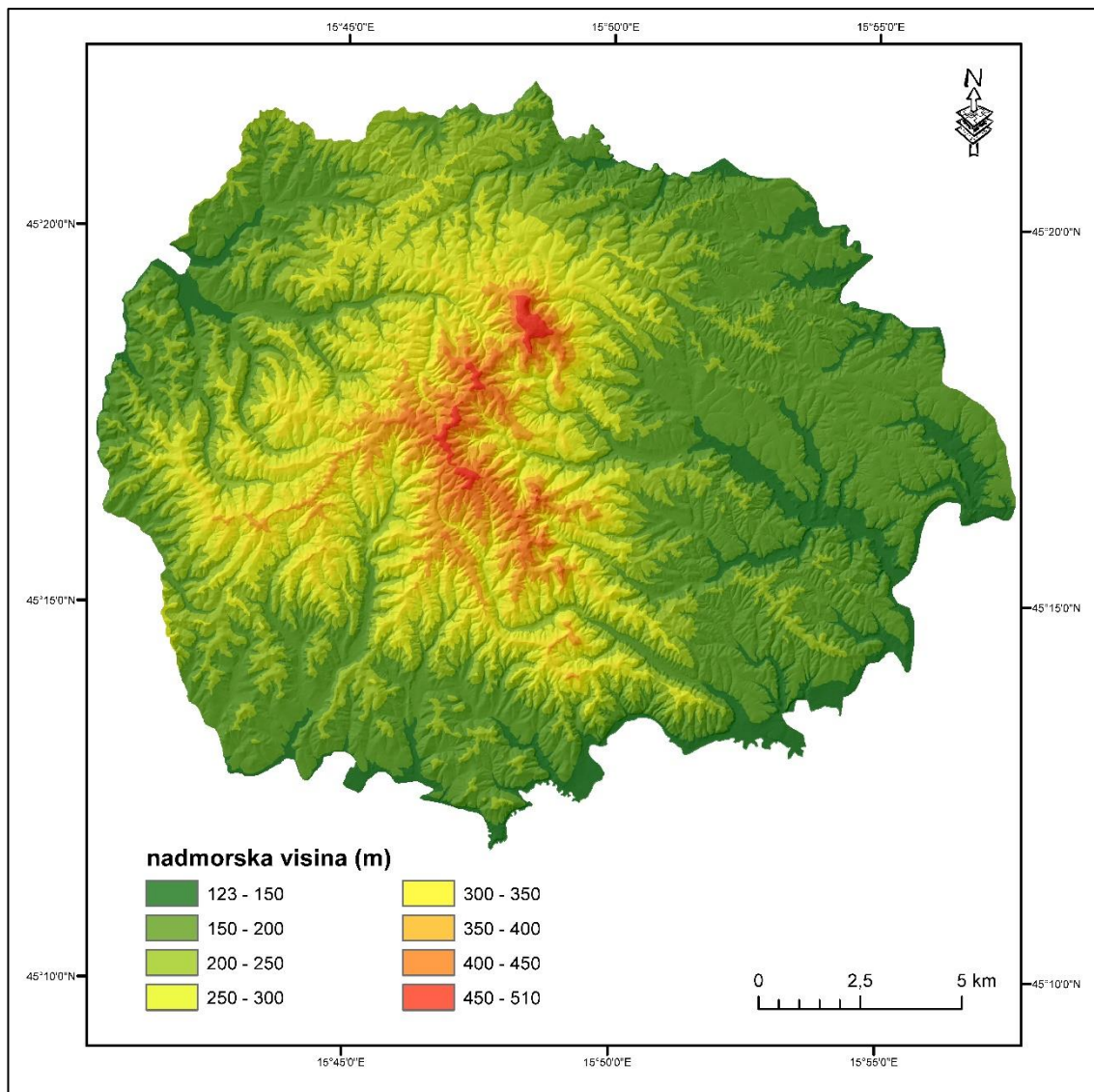
## 5. REZULTATI

### 5.1. OPĆE MORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE

#### *Hipsometrija*

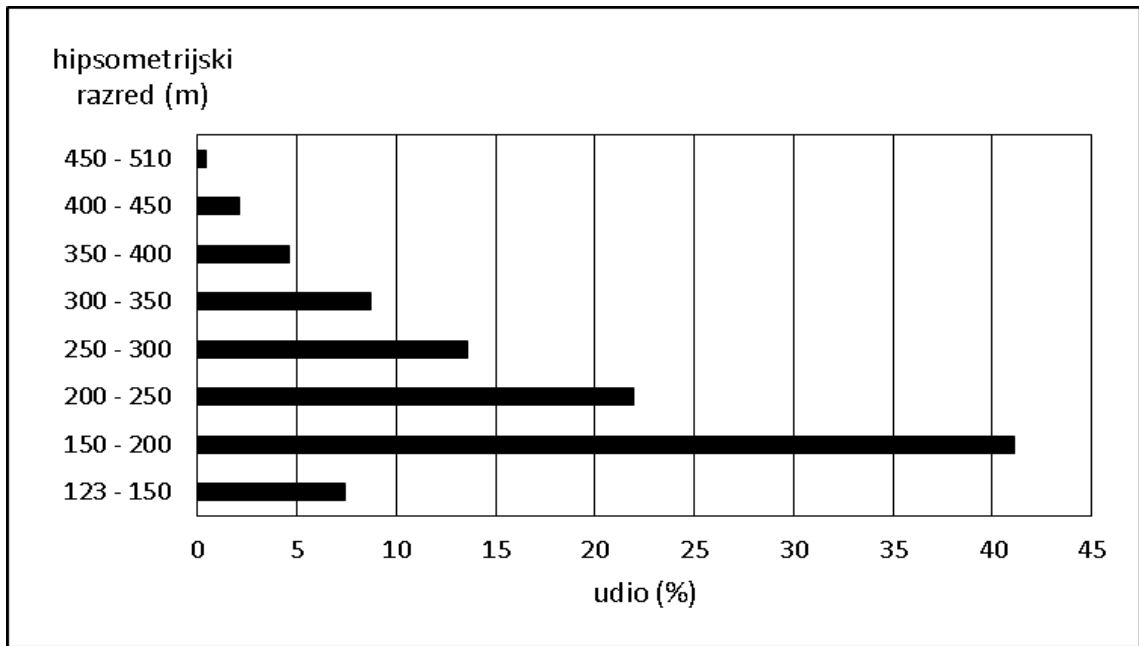
Rezultati hipsometrijska analize prikazani su na (sl. 11). Najniži hipsometrijski razred (125-150 mNV; 8 %) obuhvaća doline rubnih rijeka te proširene naplavne ravnice donjih tokova brdskih potoka. Sljedeći hipsometrijski razred (150-200 mNV; 39,3 %) je najrasprostranjeniji te se nastavlja na više položene aluvijalne naslage i korita većih potoka te doline. Veći udio ovog područja orijentiran je na jug i istok zbog veće količine sunčeve energije i intenzivnijih morfoloških procesa. Treći razred (200-250 mNV; 23,9 %) obuhvaća niže padine, ali i padine blago nagnute prema rubnim rijekama. Četvrti (250-300 m; 13,7 %), peti (300-350 mNV; 8 %) i šesti razred (350-400 mNV; 4,6 %) se nalaze u glavnom gorskom području, obilježenom najvećim nagibima, užim dolinama, bržim potocima i padinskim procesima. Dva najviša razreda (400-510 mNV; 2,4 %) čine kontinuiranu cjelinu najvišeg središnjeg područja i manjeg prosječnog nagiba, u kojem su smješteni najviši vrhovi.

Najviša područja nalaze se u središnjem dijelu područja, čiji prosječni nagibi od  $11^\circ$  ukazuju na njenu zaravnjenost. Većina hipsometrijskih razreda orijentirana je prema JJI, a približavanjem ekspozicije prema jugu povećavaju se i prosječni nagibi istovjetnih razreda. Pretežito radialno pružanje nadmorskih visina uvjetuje jednostavan reljefni profil oblikujući uzvišenje disecirano riječnim dolinama. Najviše područje je Petrovac na 510 metara nadmorske visine, sastavljeno od dva izdvojena vrha – Veliki i Mali Petrovac na izdvojenom SI bilu.

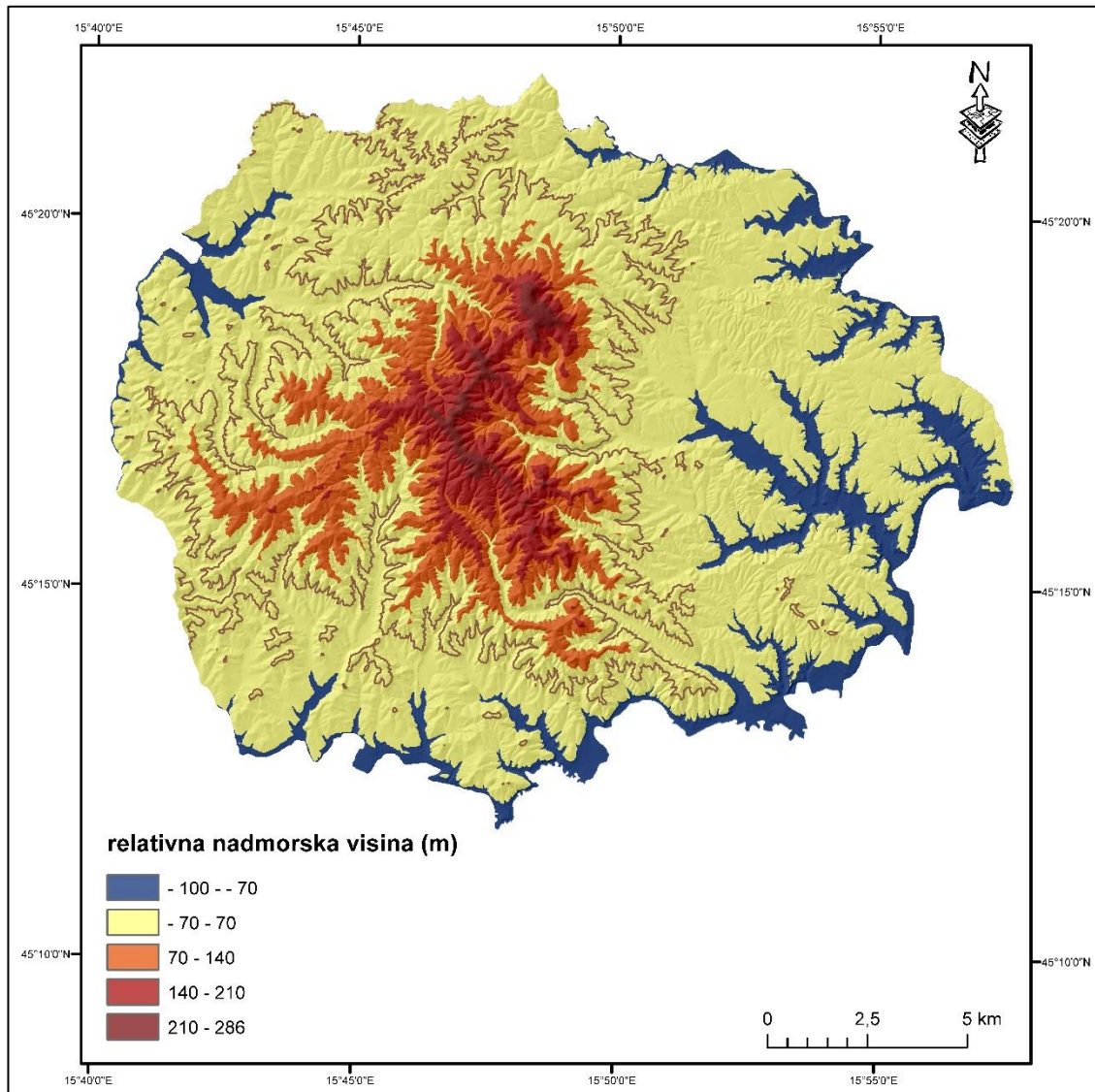


Sl. 11. Hipsometrijska karta Petrove gore

Najveći udio zauzima drugi hipsometrijski razred (sl. 12), a razredima koje slijede smanjuju se udjeli s povećanjem nadmorske visine. Suprotno tome, prvi razred zauzima 4x manji udio od idućeg zbog analize uzvišenja čime se dobivaju uobičajeni odnosi površine hipsometrijskih razreda.

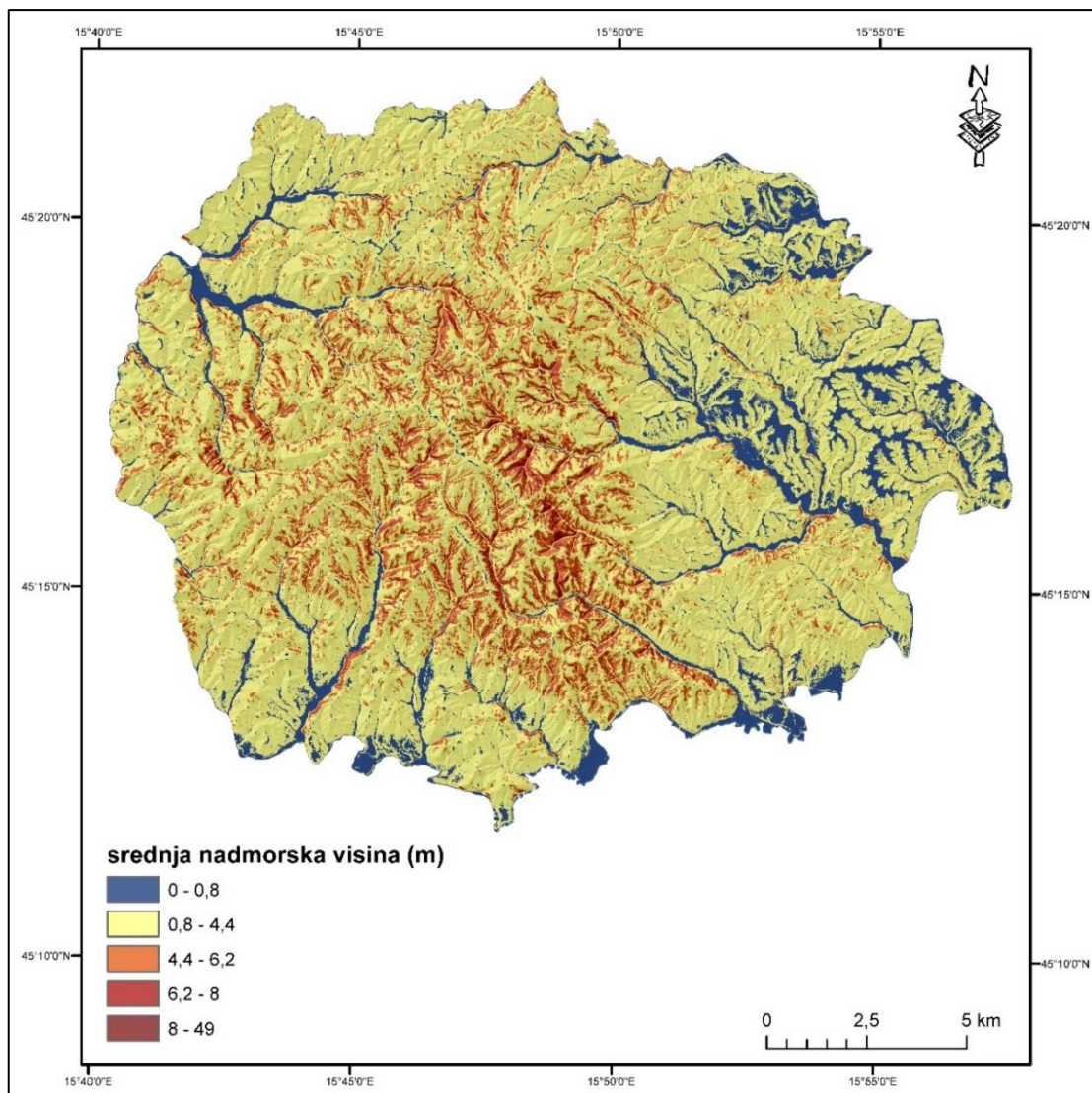


Sl. 1. Udjeli hipsometrijskih razreda Petrove gore



Sl. 13. Relativna nadmorska visina Petrove gore (smeđa izohipsa označava 0 m)

Svrha relativne nadmorske visine je u određivanju višega i nižega reljefa od prosječne vrijednosti (sl. 13) prema vrijednosti standardne devijacije od 70,7. Tako prema sl. 11 veći dio nižega reljefa nalazi se na istočnom i jugoistočnom dijelu Petrove gore, dok je na sjeverozapadu on definiran uskim područjem uz rijeku Radonju. Osim rijeke Gline koja drenira jugoistočni i istočni dio Petrove gore, snižavanje reljefa dodatno je intenzivirano stijenama podložnijim denudaciji. Viši reljef ograničen je na središnji dio kojega čine glavno bilo i grebeni većih dolina dok je južni dio višega reljefa određen rasjedom između permokarbonskog i trijaskog kompleksa



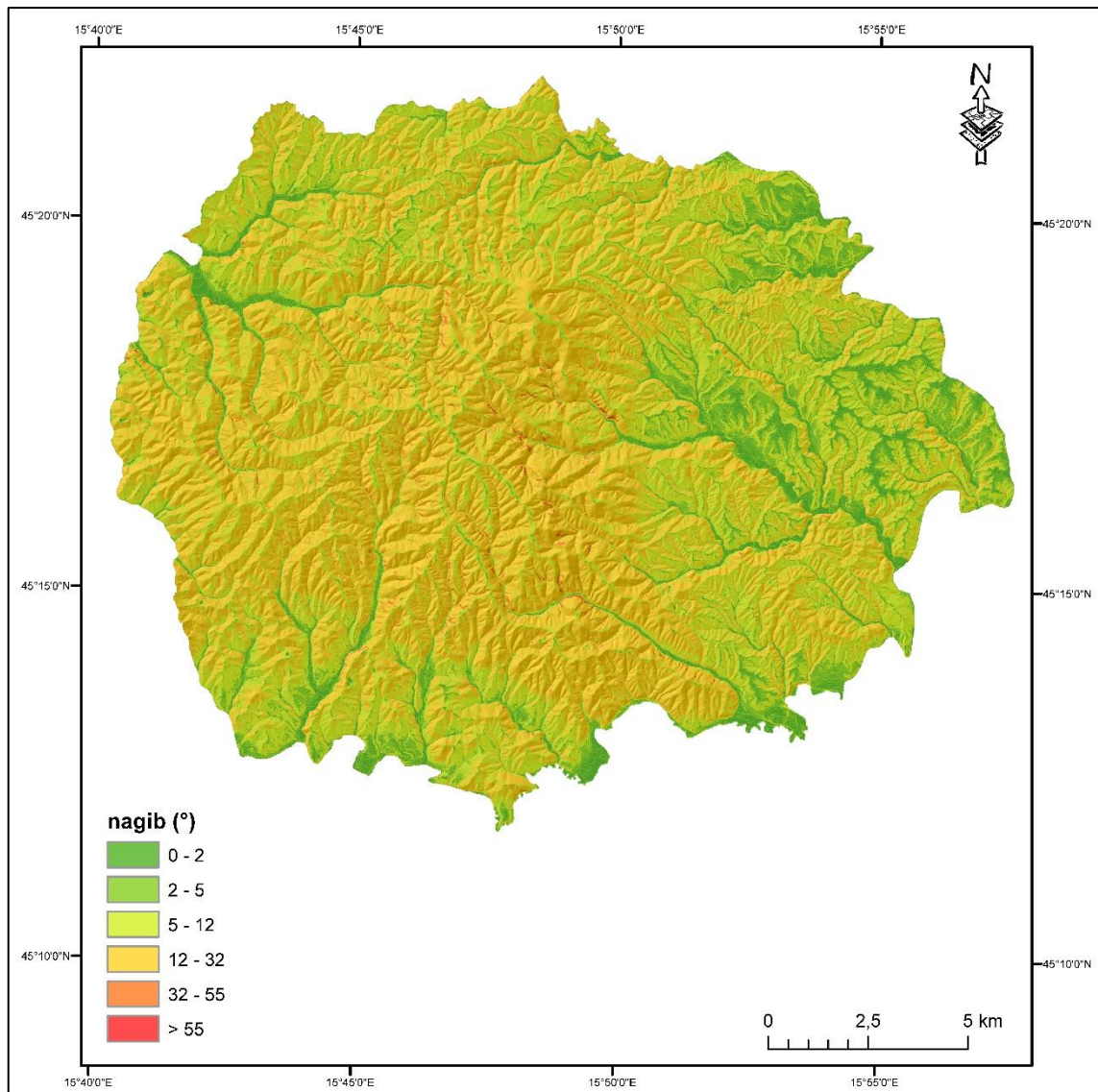
Sl. 14. Srednja nadmorska visina Petrove gore



Svrha srednje nadmorske visine (sl. 14) je u definiranju prosječnih uvjeta intenziteta padinskih procesa, čime bi se definirala područja koja još uvijek sadrže veći denudacijski potencijal. Aritmetička sredina iznosi 2,6, a standardna devijacija 1,8.

### *Nagib padina*

Udjeli razreda nagiba ukazuju na (jako) nagnuti reljef u kojem prevladava snažna erozija i brzo kretanje mase (tab. 4). Prema sl. 15, prvi razred nagiba (0-2°; 5,6 %) je djelomično povezan s prva dva hipsometrijska razreda i obuhvaća područja intenzivnije akumulacije aluvijalnih naslaga, dna riječnih i potočnih dolina, ali i izdvojene zone tjemena Petrove gore. Drugi (2-5°; 10,4 %) i treći razred (5-12°; 32,5 %) se prostiru na donje dijelove riječnih dolina, ali ne i potočnih. One su obuhvaćene četvrtim,



najrasprostranjenijim razredom (12-32°; 50,8 %) koji obuhvaća gotovo sve padine

Sl. 15. Nagibi padina Petrove gore

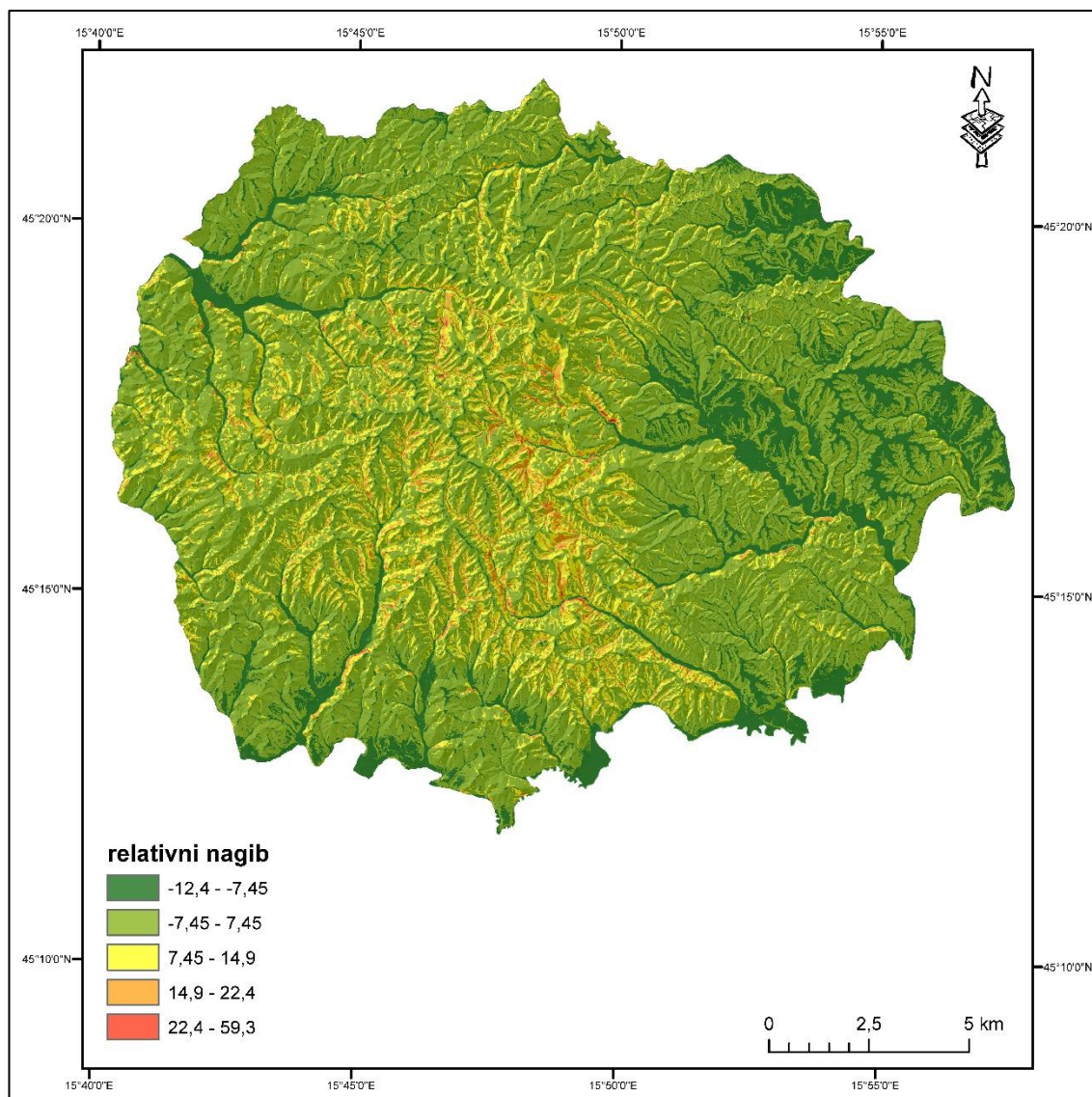
područja uključujući sve akumulacijske oblike padinskih procesa. Većina erozijskih oblika padinskih procesa se nalaze u zadnja dva razreda ( $> 32^\circ$ ; 0,7%), a razlog toliko niskog postotka je pošumljenost područja i stijene podložnije denudaciji.

Tab. 4. Površine i udjeli razreda nagiba Petrove gore

Razred ( $^\circ$ )	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio (%)
<b>0 – 2</b>	14,3	5
<b>2 – 5</b>	32,2	11,4
<b>5 – 12</b>	95,3	33,6
<b>12 – 32</b>	139,3	49,3
<b>32 – 55</b>	1,8	0,6
<b>&gt; 55</b>	0,1	0,1

Najzastupljeniji razred nagiba je razred  $12^\circ$ - $32^\circ$  zauzimajući više od 50 % površine. Arealno je rasprostranjen preko cijelog prostora Petrove gore, najčešća ekspozicija je južna te ga obilježava snažna erozija, spiranje i brzo kretanje masa. Zauzima padine mnogobrojnih riječnih i derazijskih dolina omogućujući intenzivne padinske procese i pojavu veće količine regolita.

Obzirom na to da anomalije u nagibima mogu ukazivati na recentne procese (Marković, 1983), potrebno je analizirati relativan nagib odnosno odstupanje pojedinih vrijednosti od aritmetičke sredine. Tako je na sl. 16 vidljiv utjecaj litologije i negativnih anomalija koji ukazuju ili na manji erozijski potencijal zbog dugotrajnije denudacije ili na tektonsko mirovanje u usporedbi s klastičnim naslagama središnjeg dijela. Također, vidljivo je i linearno izduženje većih anomalija od izvorišnih područja Velike Pečke i Perne do laktastog skretanja Bublenu što je u korelaciji s anomalijama srednjih nadmorskih visina, a objašnjava se litološkim prijelazom u erodibilnije naslage.



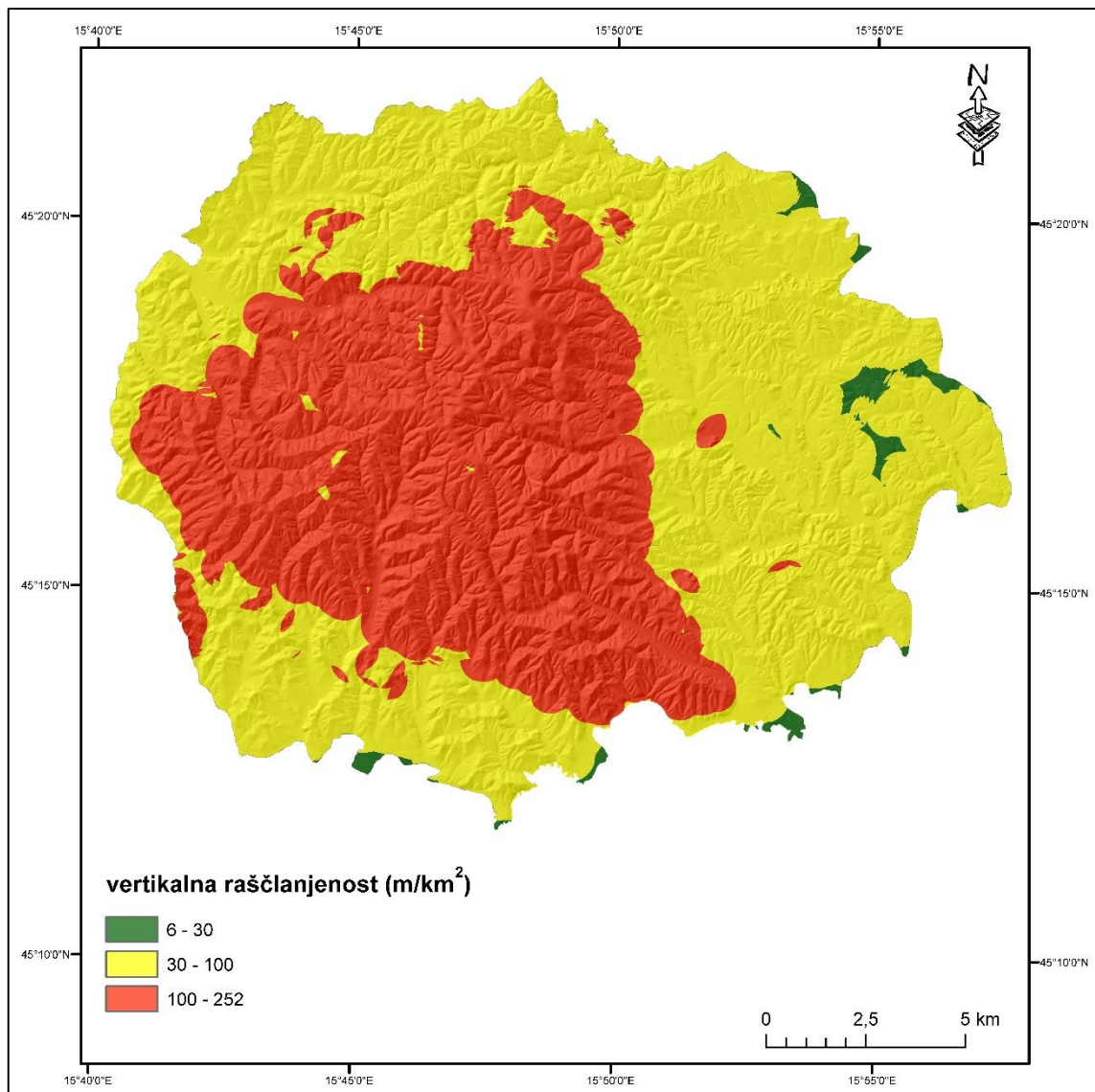
Sl. 16. Relativni nagib padina Petrove gore

### *Vertikalna raščlanjenost*

Prema vertikalnoj raščlanjenosti, 99,1 % reljefa Petrove gore pripada razredu slabo do umjereno raščlanjenog reljefa (tab. 5). Umjereno raščlanjen reljef se nalazi u središnjem području, dok se slabo raščlanjeni proteže do ruba Petrove gore (sl. 17).

Tab. 5. Površine i udjeli razreda vertikalne raščlanjenosti Petrove gore

<b>Razred (m/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Površina (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Udio (%)</b>
<b>6 – 30</b>	2,6	0,9
<b>30 – 100</b>	157,2	55,7
<b>100 - 300</b>	122,1	43,3



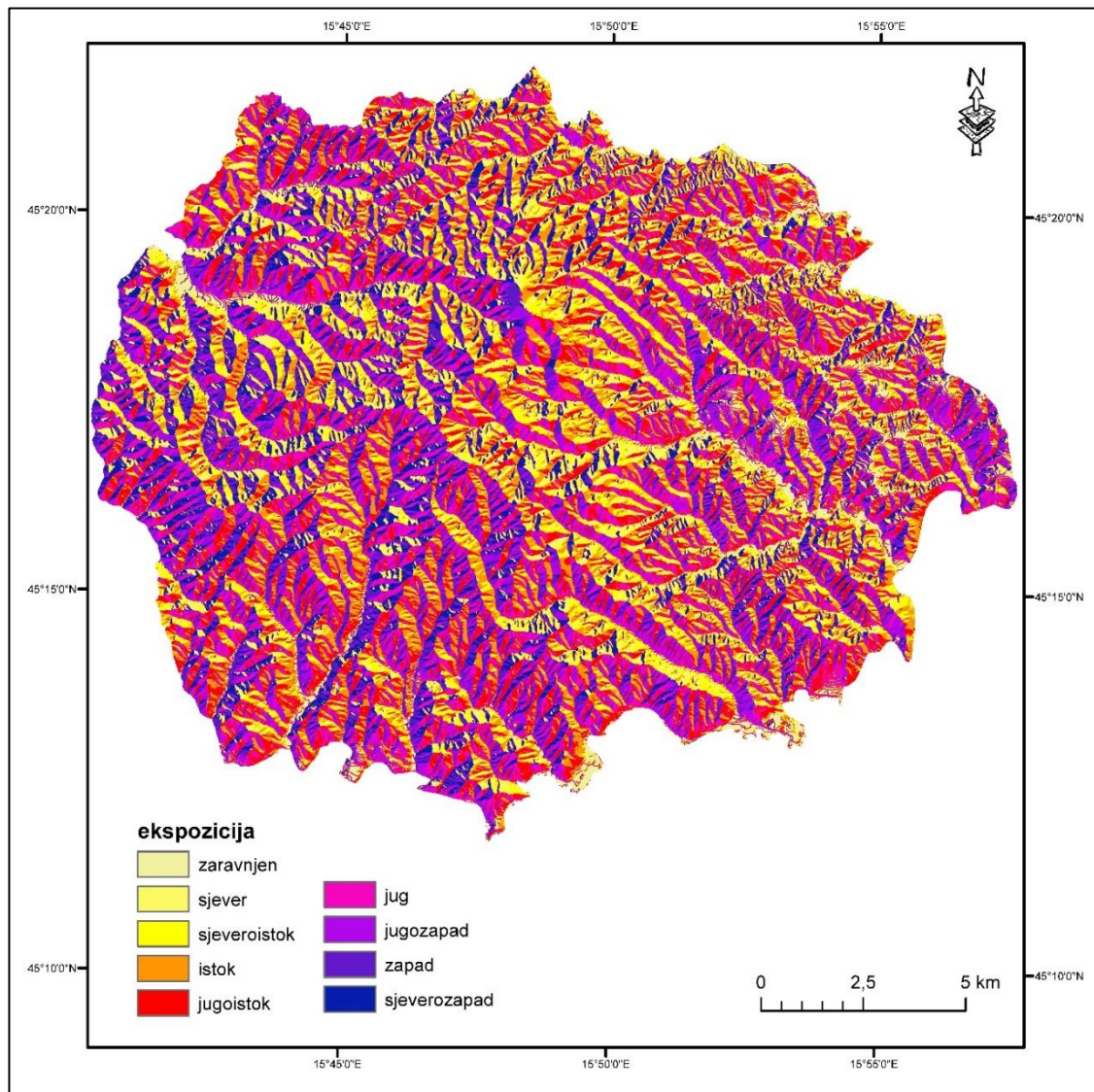
Sl. 17. Vertikalna raščlanjenost Petrove gore

### *Ekspozicija padina*

Najveći udio ima jugoistočna ekspozicija (tab. 6), koja prostorno prevladava u zapadnom i istočnom dijelu, dok u središnjem dijelu istraživanog područja prevladavaju sjeverne ekspozicije (sl. 18).

Tab. 6. Površine i udjeli ekspozicija padina Petrove gore

ekspozicija	površina (km <sup>2</sup> )	udio (%)
zaravnjeno	8,98	3,18
sjeverna	27,77	9,83
sjeveroistočna	30,77	10,89
istočna	35,01	12,39
jugoistočna	44,66	15,81
južna	39,11	13,84
jugozapadna	34,62	12,25
zapadna	31,74	11,23
sjeverozapadna	29,90	10,58



Sl. 18. Ekspozicije padina Petrove gore

### Zakrivljenost padina i površine

Na području Petrove gore dominiraju divergentne padine, posebice u središnjem i južnom području, izgrađenom pretežito od permskih stijena te u gornjim dijelovima

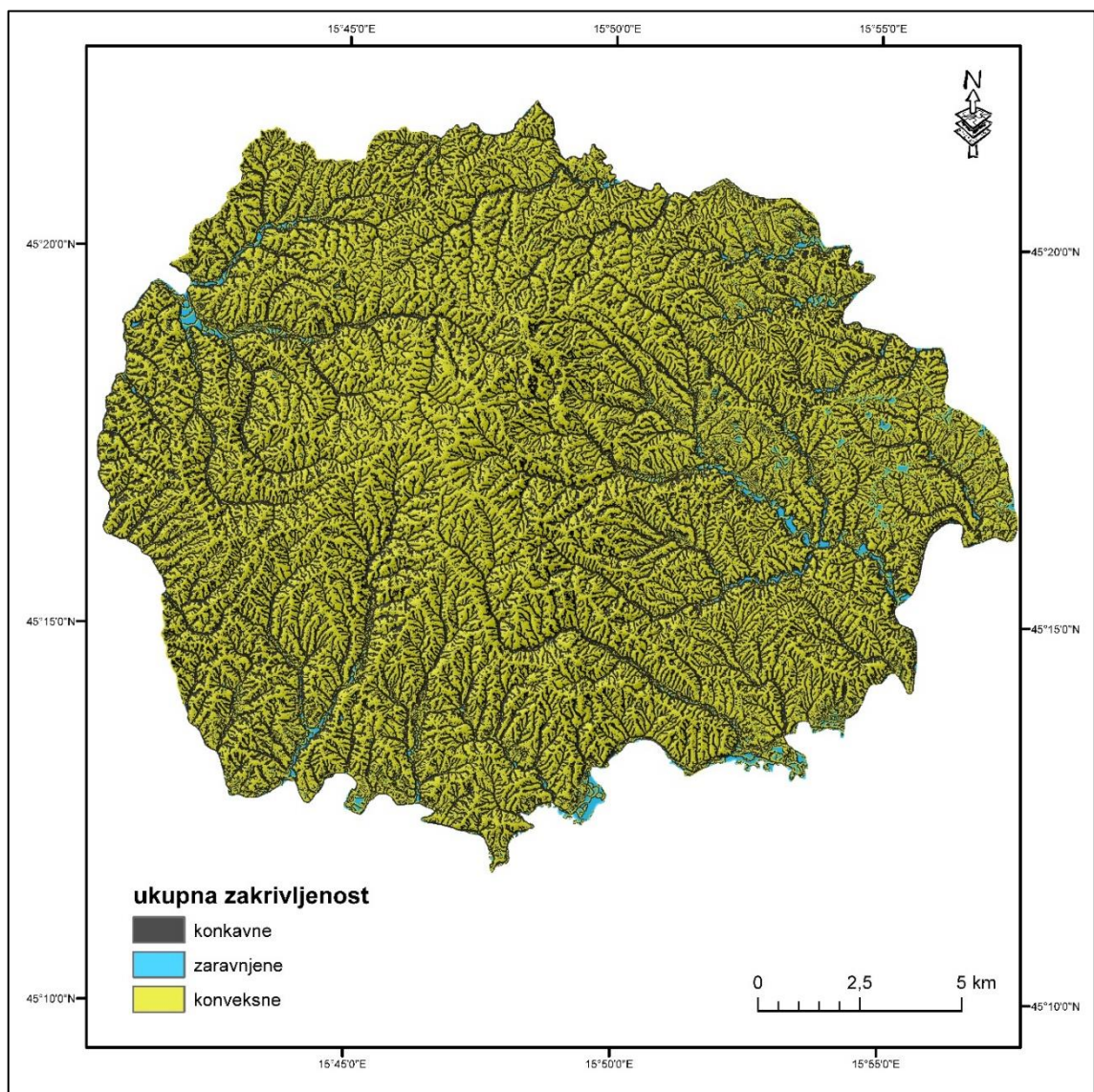
vodnih tokova. Veća gustoća divergentnih padina je i u srednjom toku rijeke Bubljen u području dvaju laktastih skretanja. Primjer tome je i rijeka Džaperovac iznad naselja Rašica te u području Madžareve kose. S druge strane, veća gustoća konvergentnih padina locirana je u područjima lučno savijenih dolina rijeka Jarčevac i Kalovi, izvorišnim područjima rijeka Velika i Mala Pecka i Marovca te području Glavnoga bila.

Radoš i dr. (2012b) konkavne padine u Duvanjskom polju koreliraju s nižom hipsometrijom i rasjednom linijom, a konveksne s višom hipsometrijom i tektonskom aktivnosti. I dok na području Petrove gore konkavne padine imaju za 27 metara nižu prosječnu hipsometriju, konveksne padine su prosječno i najčešće locirane u srednjim hipsometrijskim razredima.

Konveksne su padine zastupljene na glavnom bilu te na grebenima iznad prominentnih riječnih dolina (sl. 19), pa se tako izdvaja greben iznad desne obale Bubljen, greben južno od dvaju lučno izvijenih dijelova dolina tokova Jarčevac i Kalovi te greben iznad izvorišnih dijelova Velike Pecke i Perne. Negativne vrijednosti vezane su na dna dolina, od onih derazijskih na višim dijelovima padina do fluviodenudacijskih, unutar kojih je vidljiva česta izmjena s konveksnim padinama.

Tab. 7. Statistički pokazatelji oblika padina uzdužne i poprečne zakrivljenosti Petrove gore

		<b>površina (km<sup>2</sup>)</b>	<b>udio (%)</b>	<b>prosječna nadmorska visina (m)</b>	<b>prosječan nagib (°)</b>
<b>Uzdužna zakrivljenost</b>	konveksne	154,6	54,5	237	12,8
	uravnotežene	11,1	3,9	169	3,6
	konkavne	118	41,6	210	12,9
	<b>ukupno</b>	<b>283,7</b>	<b>100,0</b>	-	-
<b>Poprečna zakrivljenost</b>	divergentne	142,5	50,2	229	12,8
	uravnotežene	20,6	7,3	183	5,8
	konvergentne	120,6	42,5	224	13,3
	<b>ukupno</b>	<b>283,7</b>	<b>100</b>	-	-

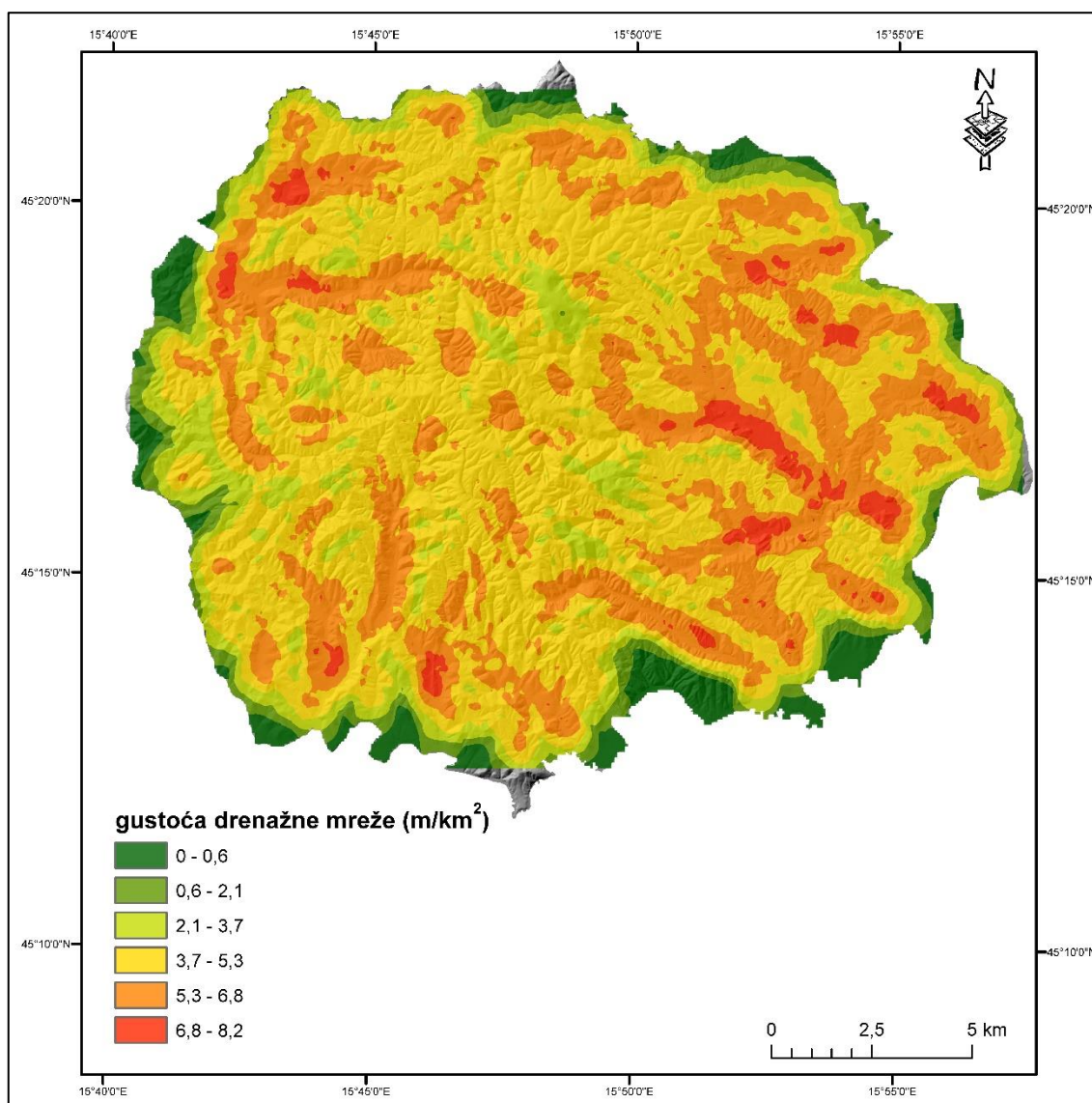


Sl. 29. Ukupna zakrivljenost Petrove gore

## 5.2. SPECIFIČNE MORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE

### *Gustoća drenažne mreže*

Gustoća drenažne mreže (sl. 20) na Petrovoj gori raste udaljavanjem od središnjeg područja, s iznimkom niske gustoće na rubnim dijelovima. Veće su gustoće zastupljene pretežito na istočnom dijelu, u području pliocenskih naslaga. Povećavaju se udaljavanjem od središnjeg dijela, posebice u slijevovima većih potoka poput Perne i Radonje, a najmanja gustoća je u području Petrovca i rubnim dijelovima istraživanog područja.

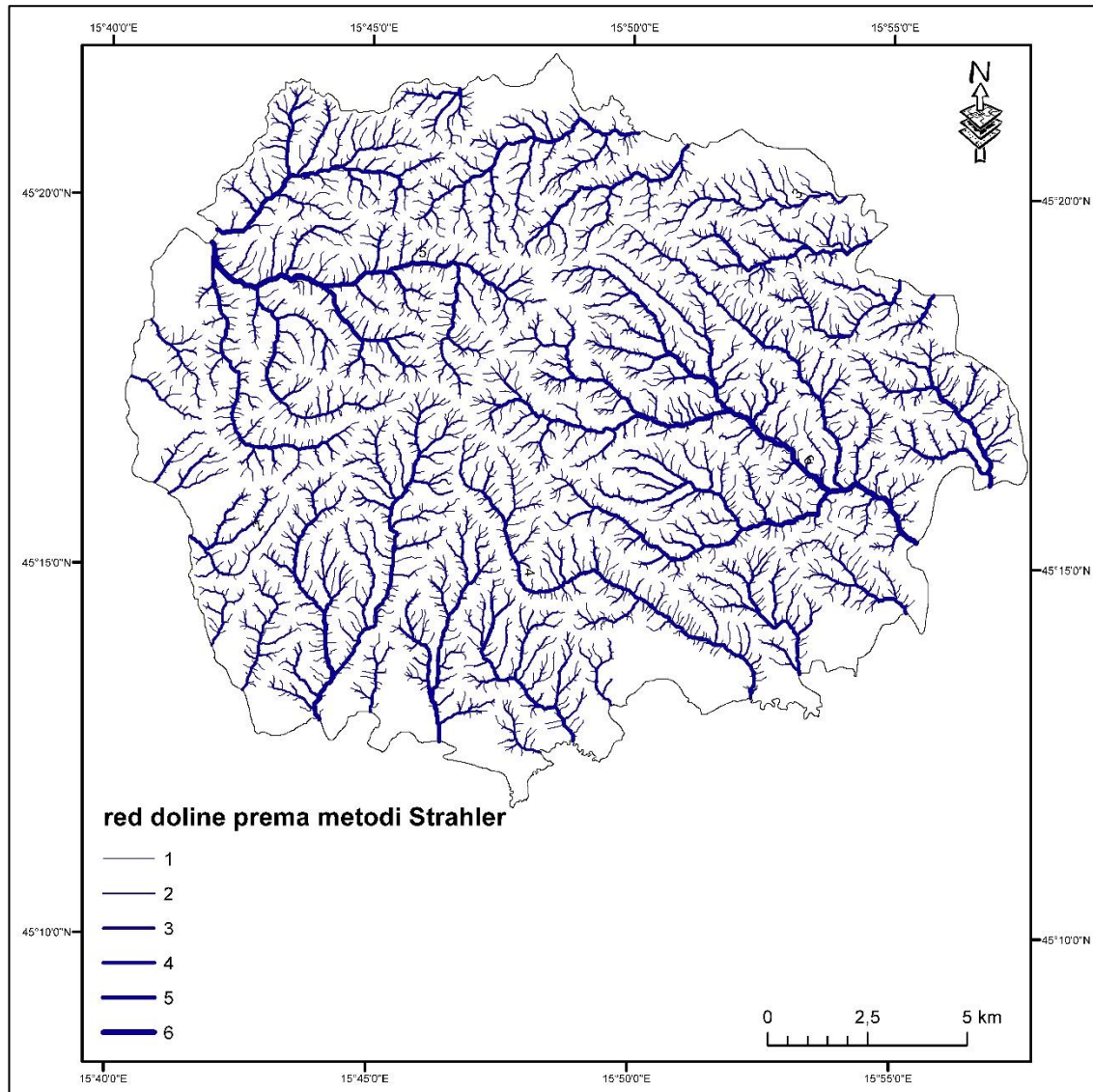


Sl. 3



### *Klasifikacija dolina prema metodi Strahler*

Klasifikacija dolina Petrove gore prema metodi Strahler (1957) prikazana je na sl. 21. Doline najnižeg reda vezane su za područja glavnih grebena i Glavnog bila. Jedino Perna i Radonja čine doline 6. reda, dok većina preostalih ušća čine doline 4. i 5. reda.



Sl. 21. Klasifikacija dolina Petrove gore prema metodi Strahler

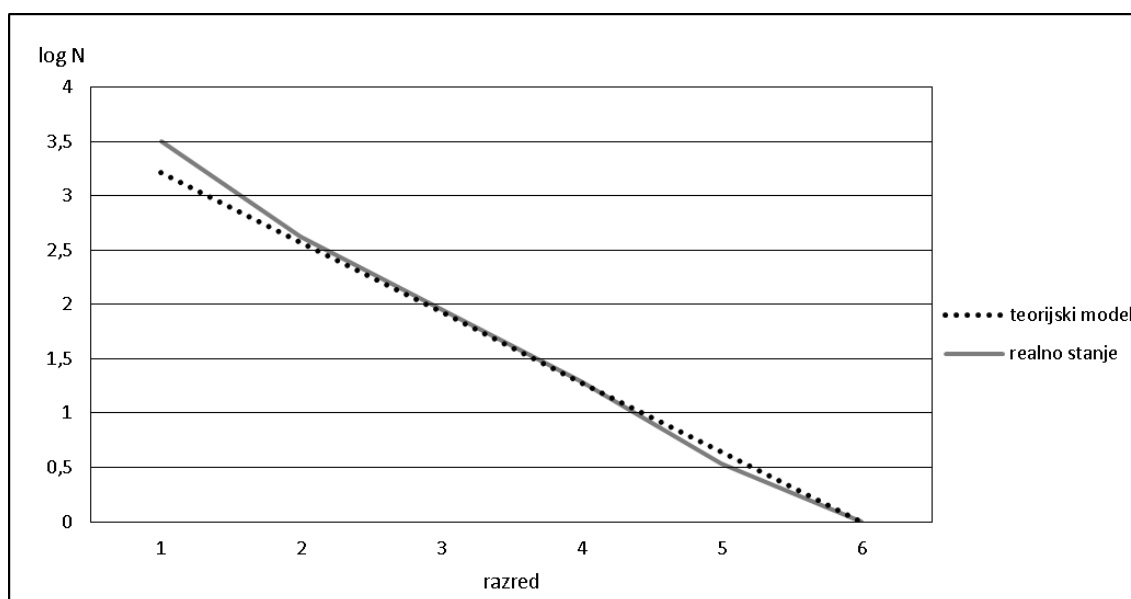
### *Indeks bifurkacije*

Distribucija dolina Petrove gore prema metodi Strahler prikazana je u tab. 8. Povećavanjem reda dolina, njihov broj se smanjuje, a prosječna duljina povećava. Odnosi promjena broja dolina se relativno linearno smanjuju. S druge strane, odnosi promjena prosječnih udaljenosti pokazuju anomaliju između 4. i 5. reda dolina gdje se prosječna udaljenost smanjila.

Tab. 8. Osnovni morfometrijski podaci i indeksi bifurkacija dolina Petrove gore (klasifikacija prema Strahler, 1957)

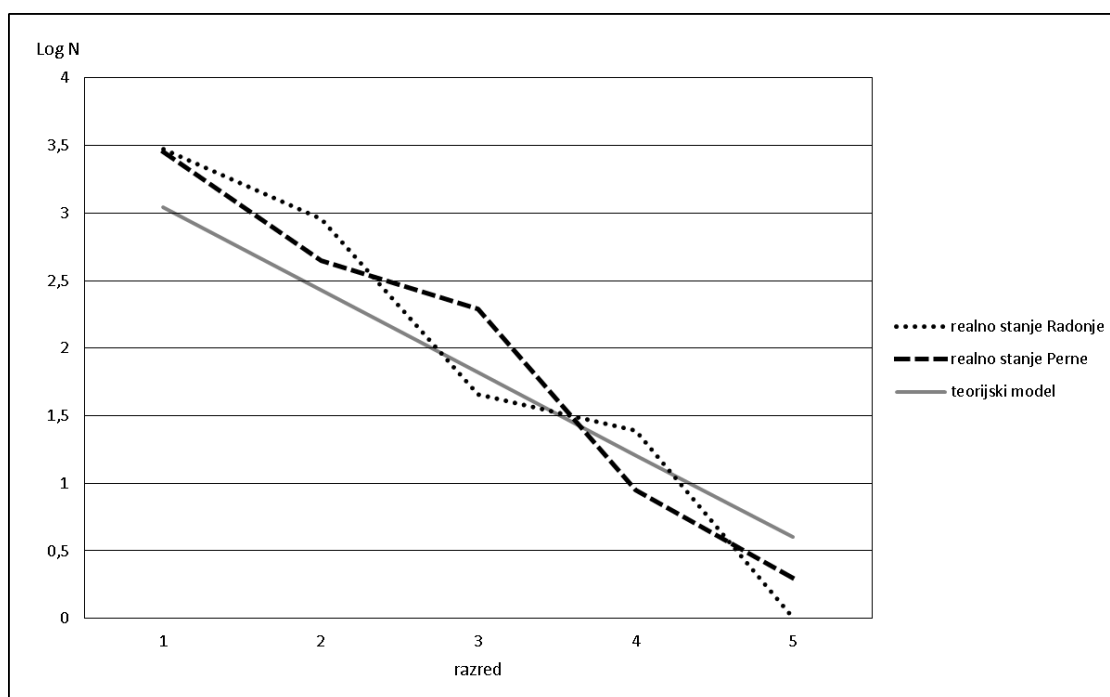
	1. red	2. red	3. red	4. red	5. red	6. red
broj dolina	3200	634	140	31	7	2
ukupna duljina (km)	676,3	304,7	152,7	105,9	22,7	10,2
prosječna duljina (m)	211,3	480,6	1090,7	3416,1	3242,8	5110
indeks bifurkacije	5,05	4,53	4,52	4,43	3,50	<b><math>I_b \text{ mean} = 4,40</math></b>

Odnos izračunatih indeksi bifurkacija (realno stanje) i indeksi definirani zakonom broja tokova (teorijski model) ukazuju na moguće promjene u sustavu. Pozitivna odstupanja ukazuju na intenzivniju denudaciju, a negativnu na intenzivniju akumulaciju (Marković, 1983). Odnosi indeksa bifurkacija prvih četiri razreda dolina ukazuju na intenzivniju denudaciju, a 5. i 6. razred na intenzivniju akumulaciju (sl. 22). Najveće pozitivno odstupanje je u tokovima prvoga razreda. Iako Marković (1983) navodi najmlađe tektonske uvjete kao glavni razlog odstupanja, ono može biti posljedica mnogobrojnih čimbenika poput različite litološke podloge ili povećane količine vode.



Sl. 22. Teorijski model i realno stanje indeksa bifurkacije Petrove gore

Za primjer su detaljnije analizirana dva drenažna bazena, bazen Perne i bazen Radonje, i to zbog dovoljnog broja tokova svih kategorija (sl. 23). Njihov međusobi odnos pokazuje određene morfometrijske razlike. Radonja ima veći broj tokova prvoga i drugoga reda, vjerojatno uvjetovano smještajem veće površine bazena na otpornijim, permskim klastitima. S druge strane, Perna ima veći broj tokova trećega reda zbog smještaja na stijenama podložnijim denudaciji. To bi mogao biti razlog šireg i površinom većeg bazena Perne.



Sl. 23. Teorijski model i realno stanje indeksa bifurkacije drenažnih bazena Radonje i Perne na Petrovoj gori

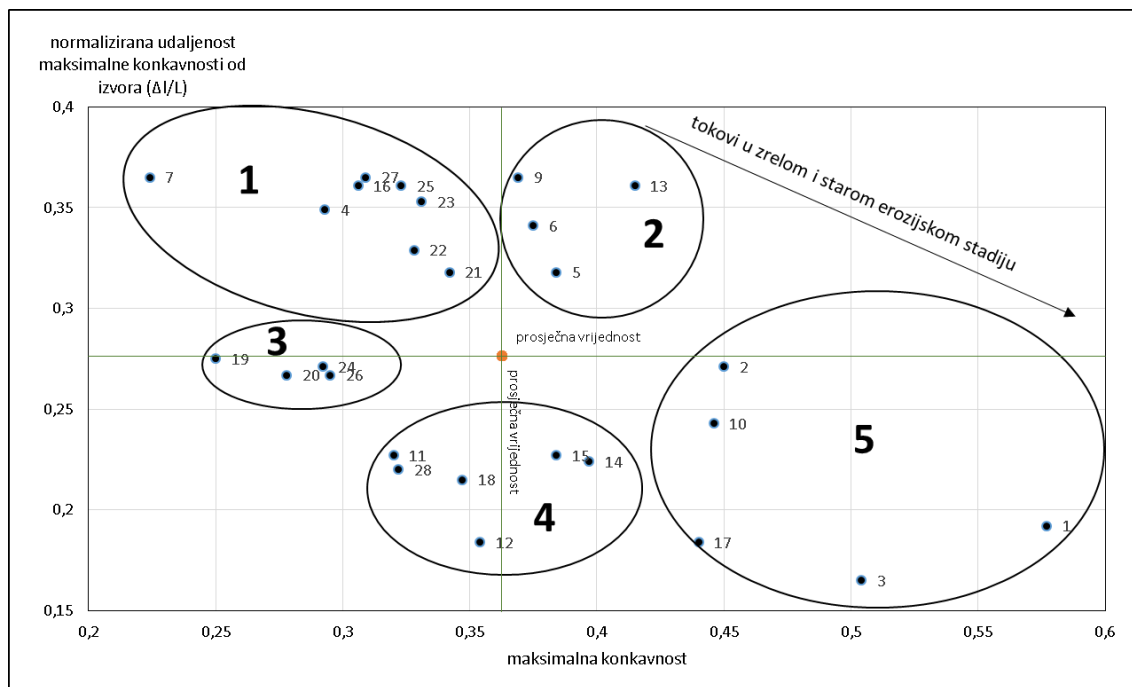
#### *Koeficijent razvijenosti toka*

Najveće koeficijente razvijenosti toka (tab. 9) imaju Vojišnica (1,78) i Suvača (1,74) što znači da imaju izrazito vijugav glavni tok. Prosječna vrijednost koeficijenta iznosi 1,28. Najniži koeficijent s vrijednosti 1,07 ima Jagrovac, a najviši Vojišnica s vrijednosti 1,78. Vojišnica tako obilazi niz brda i brijegova nazvanog Krivaja Vojnička. Suvača zaobilazi Šapića brdo, a Vuletića tok strukturu Lugarevoga brda.

#### *Longitudinalni profili*

Uzdružni (longitudinalni) profili glavnih dolina pokazuju obrnutu povezanost indeks konkavnosti s udaljenosti maksimalne konkavnosti od izvora (-0,56) te pozitivnu s

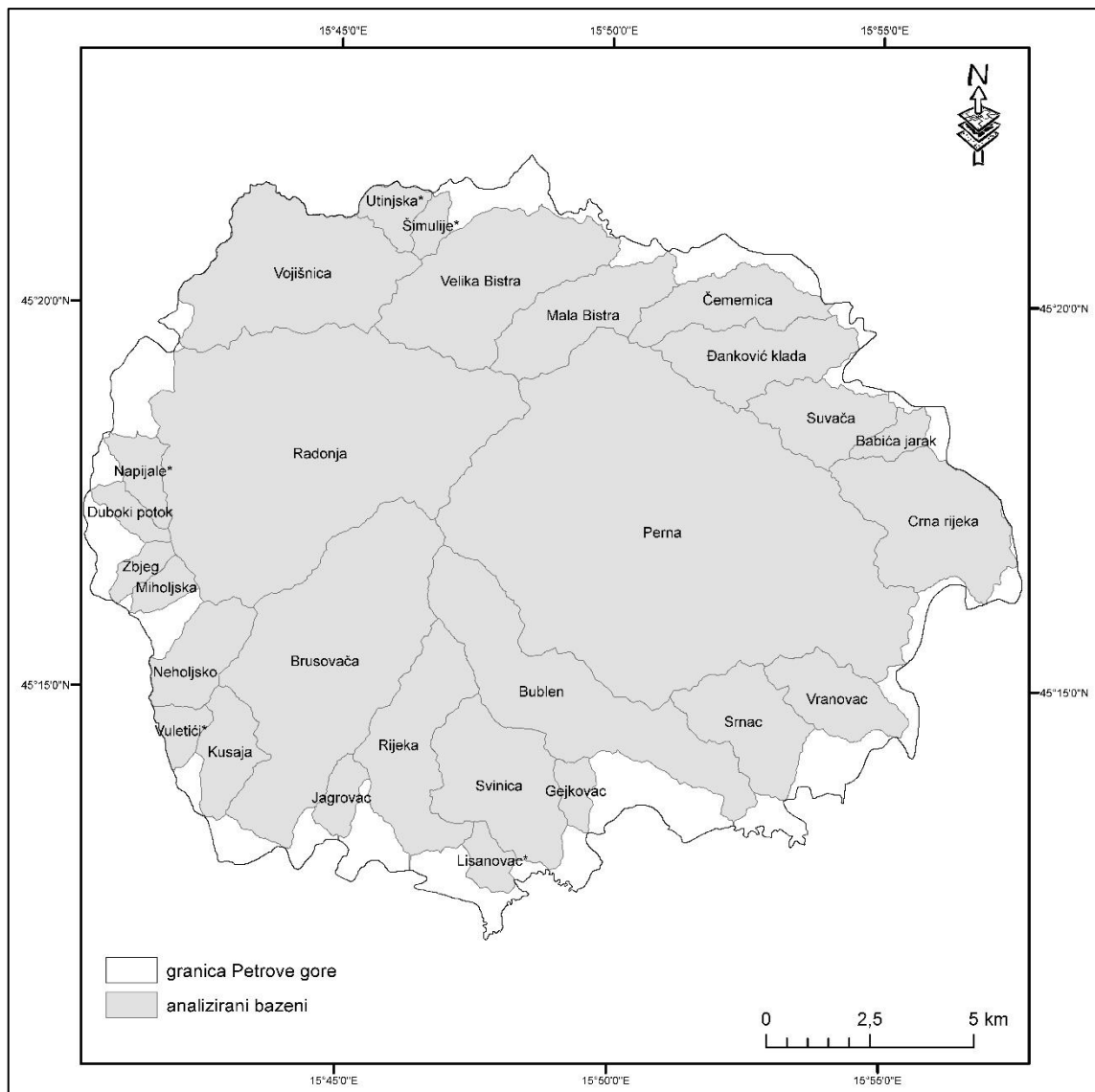
vrijednostima maksimalne konkavnosti (0,96). Najmanji indeks konkavnosti ima tok Bubljen, a slijede tokovi Utinjska i Crna rijeka dok Perna s najvećom vrijednosti ukazuje na tektonsko mirovanje. S iznimkom Bubljen, tokovi s većom površinom drenažnih bazena imaju i veće vrijednosti indeksa konkavnosti, što je u skladu s poimanjem starijih drenažnih bazena (Demoulin, 1998; Radoane i dr., 2003; Ruszkiczay-Rudiger i dr., 2009; Matoš i dr., 2014). Isti autori predlažu odnos maksimalne konkavnosti i njene normalizirane udaljenosti od izvora (sl. 24) za kvalitetno grupiranje dolina prema starosti. Doline su grupirane u pet klastera čiji se broj povećava prema zreom i starijem erozijskom stadiju. Klaster 1 (K1) obuhvaća ispodprosječne vrijednosti  $C_{max}$  te njene iznadprosječne normalizirane udaljenosti od izvora. Normalizirana udaljenost tokova K2 pokazuje visoke vrijednosti, međutim, pokazuje i visoke vrijednosti  $C_{max}$ . Njeni tokovi generalno koreliraju s prosječnim vrijednostima hipsometrijskog integrala, a locirani su na sjevernim i južnim padinama. Tokovi K3 pokazuju veliku denudacijsku površinu, ali je  $C_{max}$  bliži izvoru od prva dva klastera. K4 i K5 obuhvaćaju tokove u starijem erozijskom stadiju, a sadrže tokove najvećih drenažnih bazena i one lokacijski bliže Perni i Radonji. Potrebno je i izdvojiti dolinu 7 – Crna rijeka – koja, iako je uključena u K1, pokazuje izrazito niske vrijednosti  $C_{max}$  i njenu veću udaljenost od izvora. Ovakva klasifikacija podudarala se s prijašnjim rezultatima (Matoš i dr., 2014), a tokovi u pojedinim klasterima pokazuju najviše međusobne sličnosti.



Sl. 24. Odnos maksimalne konkavnosti i njene normalizirane udaljenost od izvora glavnih tokova Petrove gore

### *Drenažni bazeni*

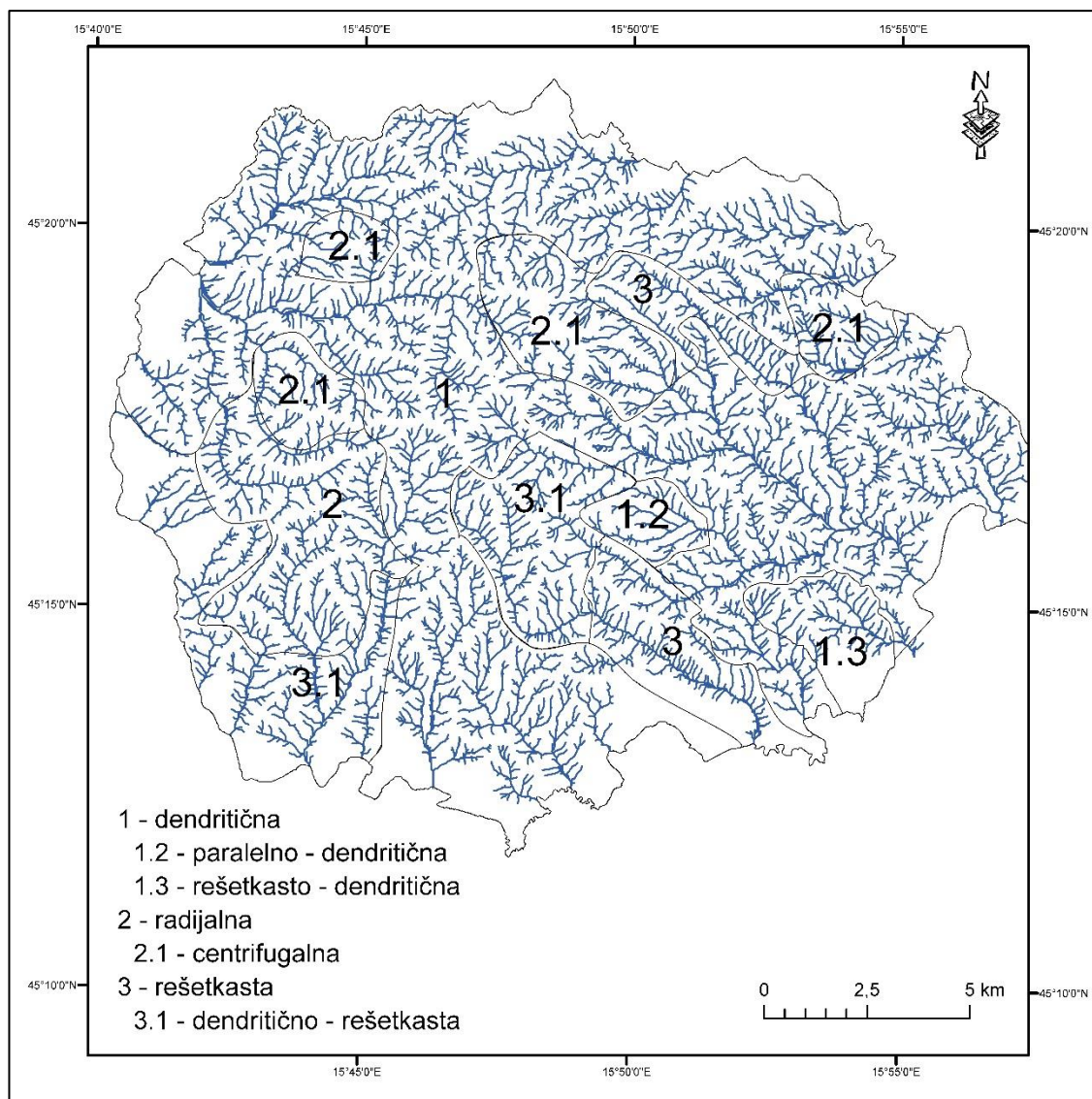
Temeljem drenažne mreže i ušća glavnih tokova definirano je 28 drenažnih bazena (sl. 25) koji obuhvaćaju 88,7 % površine analizirane strukture. Tek sedam bazena imalo je površinu veću od 10 km<sup>2</sup> (tab. 9), među kojima se ističu bazen Perne koji drenira u rijeku Glinu i bazen Radonja koji, kao istoimena rijeka, teče prema Korani. rukture, dok je na istočnom dijelu takav kompleks prekinut erodibilnijim pjescima i šljuncima



Sl. 25. Analizirani drenažni bazeni Petrove gore

### *Tip drenažne mreže*

Na Petrovoj gori definirana su tri dominantna tipa drenažne mreže (sl. 26) – dendritični, radijalni i rešetkasti. Na primjeru Male Pecke definiran je prijelazni tip dendritične mreže s elementima paralelizma, a u bazenu Vranovac i Srnac s elementima rešetkastog tipa. Drugi dominantni tip je radijalni s četiri izdvojena područja centrifugalne mreže. U bazenu Suvače je centrifugalni tip smješten na strukturi Oštroga vrha. Centralno i površinski najveće područje obuhvaća najviši vrh Petrove gore i izvore mnogih tokova uključujući i Radonju i Pernu. Treće je smješteno u bazenu Vojišnice, a četvrto obuhvaća strukturu Jelika u bazenu Radonje. U nastavku istočnog područja centrifugalnog tipa mreže, u izvorišnim područjima Markovca i Blatuše nalazi se treći dominantni tip –



Sl. 26. Tip drenažnih mreža Petrove gore

rešetkasti, koji je također lociran u donjem dijelu doline Bublena. Dendritično-rešetkasti tip mreže obuhvaća izvorišni dio Bublena i Velike Pecke, te donje dijelove bazena Brusovača, Kusaja, Vuletića, Neholjsko i Miholjska.

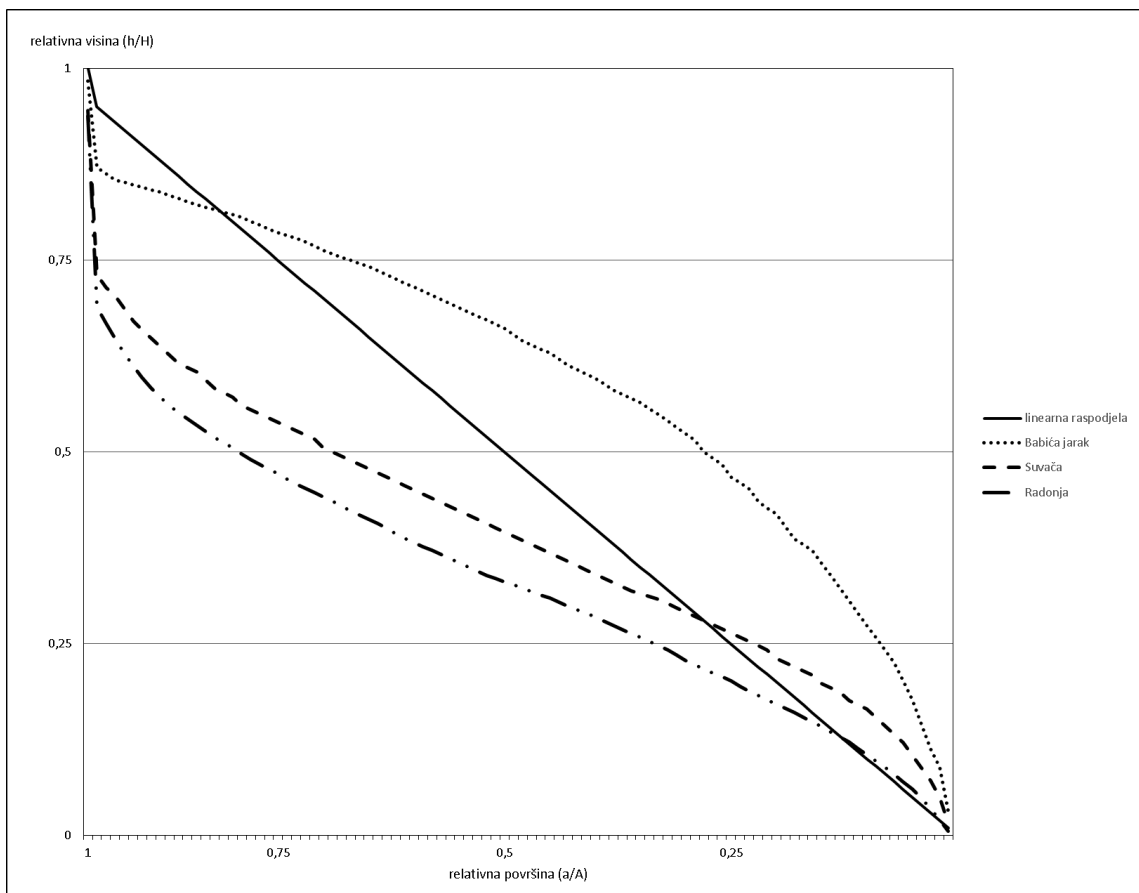
### *Cirkularnost*

Na Petrovoj gori vrijednosti odnosa opsega drenažnih bazena i krugova istih površina su između 1,27 za bazene Vuletića i Neholjsko do 1,91 bazena Bublenu, dok prosječna iznosi 1,44 (tab. 9). Toliko pozitivna vrijednost Bublenu posljedica je izduženosti glavnoga, a istim se razlogom objašnjavaju vrijednosti Rijeke i Čemernice. Međutim, Brusovača koja je svega tri kilometara kraća od Bublenu, ima praktično prosječnu vrijednost odnosa što je posljedica relativno veće širine njenog drenažnog

bazena. Najniže vrijednosti imaju rubni, površinom manji drenažni bazeni jer se brže dreniraju, i lakše stvaraju tzv. idealni krug.

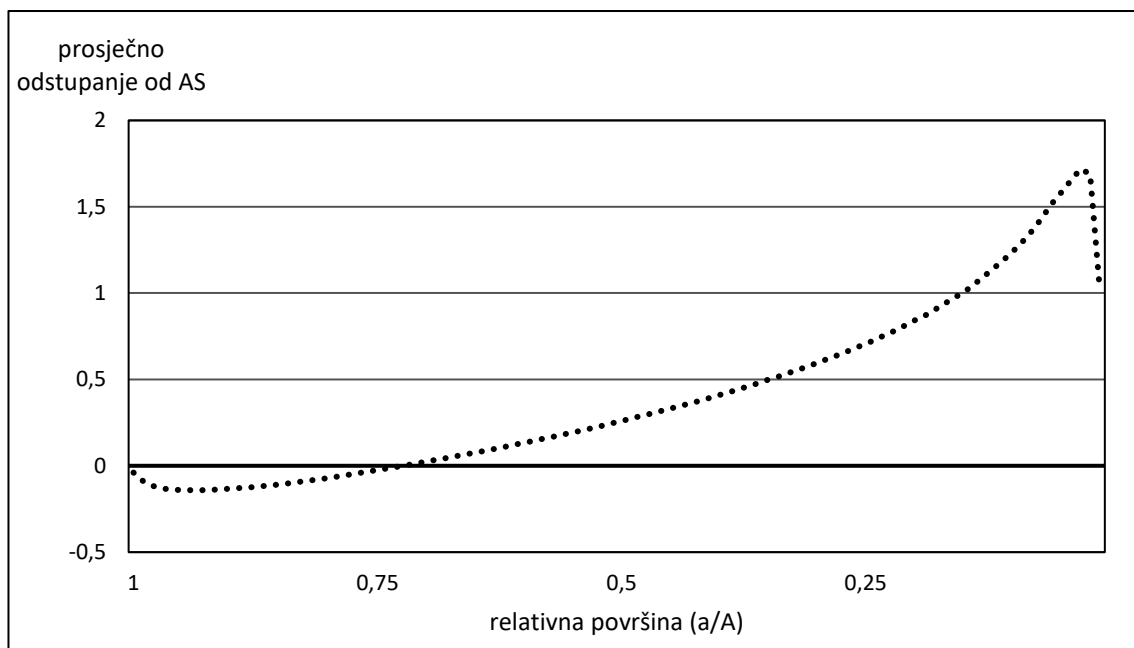
### *Hipsometrijska krivulja i integral*

Podjela hipsometrijskih krivulja temelji se prema vrijednostima njihovog hipsometrijskog integrala, razlikujući stari reljef ( $< 0,35$ ), zreli reljef ( $0,35 - 0,45$ ) i mladi reljef ( $> 0,55$ ) (Tomljenović, 2017), a primjeri pojedinih razreda prikazani su na sl. 27. 64% drenažnih bazena nalazi se u zreлом stadiju, 35,7% u starom stadiju, a tek dva drenažna bazena u mladom stadiju. Oba su locirana na rubnom istočnom dijelu Petrove gore, gdje su morfometrijske vrijednosti već vrlo niske, a litološki određene pliocenskim sedimentima. Razlika između Suvače i Radonje je konstantna kroz cijeli tok čime se može zaključiti relativno jednaka tektonska prošlost do novog pomlađivanja Suvače. Osim Babića jarka, Crna rijeka također pokazuje visoki hipsometrijski integral čime se potencijalni utjecaj recentne tektonske aktivnosti ograničava na krajnji istočni dio strukture. Korelacija hipsometrijskih integrala i nagiba pokazala je negativan smjer ( $-0,29$ ), što se može objasniti kroz mladu tektonsku aktivnost nakon koje egzogeni procesi



Sl. 5. Hipsometrijske krivulje izabranih bazena Petrove gore



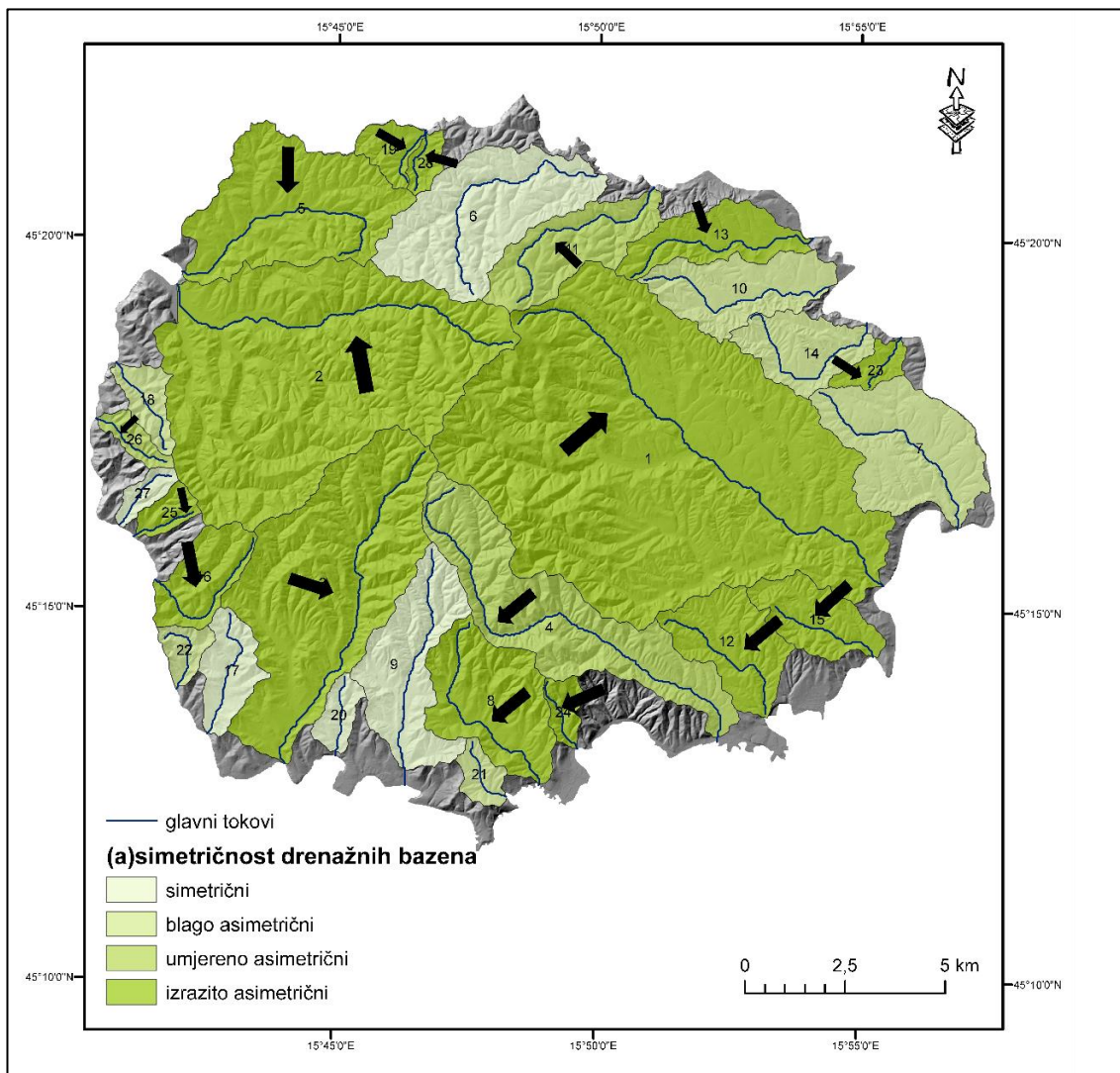


Sl. 6. Prosječno odstupanje vrijednosti hipsometrijskih krivulja bazena Petrove gore

nisu bili dovoljno intenzivni ili dovoljno dugo djelovali kako bi i prosječna vrijednost nagiba bila viša. Međutim, paradoksalni smjer i intenzitet korelacije mijenja se uzimanjem u obzir većeg broja drenažnih bazena. Pomoću ArcHydro alata (Scopel, 2011) definirano je ukupno 8723 drenažnih bazena čija korelacija hipsometrijskih integrala i prosječnih nagiba iznosi srednje visokih 0,68. Iz tog primjera može se zaključiti i velika morfometrijska varijabilnost analiziranih drenažnih bazena pa se umjesto oblika pojedinih hipsometrijskih krivulja analiziralo odstupanje vrijednosti od linearne raspodjele. Stoga se izračunala aritmetička sredina vrijednosti svih hipsometrijskih krivulja na pojedinačnoj udaljenosti, a rezultat oduzeo s vrijednosti na linearnoj raspodjeli (sl. 28). Negativna odstupanja u gronjem dijelu toka posljedica su najintenzivnije denudacije, međutim, visoka infleksijska točka i pozitivna odstupanja nakon ¼ toka mogu ukazivati na tektonsku aktivnost Petrove gore. Izuzetno visoko pozitivno odstupanje krajnjih dijelova tokova karakteristično je na svim hipsometrijskim krivuljama, kako u tokovima viših, tako i u tokovima nižih vrijednosti hipsometrijskog integrala. Zadržavanje viših vrijednosti integrala, unatoč izrazitoj denudaciji vršnih dijelova tokova ukazuje i na položaj tektonske aktivnosti u rubnim strukturnim elementima, ne i na središnjem dijelu, što je moguće zaključiti i na temelju nižih morfometrijskih vrijednosti reljefa središnjeg, glavnog bila Petrove gore.

### *Faktor asimetrije*

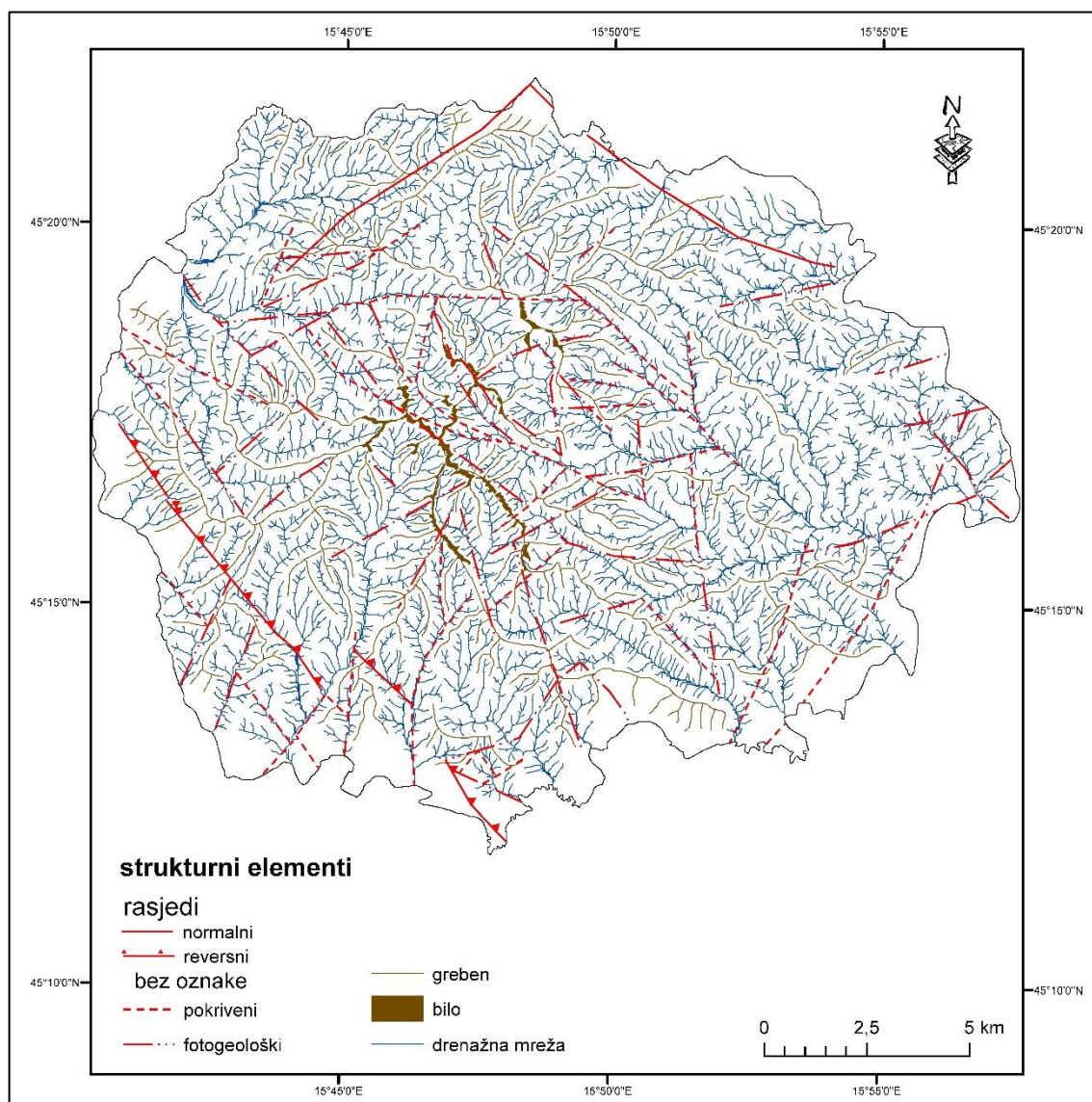
Na području Petrove gore čak 50 % bazena pokazuju izrazitu asimetriju (sl. 29), uključujući i površinski najveće drenažne bazene. Među njima se mogu izdvojiti i tri zone jednake kontinuirane asimetrije. Jugoistočni drenažni bazeni pokazuju desnu asimetriju i glavni tokovi su locirani u zapadnim dijelovima bazena. Susjedni, jugozapadni bazeni imaju suprotnu, lijevu asimetriju i glavni se tokovi pružaju istočnim dijelovima bazena. Između jugozapadne i jugoistočne skupine bazena nalazi se drenažni bazen Rijeke koji je opisan kao simetričan bazen. Zadnju skupinu čine istočni-sjeveroistočni bazeni čiji se glavni tokovi pružaju južnim dijelovima bazena. Izdvojene zone sličnih orijentacija asimetrije ukazuju da je potencijalnom tektonskom aktivnosti bilo zahvaćeno cijelo područje Petrove gore.



Sl. 7. Faktori asimetrije drenažnih bazena Petrove gore

### *Analiza grebena i bila*

Najdulji greben je dug 8,6 km, najkraći 26 m, prosječni 1,2 km, a ukupna duljina iznosi 309,2 km. Nalaze se između 159 i 510 metara nadmorske visine, a prosječno pružanje im je 131-311°. Smješteni su po cijelom istraživanom području, a u središnjem dijelu se izmjenjuju s bilima. Ukupna udaljenost bila je 46,7 km, nalaze se između 379 i 510 metara te zauzimaju 1 km<sup>2</sup>. Smješteni su samo u središnjem dijelu i čine najviši dio središnjeg dijela (sl. 30).



Sl. 30. Odnosi grebena, bila, rasjeda i drenažne mreže Petrove gore

Tab. 3. Statistički pokazatelji drenažnih bazena Petrove gore (\*označavaju imena tokova dobivenih prema glavnim naseljima u njihovim bazenima)

drenažni bazen	ID	površina (km <sup>2</sup> )	prosječna nadmorska visina (m)	hipsometrijski integral	prosječna vertikalna raščlanjenost (m/km <sup>2</sup> )	koeficijent razvijenosti toka	udio desnog dijela (%)	faktor asimetrije	gustoća drenažne mreže	cirkularnost
Perna	1	62,91	230,31	0,27	383	1,21	65,62	15,62	5,09	1,41
Radonja	2	38,99	268,71	0,35	370	1,21	22,88	27,12	4,90	1,36
Brusovača	3	23,53	260,10	0,35	327	1,15	75,05	25,05	4,95	1,46
Bublen	4	15,15	288,98	0,46	346	1,41	36,38	13,62	5,27	1,91
Vojišnica	5	13,94	198,96	0,42	146	1,78	70,29	20,29	5,13	1,45
Velika Bistra	6	12,33	234,05	0,40	239	1,64	45,27	4,73	4,87	1,36
Crna rijeka	7	10,27	160,65	0,61	62	1,23	44,30	5,70	5,34	1,46
Svinica	8	8,69	208,12	0,33	227	1,34	31,77	18,23	5,08	1,33
Rijeka	9	8,51	233,71	0,34	278	1,09	54,29	4,29	5,41	1,73
Đanković klada	10	6,58	174,98	0,32	124	1,24	40,45	9,55	5,59	1,56
Mala Bistra	11	6,52	246,13	0,30	364	1,38	60,57	10,57	4,99	1,53
Srnac	12	6,07	176,27	0,39	127	1,29	31,29	18,71	5,41	1,39
Čemernica	13	5,06	179,91	0,33	122	1,23	31,77	18,23	5,07	1,69
Suvača	14	4,76	171,63	0,40	91	1,74	44,52	5,48	6,05	1,42
Vranovac	15	4,35	175,95	0,43	112	1,11	29,87	20,13	5,45	1,39
Neholjsko*	16	4,07	255,00	0,41	207	1,60	73,98	23,98	4,39	1,27
Kusaja*	17	3,33	194,93	0,35	127	1,19	47,73	2,27	4,92	1,39
Napijale*	18	1,98	197,02	0,34	160	1,13	55,80	5,80	4,92	1,50
Utinjska*	19	1,74	215,43	0,46	81	1,22	8,85	41,15	4,83	1,37
Jagrovac	20	1,52	193,34	0,42	114	1,07	54,70	4,70	4,80	1,36
Lisanovac*	21	1,38	178,62	0,42	105	1,18	58,00	8,00	5,28	1,33
Vuletića*	22	1,37	211,59	0,38	130	1,72	43,09	6,91	4,47	1,27
Babića jarak	23	1,33	163,26	0,57	46	1,12	33,76	16,24	5,57	1,50
Gejkovac	24	1,27	233,55	0,43	232	1,13	26,82	23,18	4,54	1,34
Miholjska*	25	1,25	237,59	0,43	180	1,08	79,75	29,75	4,40	1,28
Duboki potok	26	1,21	216,46	0,42	169	1,10	64,41	14,41	4,19	1,47
Zbjeg*	27	1,10	222,54	0,40	165	1,13	46,45	3,55	4,36	1,34
Šimulije*	28	1,02	214,99	0,44	85	1,10	74,76	24,76	5,26	1,34

## 6. RASPRAVA

Visoke vrijednosti hipsometrije ograničene su na središnji dio i pojedine grebene između dolina, a niske na rubne dijelove istraživanog područja. Relativnom nadmorskom visinom izdvojen je viši reljef, odnosno dio s većim denudacijskim potencijalom, što je povezano s višim vrijednostima vertikalne raščlanjenosti. Slično područje izdvojeno je i relativnim nagibom, čije pružanje ograničavaju rasjed na jugu i transgresivna granica perma i pliocena na istoku. Pružanje višeg reljefa na sjeveru postupno se sužuje širenjem dolina u bazenu Radonje. Nagibi zadržavaju srednje vrijednosti kroz cijelu Petrovu goru. Više od 2/3 istraživanog područja je obilježeno pojačanim spiranjem i kretanjem masa, a oko 50 % snažnom erozijom, spiranjem i izrazitim kretanjem masa. Denudacijski potencijal dodatno potvrđuju srednje vrijednosti vertikalne raščlanjenosti, prema čemu više od 99 % Petrove gore pripada slabo do umjereno raščlanjenom reljefu. Jedan od faktora pružanja morfometrijskih vrijednosti je litološka podloga pa tako na prijelazu iz permskih u pliocenske klastite vrijednosti srednje nadmorske visine i vertikalne raščlanjenosti opadaju. Najvjerojatniji razlog opadanju vrijednosti su stijene podložnije denudaciji. Njihove vrijednosti na jugu opadaju najvjerojatnije zbog utjecaja rasjeda, što je razvidno iz linearno izduženog prijelaza iz viših u niže vrijednosti. Suprotno tome, vrijednosti nagiba ostaju relativno iste, neovisno o litologiji. Iako sjeverni dio pliocenskih naslaga ima osjetno niže vrijednosti nagiba, na južnom dijelu one su slične kao na permskim klastitima.

Za takvo područje karakteristične su male gustoće drenažne mreže, koje se povećavaju u donjim dijelovima većih tokova. Tako su najveće gustoće drenažne mreže u donjim tokovima Perne i Radonje. Između njih, gustoća drenažne mreže veća je u slijevu Perne, što je vjerojatno posljedica pliocenskih klastita u podlozi. Pozitivna odstupanja indeksa bifurkacija najvjerojatnije ukazuju na najmlađe tektonske pokrete (Marković, 1983). Na razini cijelog istraživačkog područja, pozitivna odstupanja prisutna su u dolinama 1., 2. i 3. reda, a na razini bazena Perne i u dolinama 4. reda. Koeficijenti razvijenosti toka pokazuju veću izvijuganost Vojišnica oko Krivaje Vojničke te Suvače oko Šapića brdo. Suvača ne pokazuje veće vrijednosti ostalih morfometrijskih značajki, dok Vojišnica ima veći faktor asimetrije. Prema Demoulin (1998), Radoane i dr. (2003), Ruzkiczay-Rudiger i dr. (2009) te Matoš i dr. (2014), niske maksimalne konkavnosti i velike udaljenosti od izvora na uzdužnom profilu značajke su erozijske mladosti toka. Prema njima, Perna i Brusovača primjeri su erozijsko starijih, a Crna rijeka i Bubljen erozijsko mlađih tokova. Perna ima izrazito veliku površinu bazena i pretežito

dendritični tip drenažne mreže, što su pokazatelji starijeg reljefa. Brusovaču obilježava veći faktor asimetrije što ukazuje na promjenu tektonskog nagiba okomito na smjer toka (Tomljenović, 2017). To bi ukazivalo na relativno izdizanje zapadnog dijela bazena Brusovače. Morfometrijske značajke Bublana ne ukazuju na tektonsku aktivnost, ali dva laktasta skretanja mogu ukazivati na eventualnu lateralnu translaciju toka. To je djelomično prikazano i kroz cirkularnost bazena. Crna rijeka je litološki određena pliocenskim naslagama te ima niže vrijednosti općih morfometrijskih značajki. Ipak, vrijednosti specifičnih morfometrijskih značajki su visoke i ukazuju na veći denudacijski potencijal i/ili tektonsku aktivnost. Prevladavanje dendritičnog tipa drenažne mreže na cijelom istraživanom području ukazuje na dugotrajniji utjecaj egzogenih procesa. Faivre (1994) rešetkasti tip mreže povezuje s rasjednom tektonikom, a Twidale (2004) elemente paralelizma pukotinskim sustavom. Dodatnim definiranjem prosječnog pružanja grebena kao dinarskoga smjera, pretpostavlja se utjecaj južnog reversnog rasjeda na reljef Petrove gore. Analizom vrijednosti specifičnih morfometrijskih značajki može se zaključiti veći utjecaj geoloških obilježja. Ipak, za utvrđivanje konkretnog utjecaja potrebno je provesti dodatne analize.

## 7. ZAKLJUČAK

Analizom općih i specifičnih morfometrijskih značajki Petrove gore mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- središnji dio istraživanog područja obilježeno je kao viši reljef, odnosno reljef s denudacijskim potencijalom.
- više od 2/3 Petrove gore obilježeno je nagibima 5°- 32°, a 99 % područja pripada slabo do umjereno raščlanjenom reljefu. To znači da su procesi denudacije intenzivni i prisutni na cijelom području.
- konveksne padine čine bila, grebene i pregibe poput pregiba Mikšića brdo u bazenu Brusovače, a najčešće su smještene u središnjem dijelu istraživanog područja. Konveksne padine predstavljaju dna derazijskih i fluviudenudacijskih dolina.
- gustoća drenažne mreže je relativno mala u središnjem dijelu, a povećava se u donjim dijelovima tokova, posebice Perne i Radonje
- indeksi bifurkacije za Pernu i Radonju ukazuju na vjerojatno tektonsko izdizanje njihovih izvorišnih dijelova, ali i tektonsko tonjenje područja dolina 6. reda.
- maksimalna konkavnost i njena udaljenost od izvora ukazuju na veći erozijski potencijal Bublena i Crne rijeke te manji erozijski potencijal Perne i Brusovače.
- prevladavajući tip drenažne mreže je dendritični što ukazuje na dugotrajnije egzogene procese u području. Centrifugalni tip mreže se pojavljuje lokalno i vezan je za pojedine vrhove, dok se rešetkasti tip nalazi u bazenu Bublena i ukazuje na utjecaj geoloških struktura.
- grebeni imaju prosječno dinarsko pružanje, što je vjerojatno pod utjecajem režima stresa okomitog na dinarski pravac pružanja.

## LITERATURA

1. Baioni, D., 2016: Analysis of Drainage Basin Asymmetry in the Ventena River, Northern Apennines (Central Italy), *International Journal of Earth & Environmental Sciences 1: 121*, 1-5.
2. Bočić, N., 2012: Temeljna geomorfološka i geološka obilježja područja Petrove gore. *Elaborat*, JU Natura Viva, Karlovac, 1-14.
3. Bočić, N., Pahernik, M., Bognar, A., 2010: Geomorfološka obilježja Slunjske zaravni, *Hrvatski geografski glasnik 72 (2)*, 5-26.
4. Bočić, N., Pahernik, M., Mihevc, A., 2015: Geomorphological significance of the palaeodrainage network on a karst plateau: The Una-Korana plateau, *Geomorphology 247*, 55-65.
5. Bočić, N., Pahernik, M., Maradin, M., 2016: Temeljna geomorfološka obilježja Karlovačke županije, *Prirodoslovlje 16 (1-2)*, 153-172.
6. Bognar, A., 1987: Tipovi reljefa Hrvatske, u: *zbornik II. skupa geomorfologa SFRJ* (ur: Bognar, A.), Gospić, 18.-25. lipnja 1987., Geografski odjel PMF-a, Zagreb, 52-82.
7. Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica 34*, 7-29.
8. Demoulin, A., 1998: Testing the tectonic significance of some parameters of longitudinal river profiles: the case of the Ardenne (Belgium, NW Europe), *Geomorphology 24*, 189-208.
9. Faivre, S., 1994: Strukturno-geomorfološka analiza tipova dolinske mreže Sjevernog Velebita i Senjskog bila, *Senjski zbornik 21*, 9-24.
10. Herak, M., 1991: Dinaridi – mobilistički osvrt na genezu i strukturu, *Acta Geologica 21 (2)*, 35-117.
11. Hoolbrook, J., Schumm, S., A., 1999: Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epirogenic deformation in moder and ancient settings, *Tectonophysics 305*, 287-306.
12. Horton, R., E., 1945: Erosional developments of streams and theri drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology, *Bulletin of American Geological Society 56*, 275-370.
13. Hrvatski geološki institut, 2009: *Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000*, Hrvatski geološki institut, Zagreb.



14. Keler, Z., 1972: Geografske značajke Petrove gore, u: *Simpozij o Petrovoj gori u povodu 25godišnjice III. zasjedanja ZAVNOH-a* (ur: Čalić, D.), Topusko 10.-13. studenog 1969., Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 139-157.
15. Keller, E., A., Pinter, N., 2002: *Active tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape, 2<sup>nd</sup> edition*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
16. Korolija, B., Živaljević, T., Šimunić, A., 1979: *Osnovna geološka karta 1 : 100 000 za list Slunj*, 43 str., SGZ Beograd – IGI Zagreb.
17. Korolija, B., Živaljević, T., Šimunić, A., 1981: *Tumač Osnovne geološke karte 1 : 100 000 za list Slunj*, 43 str., SGZ Beograd – IGI Zagreb.
18. Kvetek, F., 2014: *Morfometrijska analiza drenažne mreže Papuka*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.
19. Kvetek, F., Bočić, N., 2015: Digitalna analiza drenažne mreže na primjeru Papuka, *Geografski horizont* 61(2), 61-73.
20. Lozić, S., 1995: Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 30, 17-28.
21. Lozić, S., 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 31, 41-50.
22. Lozić, S., 1996a: Hipsometrijske značajke reljefa Republike Hrvatske, u: *Zbornik I. hrvatskog geografskog kongresa* (ur: Pepeonik, Z.), Zagreb 12. - 13. listopada 1995., Hrvatsko geografsko društvo, Zagreb, 181-187.
23. Lozić, S., 2000: *Kvantitativne geomorfološke značajke Sjeverozapadne Hrvatske*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
24. Marić, L., 1972: Geološka istraživanja i rudne pojave u Petrovoj gori i široj regiji, u: *Simpozij o Petrovoj gori u povodu 25godišnjice III. zasjedanja ZAVNOH-a* (ur: Čalić, D.), Topusko 10. - 13. studenog 1969., Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 103-113.
25. Marković, M., 1983: *Osnovi primenjene geomorfologije*, Geoinstitut, Beograd.
26. Matoš, B., Tomljenović, B., Trenc, N., 2014: Identification of tectonically active areas using DEM: a quantitative morphometric analysis of Mt. Medvednica, NW Croatia, *Geological Quarterly* 58 (1), 51-70.
27. Matoš, B., Perez-Pena, J., V., Tomljenović, B., 2016: Landscape response to recent tectonic deformation in the SW Pannonian Basin: Evidence from DEM-based morphometric analysis of the Bilogora Mt. area, NE Croatia, *Geomorphology* 263, 132-155.

28. Mesić, L., 2018: *Geomorfološka obilježja Moslavačke gore*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.
29. Mikšić, I., 1989: *Prirodno geografske osobine „Memorijalnog parka Petrova gora“*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.
30. Pahernik, M., 2005: *Geomorfologija Gorskog kotara – primjena geografsko informacijskog sustava u istraživanju reljefa*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
31. Pahernik, M., 2007: Digitalna analiza padina otoka Raba, *Geoadria* 12 (1), 3-22.
32. Perez-Penna, J., V., Azanon, J., M., Booth-Rea, G., Azor, A., Delgado, J., 2009a: Differentiating geology and tectonics using a spatial autocorrelation technique for the hypsometric integral, *Journal of Geophysical Research*, 114 (2), F02018.
33. Perez-Penna, J., V., Azanon, J., M., Azor, A., 2009b: CalHypso: An ArcGIS extension to calculate hypsometric curves and their statistical moments. Application to drainage basin analysis in SE Spain, *Computers and Geosciences* 35, 1214-1223.
34. Perez-Penna, J., V., Al-Awabdeh, M., Azanon, J., M., Galve, J., P., Booth-Rea, G., Notti, D., 2016: SwathProfiler and NProfiler: Two new ArcGIS Add-ins for the automatic extraction of swath and normalized river profiles, *Computers and Geosciences* 104, 135-150.
35. Radoane, M., Radoane, N., Dumitriu, D., 2003: Geomorphological evolution of longitudinal river profiles in the Carpathians, *Geomorphology* 50, 293-306.
36. Riđanović, J., 1993: *Hidrogeografija*, Školska knjiga, Zagreb.
37. Ruzs-kiczay-Rudiger, Z., Fodor, L., Horvath, E., Telbisz, T., 2009: Discrimination of fluvial, eolian and neotectonic features in a low hilly landscape: a DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary, *Geomorphology* 104, 203-217.
38. Strahler, A., N., 1957: Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Transaction of the American Geophysical Union* 38 (6), 913-920.
39. Radoš, D., Lozić, S., Šiljeg, A., 2012a: Primjena GIS metoda u analizi geomorfometrijskih značajki Duvanjskog polja, *Čovjek i krš* 1, 143-161.
40. Radoš, D., Lozić, S., Šiljeg, A., 2012b: Morfometrijske značajke šireg područja Duvanjskog polja, Bosna i Hercegovina, *Geoadria* 17 (2), 177-207.
41. Ruzs-kiczay-Rudiger, Z., Fodor, L., Horvath, E., Telbisz, T., 2009: Discrimination of fluvial, eolian and neotectonic features in a low hilly landscape: a DEM-based

- morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary, *Geomorphology* 104, 203-217.
42. Strahler, A., N., 1952: Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *GSA Bulletin* 63, 1117-1142.
43. Strahler, A., N., 1957: Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Transactions American Geophysical Union* 38, 913-920.
44. Šašek, M., 1974: Karlovačko pokuplje i Kordun, u: *Geografija SR Hrvatske: Središnja Hrvatska*, knjiga 2 (ur: Cvitanović, A.), Školska knjiga, Zagreb, 179-217.
45. Šoštarić, S., B., Palinkaš, L., A., Palinkaš, S., S., 2009: Origin of siderite mineralisation in Petrova and Trgovska Gora Mts., NW Dinarides, *Mineralogy and Petrology* 97, 111-128.
46. Šundov, M., Strukturnogeomorfološke značajke reljefa Dubrovačkog primorja, *Acta Geographica Croatica* 37, 41-61.
47. Tomljenović, B., 2017: *Strukturna geomorfologija – interna skripta*, Strukturna geomorfologija, Sveučilište u Zagrebu.
48. Twidale, C., R., 2004: River patterns and their meaning, *Earth-Science Reviews* 67, 159-218.
49. Velić, I., Sokač, B., Galović, I., 1979: Tektonsko i paleogeografsko značenje novih nalaza senonskih vapnenaca i eocenskog fliša u Kordunu (središnja Hrvatska), *Geološki vjesnik* 31, 191-202.
50. Velić, I., Vlahović, I., 2009(ur.): *Tumač geološke karte Hrvatske 1:300.000*, Hrvatski geološki institut, Zagreb.
51. Zevenbergen, L., W., Thorne, C., R., 1987: Quantitative analysis of land surface topography, *Earth surface processes and landforms* 12, 47-56.

## IZVORI

1. ArcGIS Pro, n.d.: How Flow direction works, <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-flow-direction-works.htm> (23. 5. 2018.).
2. Estri, n.d.a: *How Curvature works*, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/curvature-function.htm> (22. 6. 2018.).
3. Esri, n.d.b: *How Aspect works*, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-aspect-works.htm> (22. 6. 2018.).
4. HGI, n.d.: Geološka karta Hrvatske 1:300.000, <http://webgis.hgicgs.hr/gk300/default.aspx> (23. 6. 2018.).
5. Scopel, C., 2011: ArcHydro Tools Version 2.0 Are Now Available, ArcGIS Blog, <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/water/arc-hydro-tools-version-2-0-are-now-available/> (15. 5. 2018.).

## POPIS SLIKA

Sl. 1. Smještaj Petrove gore u Hrvatskoj.....	4
Sl. 2. Geomorfološki položaj Petrove gore.....	5
Sl. 3. Geološka karta Petrove gore.....	6
Sl. 4. Oblici padine prema poprečnoj zakrivljenosti.....	11
Sl. 5. Oblici padine prema uzdužnoj zakrivljenosti.....	11
Sl. 6. Zakrivljenost površine.....	12
Sl. 7. Utjecaj funkcije Fill na raster Petrove gore.....	13
Sl. 8. Smjerovi otjecanja i pridružujući brojevi.....	13
Sl. 9. Osnovni tipovi drenažnih mreža.....	17
Sl. 10. Oblik hipsometrijske krivulje i starost reljefa.....	18
Sl. 11. Hipsometrijska karta Petrove gore.....	21
Sl. 12. Udjeli hipsometrijskih razreda Petrove gore.....	22
Sl. 13. Relativna nadmorska visina Petrove gore.....	22
Sl. 14. Srednja nadmorska visina Petrove gore.....	23
Sl. 15. Nagibi padina Petrove gore.....	24
Sl. 16. Relativni nagibi padina Petrove gore.....	26
Sl. 17. Vertikalna raščlanjenost Petrove gore.....	27
Sl. 18. Ekspozicija padina Petrove gore.....	28
Sl. 19. Ukupna zakrivljenost padina Petrove gore.....	30
Sl. 20. Gustoća drenažne mreže Petrove gore.....	31
Sl. 21. Klasifikacija dolina Petrove gore prema metodi Strahler.....	32
Sl. 22. Teorijski model i realno stanje indeksa bifurkacije Petrove gore.....	33
Sl. 23. Teorijski model i realno stanje indeksa bifurkacije drenažnih bazena Radonje i Perne...34	
Sl. 24. Odnos maksimalne konkavnosti i njene normalizirane udaljenosti od izvora glavnih tokova Petrove gore.....	36
Sl. 25. Analizirani drenažni bazeni Petrove gore.....	37
Sl. 26. Tipovi drenažnih mreža Petrove gore.....	38
Sl. 27. Hipsometrijske krivulje izabranih bazena Petrove gore.....	39
Sl. 28. Prosječno odstupanje vrijednosti hipsometrijskih krivulja bazena Petrove gore.....	40
Sl. 29. Faktori asimetrije drenažnih bazena Petrove gore.....	41
Sl. 30. Odnosi grebena, bila, rasjeda i drenažne mreže Petrove gore.....	42

## POPIS TABLICA

Tab. 1. Razredi nagiba.....	9
Tab. 2. Razredi vertikalne raščlanjenosti.....	10
Tab. 3. Podjela ekspozicije prema azimutima.....	10
Tab. 4. Površine i udjeli razreda nagiba padina Petrove gore.....	25
Tab. 5. Površine i udjeli razreda vertikalne raščlanjenosti Petrove gore.....	26
Tab. 6. Površine i udjeli ekspozicija padina Petrove gore.....	28
Tab. 7. Statistički pokazatelji oblika padina uzdužne i poprečne zakrivljenosti Petrove gore...	29
Tab. 8. Osnovni morfometrijski podaci i indeksi bifurkacija dolina Petrove gore (klasifikacija prema Strahler, 1957).....	33
Tab. 9. Statistički pokazatelji drenažnih bazena Petrove gore.....	45

## PRILOZI

### Prilog 1. Pisana priprema za terensku nastavu u geografiji

<b>PISANA PRIPREMA ZA NASTAVNI SAT GEOGRAFIJE</b>		
<b>Naziv i sjedište škole</b>	Srednja škola Glina	
<b>Obrazovni program (zanimanje)</b>	opća gimnazija	
<b>Ime i prezime nastavnika</b>	Matko Mikašinović	
<b>Datum izvođenja nastavnog sata</b>	20. 3. 2019.	
<b>Naziv nastavne jedinice</b>	Utjecaj prirodne osnove na njihovo moguće iskorištavanje – primjer Petrove gore	
<b>Razred</b>	4.	
<b>Tip sata</b>	terenski rad	
<b>Kompetencije</b>	<b>Ishodi učenja</b>	<b>Zadaci kojima ću provjeriti ishode</b>
<b>1. Geografska znanja i vještine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>opiši utjecaj litologije i geoloških struktura na reljef</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Navedi tri glavna litološka člana Petrove gore. Za svaki član odredi položaj i navedi glavnu značajku za geomorfologiju.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>analizirati morfološka, klimatološka, hidrogeografska i pedološka obilježja pomoću geomorfoloških, orohidrografskih i pedoloških karata te klimatskog dijagrama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiziraj temeljne geomorfološke značajke Petrove gore.</li> <li>Opiši klimatsku homogenost Petrove gore. Navedi vremenske razlike između središnjeg i rubnog dijela. Objasni uzroke vremenskih razlika.</li> <li>Je li Petrova gora vodno bogato ili siromašno područje? Navedi dva glavna potoka. Je li većina potoka stalna ili povremena?</li> <li>Navedi tri glavne vrste tla. Navedi njihove glavne uzroke. Očekujemo li veću dubinu i rodovitnost u središnjem ili rubnom dijelu?</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prepoznati odabrane reljefne oblike i procese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prepoznaj i objasni sljedeće reljefne oblike: naplavna ravnica, meandar</li> <li>• Prepoznaj i objasni sljedeće reljefne procese: erozija, bočna erozija, meandriranje (akumulacija i erozija)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objasniti odabrane reljefne oblike i procese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objasni sljedeće reljefne oblike: naplavna ravnica, meandar</li> <li>• objasni sljedeće reljefne procese: erozija, bočna erozija, meandriranje (akumulacija i erozija)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objasniti utjecaj geoloških obilježja na elemente prirodne osnove na primjeru Petrove gore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obrazloži utjecaj litologije na reljef, vode i tla Petrove gore. Navedi utjecaj geološke strukture na tip drenažne mreže.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opisati prirodne resurse Petrove gore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Navedi prirodne resurse Petrove gore.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obrazložiti načine iskorištavanja prirodnih resursa Petrove gore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obrazloži načine iskorištavanja prirodnih resursa.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analizirati dosadašnja iskorištavanja prirodnih resursa Petrove gore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Navedi načine iskorištavanja reljefa na Petrovoj gori. Usporedi načine iskorištavanja u središnjem i rubnom dijelu.</li> <li>• Analiziraj način iskorištavanja vode u rubnom dijelu Petrove gore.</li> <li>• Analiziraj način iskorištavanja tla u rubnom dijelu Petrove gore.</li> <li>• Navedi način iskorištavanja geotermalne energije.</li> <li>• Opiši razlike u vegetacijskom pokrovu i njegovom iskorištavanju u središnjem i rubnom dijelu Petrove gore.</li> </ul>
<b>2. Metodička kompetencija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• samostalno usvajanje znanja i vještina</li> <li>• stvaranje kartografskih izvora</li> <li>• razvijanje vještina interpretacija karata</li> <li>• prepoznavanje naučenog sadržaja u stvarnosti</li> </ul>	



<b>3. Komunikacijska kompetencija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• razvijanje interpretacije napisanog sadržaja</li> <li>• pridržavanje kulture komunikacije</li> <li>• razvijanje argumentiranja svoga stajališta</li> </ul>
<b>4. Socijalna kompetencija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pridržavanje dogovorenih pravila</li> <li>• poštivanje tuđeg vlasništva</li> <li>• razvijanje ponašanja u prirodi</li> <li>• izvršavanje obaveza</li> </ul>

### TIJEK NASTAVNOG SATA

<b>Etape sata</b>	<b>Cilj etape</b>	<b>Opis aktivnosti učitelja</b>	<b>Opis aktivnosti učenika</b>
<b>priprema nastavnika</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stručna, didaktička i metodička priprema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• proučavanje stručne literature te odluka o načinu i razine provedbe terenske nastave</li> </ul>	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kabinetska priprema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• iščitavanje i odabir potrebnih znanja i vještina za učenike</li> </ul>	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• terenska priprema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obilazak terena i rute terenske nastave;</li> <li>• provjeravanje sigurnosti i mogućih problema;</li> <li>• obavještavanje općine o provedbi terenske nastave;</li> <li>• moguće promjene u bilješkama iz kabinetskih priprema;</li> <li>• prilagođavanje metodičkih i didaktičkih pravila i načela</li> </ul>	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• postavljanje ciljeva terenskog rada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• konačno definiranje ciljeva: znanje i razumijevanje prirodne osnove, načina njenih iskorištavanja te ponuda optimalnih rješenja</li> </ul>	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• izrada plana i programa terenske nastave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utvrđivanje i dogovaranje prijevoza;</li> <li>• dogovaranje prehrane;</li> <li>• pregledavanje vremenskih uvjeta i utvrđivanje točnog datuma održavanja;</li> <li>• obavještavanje učenika o detaljima terenske nastave;</li> <li>• izrada pisanog pristanka za roditelja</li> </ul>	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dobivanje pristanka roditelja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obavještenje učenika i roditelja o planu i programu;</li> <li>• prikupljanje financijskih sredstava</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obavještenje roditelja o terenskoj nastavi i terminu dogovora</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prva pomoć</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• priprema za moguće probleme</li> </ul>	-
<b>priprema učenika</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• upoznavanje s obilježjima prostora u kojima se odvija terenska nastava</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dio sata o Središnjoj Hrvatskoj posvetiti Petrovoj gori;</li> <li>• (ne)izravnom grafičkom metodom i metodom razgovora tumačiti temeljna prirodno-geografska obilježja</li> <li>• metodom razgovora i usmenim izlaganjem prikazati način iskorištavanja prirodnih resursa</li> <li>• metodom razgovora i neizravnom grafičkom metodom ponoviti čitanje prirodnih elemenata na topografskim kartama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktivno sudjeluju u razgovorima</li> <li>• zapisuju najvažnija obilježja</li> <li>• aktivno ponavljaju čitanje topografskih karata</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• upoznavanje sa zadacima i ciljevima terenske nastave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• metodom razgovora objasniti ciljeve terenske nastave: opis geoloških obilježja, analiziranje i međudjelovanje prirodno-geografskih elemenata, analiziranje načina iskorištavanja, argumentacija starih ili predlaganje novih načina iskorištavanja</li> <li>• metodom razgovora i usmenog izlaganja objasniti njihove zadatke: vođenje i predaja terenskog dnevnika (Prilog 2) te izlaganje pojedinih tema na terenu</li> <li>• podjela skupina i tema: (1) geološka, (2) geomorfološka, (3) klimatološka, (4) hidrogeografska, (5) pedološka obilježja, (6) dosadašnja iskorištavanja prirodnih resursa</li> <li>• ponavljanje nastavnih sadržaja iz prirodne geografije na satu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapisuju ciljeve zbog terenskog dnevnika</li> <li>• aktivno sudjeluju u razgovoru</li> <li>• zapisuju zadanu temu</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• motivacija učenika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• neizravnom grafičkom metodom i metodom razgovora pobuđivanje interesa za terensku nastavu</li> </ul>	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• priprema materijala, pomagala, pribora i instrumenata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• priprema topografskih, morfometrijskih, orografskih karata</li> <li>• navođenje učenicima potrebnog pribora</li> <li>• osiguravanje kompasa, GPS-a, termometra</li> <li>• podjela pripadajućih karata svakoj skupini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• skupina priprema svoje materijale: geomorfološka a skupina boji hipsometrijska u kartu...</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• način ponašanja, sigurnost, poštivanje tuđih vlasništva,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objašnjavanje učenicima načina ponašanja na terenu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pozorno slušaju pravila ponašanja</li> </ul>

	paziti na zaštićene vrste...			
Etapa	Vremenik	Opis aktivnosti učitelja		Opis aktivnosti učenika
izvođenje terenske nastave	7:30 – 8:00	okupljanje i polazak sa školskog igrališta		
	8:00-8:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• metodom razgovora ponavljanje uputa za terensku nastavu</li> <li>• ponavljanje vođenja terenskog dnevnika</li> </ul>	-	
	8:30 – 9:30	<p>dolazak na točku 1 - Perna</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• objasniti njihov zadatak</li> <li>• upozoriti ih na način ponašanja</li> <li>• prema potrebi ispraviti ili nadopuniti izlaganje</li> <li>• metodom razgovora i demonstracije po potrebi objasniti naplavnu ravnicu, mehanizam donjeg toka, dubinu tla i tip vegetacije</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• svaka skupina izlaže svoja obilježja tog prostora</li> <li>• geološka pronalazi pripadajuću vrstu stijene,</li> <li>• geomorfološka skupina očitava nadmorsku visinu s GPS-a i preostale morfometrijske vrijednosti sa karte</li> <li>• klimatska skupina mjeri i zapisuje temperaturu,</li> <li>• hidrogeografska skupina mjeri protok,</li> <li>• fitogeografska-pedološka skupina opisuju vegetaciju i bilježe vrstu tla,</li> <li>• zadnja skupina popisuje načine iskorištavanja prirodnih resursa</li> </ul>	

9:30 – 10:00	vožnja	
10:00 – 10:15	dolazak na točke 2 – memorijalni spomenik i pauza	
10:15 – 11:15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objasniti njihov zadatak</li> <li>• upozoriti ih na način ponašanja</li> <li>• prema potrebi ispraviti ili nadopuniti izlaganje</li> <li>• metodom razgovora i demonstracije po potrebi objasniti pojmove prijevoj, sedlo te mehanizam gornjeg toka, dubinu tla, tip vegetacije i vremenske razlike od Perne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• svaka skupina izlaže svoja obilježja tog prostora</li> <li>• geološka skupina pronalazi pripadajuću vrstu stijene,</li> <li>• geomorfološka skupina očitava nadmorsku visinu i očitava preostale morfometrijske vrijednosti</li> <li>• klimatska skupina mjeri i zapisuje temperaturu,</li> <li>• fitogeografska-pedološka skupina opisuje vegetaciju i bilježe vrstu tla</li> </ul>
11:15 – 11:45	pješačenje do Velikog Petrovca	
11:45 – 12:15	pauza	
12:15 – 12:45	pješačenje prema memorijalnom spomeniku	
12:45 – 13:15	vožnja prema lovačkom domu Muljava	

	13:15 – 14:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objasniti njihov zadatak</li> <li>• upozoriti ih na način ponašanja</li> <li>• prema potrebi ispraviti ili nadopuniti izlaganje</li> <li>• metodom razgovora i demonstracije po potrebi objasniti pojmove jaruga, derazijska dolina te mehanizam srednjeg toka, tip vegetacije, dubinu tla i vremenske razlike od područja memorijalnog spomenika i Perne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• svaka skupina izlaže svoja obilježja tog prostora</li> <li>• geološka skupina pronalazi pripadajuću vrstu stijene,</li> <li>• geomorfološka skupina očitava nadmorsku visinu i očitava preostale morfometrijske vrijednosti</li> <li>• klimatska skupina mjeri i zapisuje temperaturu,</li> <li>• fitogeografska-pedološka skupina opisuju vegetaciju i bilježi vrstu tla,</li> <li>• zadnja skupina popisuje načine iskorištavanja prirodnih resursa</li> </ul>
	14:00 – 15:00	pauza i vrijeme za ručak	
	15:00 – 15:30	vožnja prema Vojniću	
	15:30 – 16:15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objasniti njihov zadatak</li> <li>• upozoriti ih na način ponašanja</li> <li>• prema potrebi ispraviti ili nadopuniti izlaganje</li> <li>• metodom razgovora po potrebi objasniti tip vegetacije i dubinu tla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• svaka skupina izlaže svoja obilježja tog prostora</li> <li>• geološka skupina pronalazi pripadajuću vrstu stijene,</li> <li>• geomorfološka skupina očitava nadmorsku visinu i očitava preostale morfometrijske vrijednosti</li> <li>• klimatska skupina mjeri i zapisuje temperaturu,</li> <li>• fitogeografska-pedološka skupina</li> </ul>

			opisuju vegetaciju i bilježe vrstu tla, <ul style="list-style-type: none"> <li>• zadnja skupina popisuje načine iskorištavanja prirodnih resursa</li> </ul>
	16:15 – 16:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objašnjavanje zadataka za pojedinu skupinu za nastavni sat (<i>Prilog 3</i>) i podjela materijala svakoj skupini</li> </ul>	
	16:30 – 17:30	povratak na školsko igralište u Glinu kroz Petrovu goru uz stajanje na svakoj točki zbog ponovnog mjerenja temperature zraka.	
Etapa	Cilj etape	Opis aktivnosti učitelja	Opis aktivnosti učenika
	Vrednovanje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• praćenje i zapisivanje aktivnosti učenika tijekom izlaganja, vrednovanje pokazanog znanja, vještina i kartografske pismenosti</li> </ul>	-
	Praćenje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uspoređivanje s prijašnjim bilješkama i znanjem o učenikovoj kompetenciji te zaključivanje o postignutom napredovanju</li> </ul>	-
	Provjeravanje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• procjenjivanje učenikove kompetentnosti kroz dodatno ispitivanje o određenoj temi</li> </ul>	-
	Ocjenjivanje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• konačno davanje ocjene za postignuti uspjeh</li> </ul>	-

### Nastavne metode

Metoda razgovora, metoda usmenog izlaganja, neizravna grafička metoda, metoda demonstracije,

### Oblici rada

frontalni rad, skupni rad, terenski rad

### **Nastavna sredstva i pomagala**

izvorna stvarnost, kartografski izvori, GPS, termometar, radni listovi, olovke, bilježnice

### **Popis literature i izvora za učitelja**

Bočić, N., Pahernik, M., Maradin, M., 2016: Temeljna geomorfološka obilježja Karlovačke županije, *Prirodoslovlje* 16 (1-2), 153-172.

Bognar, A., 1987: Tipovi reljefa Hrvatske, u: *zbornik II. skupa geomorfologa SFRJ* (ur: Bognar, A.), Gospić, 18.-25. lipnja 1987., Geografski odjel PMF-a, Zagreb, 52-82.

Herak, M., 1991: Dinaridi – mobilistički osvrt na genezu i strukturu, *Acta Geologica* 21 (2), 35-117.

HGI, n.d.: Geološka karta Hrvatske 1:300.000, <http://webgis.hgi-cgs.hr/gk300/default.aspx> (23. 6. 2018.).

Hrvatski geološki institut, 2009: *Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000*, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Korolija, B., Živaljević, T., Šimunić, A., 1979: *Osnovna geološka karta 1 : 100 000 za list Slunj*, 43 str., SGZ Beograd – IGI Zagreb.

Korolija, B., Živaljević, T., Šimunić, A., 1981: *Tumač Osnovne geološke karte 1 : 100 000 za list Slunj*, 43 str., SGZ Beograd – IGI Zagreb.

Mikšić, I., 1989: *Prirodno geografske osobine „Memorijalnog parka Petrova gora“*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.

Riđanović, J., 1993: *Hidrogeografija*, Školska knjiga, Zagreb.

TERENSKI DNEVNIK – PETROVA GORA

Terenski dnevnik obuhvaća pitanja vezana za lokacije današnje terenske nastave. Vaša je obaveza ispunjavanje terenskog dnevnika, kojeg ćete predati na kraju dana na pregled ispunjavanja vaših obaveza. Dnevnik će vam biti vraćen na kraju pregleda jer će vam služiti za izvršavanje vaših daljnjih obaveza.

TOČKA 1 – Perna

U sljedećim pitanjima dopuni rečenice ili među ponuđenima zaokruži točan odgovor.

- 1.) Litološku podlogu čine \_\_\_\_\_. U pogledu hidrogeografije, oni omogućuju \_\_\_\_\_.
- 2.)
  - a) nadmorska visina točke 1 je \_\_\_\_\_ m.
  - b) nagib padine točke 1 je \_\_\_\_\_°.
  - c) ekspozicija točke 1 je \_\_\_\_\_, a kut azimuta iznosi \_\_\_\_\_°.
  - d) prevladavajući reljefni oblik je \_\_\_\_\_.
- 3.) Temperatura na točki 1 iznosi \_\_\_\_\_°C. Vrijeme mjerenja \_\_\_\_\_ h.
- 4.)
  - a) Protok potoka iznosi \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/s.
  - b) U ovom prostoru prevladava mehanizam gornjeg / srednjeg / donjeg toka.
- 5.) Prevladavajući tip vegetacije je \_\_\_\_\_.
- 6.) Prevladavajuća vrsta tla je \_\_\_\_\_, te se pretpostavlja da je tlo plitko / duboko.
- 7.) Navedi što više primjera iskorištavanja prirodnih resursa.

---

---

---

---

---

TOČKA 2 – Memorijalni spomenik

U sljedećim pitanjima dopuni rečenice ili među ponuđenima zaokruži točan odgovor.

- 1.) Litološku podlogu čine \_\_\_\_\_. U pogledu hidrogeografije, oni omogućuju \_\_\_\_\_.



- 2.) a) nadmorska visina točke 2 je \_\_\_\_\_ m.  
 b) nagib padine točke 2 je \_\_\_\_\_ °.  
 c) ekspozicija točke 2 je \_\_\_\_\_, a kut azimuta iznosi \_\_\_\_\_ °.  
 d) navedi 3 reljefna oblika: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.
- 3.) Temperatura na točki 2 iznosi \_\_\_\_\_ °C. Vrijeme mjerenja \_\_\_\_\_ h.
- 4.) U ovom prostoru prevladava mehanizam gornjeg / srednjeg / donjeg toka.
- 5.) Prevladavajući tip vegetacije je \_\_\_\_\_.
- 6.) Prevladavajuća vrsta tla je \_\_\_\_\_, te se pretpostavlja da je tlo pliće / dublje od točke 1.

### TOČKA 3 – Lovački dom Muljava

U sljedećim pitanjima dopuni rečenice ili među ponuđenima zaokruži točan odgovor.

- 1.) Litološku podlogu čine \_\_\_\_\_. U pogledu hidrogeografije, oni omogućuju \_\_\_\_\_.
- 2.) a) nadmorska visina točke 3 je \_\_\_\_\_ m.  
 b) nagib padine točke 3 je \_\_\_\_\_ °.  
 c) ekspozicija točke 3 je \_\_\_\_\_, a kut azimuta iznosi \_\_\_\_\_ °.  
 d) navedi 3 reljefna oblika: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.
- 3.) Temperatura na točki 3 iznosi \_\_\_\_\_ °C. Vrijeme mjerenja \_\_\_\_\_ h.
- 4.) U ovom prostoru prevladava mehanizam gornjeg / srednjeg / donjeg toka.
- 5.) Prevladavajući tip vegetacije je \_\_\_\_\_.
- 6.) Prevladavajuća vrsta tla je \_\_\_\_\_, te se pretpostavlja da je tlo pliće / dublje od točke 2.
- 7.) Navedi što više primjera iskorištavanja prirodnih resursa.

---



---



---



---



---

### TOČKA 4 – Vojnić

U sljedećim pitanjima dopuni rečenice ili među ponuđenima zaokruži točan odgovor.

1.) Litološku podlogu čine \_\_\_\_\_. U pogledu hidrogeografije, oni omogućuju \_\_\_\_\_.

2.) a) nadmorska visina točke 4 je \_\_\_\_\_ m.

b) nagib padine točke 4 je \_\_\_\_\_°.

c) ekspozicija točke 4 je \_\_\_\_\_, a kut azimuta iznosi \_\_\_\_\_°.

d) navedi 4 reljefna oblika: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.

3.) Temperatura na točki 4 iznosi \_\_\_\_\_°C. Vrijeme mjerenja \_\_\_\_\_ h.

4.) U ovom prostoru prevladava mehanizam gornjeg / srednjeg / donjeg toka.

5.) Prevladavajući tip vegetacije je \_\_\_\_\_.

6.) Prevladavajuća vrsta tla je \_\_\_\_\_, te se pretpostavlja da je tlo pliće / dublje od točke 3.

7.) Navedi što više primjera iskorištavanja prirodnih resursa.

---

---

---

---

---

Temperature zraka svih točaka na povratku:

Točka 3 - \_\_\_\_\_°C

Točka 2 - \_\_\_\_\_°C

Točka 1 - \_\_\_\_\_°C

### DOMAĆA ZADAĆA

Pred vama su pitanja vezana za terensku nastavu na Petrovoj gori. Vaš zadatak je točno odgovoriti na sljedeća pitanja temeljem znanja stečenog na nastavi, terenskog dnevnika i vlastitih zapažanja. Odgovore pišite punim rečenicama.

1. Analiziraj utjecaj litologije na različit način iskorištavanja prirodnih resursa. U sažetku obuhvati neposrednu ulogu litologije, ali i posrednu kroz preostale elemente prirodne osnove.

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Analiziraj međudjelovanje prirodno-geografskih elemenata na iskorištavanje resursa. U sažetku obuhvati razlike među točkama terenske nastave.

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Argumentiraj pozitivne i negativne strane sadašnjih načina iskorištavanja resursa te predloži nove oblike i lokacije iskorištavanja prirodnih resursa.

---

---

---

---

---

---

---

---