

# Morfološke značajke i prostorna distribucija speleoloških objekata na području NP Paklenica

---

Kalcina, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:850327>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-22**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Odjel za geografiju

Diplomski sveučilišni studij primijenjene geografije

**Luka Kalcina**

**Morfološke značajke i prostorna distribucija  
speleoloških objekata na području NP Paklenica**

**Diplomski rad**

Zadar, 2020.

Sveučilište u Zadru  
Odjel za geografiju  
Diplomski sveučilišni studij primijenjene geografije

Morfološke značajke i prostorna distribucija speleoloških  
objekata na području NP Paklenica

Diplomski rad

Student:

Luka Kalcina

Mentorica:

Izv. prof. dr. sc. Nina Lončar

Zadar, 2020.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Luka Kalcina**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Morfološke značajke i prostorna distribucija speleoloških objekata na području NP Paklenica** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 20. veljače 2020.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zadru  
Odjel za geografiju

Diplomski rad

### MORFOLOŠKE ZNAČAJKE I PROSTORNA DISTRIBUCIJA SPELEOLOŠKIH OBJEKATA NA PODRUČJU NP PAKLENICA

Luka Kalcina

#### Sažetak

Nacionalni park Paklenica prostire se na jugozapadnoj padini Južnog Velebita i obuhvaća prostor od 95 km<sup>2</sup>. Prostor Parka pripada Dinarskom kršu, na kojem je česta pojava speleoloških objekata. Unutar Parka je istraženo ukupno 112 speleoloških objekata. U sklopu ovoga rada izrađena je detaljna GIS baza svih istraženih objekata, koja je poslužila za analizu njihovih značajki (tip objekta, morfološka građa, duljina, dubina, hidrološka funkcija, itd.). Rezultat analize ukazuje na prevagu jamskih (59%) u odnosu na špiljske (41%) objekte. Isto tako, 52% objekata je jednostavne morfologije a s obzirom na veličinu prevladavaju plići objekti, dubine do 50 m (79 %) i mali objekti, dužine do 50 m (74 %). U radu je analizirana i prostorna distribucija ulaza u speleološke objekte u odnosu na značajke reljefa i postojeće planinarske staze. Analizom prostorne distribucije speleoloških objekata utvrđeno je kako su objekti heterogeno raspoređeni unutar Parka, a 51 % objekata se nalazi u vršnoj zoni (iznad 1000 m). Utvrđeno je i da se većina speleoloških objekata (njih 63 %) nalazi u neposrednoj blizini (do 250 m) postojećih planinarskih staza. Analizirajući prostornu distribuciju speleoloških objekata u odnosu na svojstva litostratigrafske podloge, uočava se da se 75 % istraženih objekata nalazi na karbonatima dobre propusnosti jurske starosti, pri čemu se najveći broj ulaza u objekte nalazi u neposrednoj blizini rasjeda (73 %). Speleoloških objekata ima unutar svih hipsometrijskih razreda, ali da su najzastupljeniji na visinama od 500 do 750 m/nm (20 %), te između 1 250 i 1 500 m/nm (26 %). Izražena je povezanost s nagibom padina, te je najviše speleoloških objekata zastupljeno na *značajno nagnutim padinama* (12° - 32°), čak 62,5 %. Iz analize zastupljenost speleoloških objekata u odnosu na orijentaciju padine proizlazi da se najveći broj speleoloških objekata javlja na zapadno i južno orijentiranim padina. Pri analizi vertikalne raščlanjenosti najveća zastupljenost speleoloških objekata (27,7 %) javlja se na jako

raščlanjenim dijelovima Parka. Analiza korelacije između pojavnosti speleoloških objekata i ponikava ukazuje da se u određenim cjelinama istih morfometrijskih značajki reljefa podjednako pojavljuju jame i ponikve.

**Ključne riječi:** speleološki objekti, geomorfologija, GIS, NP Paklenica, morfometrija

**Mentorica:** Izv. prof. dr. sc. Nina Lončar

**Povjerenstvo:** Izv. prof. dr. sc. Nina Lončar; Izv. prof. dr. sc. Robert Lončarić; izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zadar  
Department of Geography

Graduation Thesis

### GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF CAVES IN NP PAKLENICA

Luka Kalcina

#### Abstract

Paklenica Nacional park is situated on the southwestern hillside of South Velebit mountain and covers an area of 95 km<sup>2</sup>. The Park is part of the Dinaric karst, composed of karstified carbonate rocks on which the occurrence of caves is common. Over the years in total 112 caves have been explored within the Park. Within this research detailed GIS database of all explored caves were created, which was used to analyze their characteristics (type, morphological structure, length, depth, hydrological function, etc.). The study analyzes spatial distribution of entrances to caves in relation to relief features and existing hiking trails. The result of the analysis indicates the predominance of vertical (59%) over horizontal caves (41%). Likewise, 52% of objects have simple morphology, as well as small depth (79%) and length (74 %). Analysis of spatial distribution revealed that the objects are heterogeneously distributed within the Park, while 51% of explored caves are located in the ridge zone (above 1000 m). It was also found that most of the explored caves (63% of them) are in close proximity (up to 250 m) to the existing hiking trails. Analysis of spatial distribution of caves in relation to the lithostratigraphic properties has shown that as many as 75 % of the explored caves are located on carbonates with good permeability, while largest number of caves is in the immediate vicinity of the existing fault zones (73 %). Considering hypsometry, it can be seen that caves are present within all hypsometric classes, but that they are most frequent at altitudes between 500 and 750 m / nm (20%) and between 1 250 and 1 500 m (26%). There is a very high correlation between caves occurrences and slope, where most cave objects (62,5 %) are occurring on moderately steep slopes (12° - 32°). From the analysis, the representation of caves in relation to the slope orientation, shows that the largest number of caves occurs on the western and southern slopes. In regard to the analysis of terrain roughness, most caves (27,7 %) occur on highly rugged terrains. Analysis of correlation between caves and sinkholes shows that caves

(primary pits) and sinkholes appear uniformly in individual units of the same morphometric relief features.

**Keywords:** caves, geomorphology, GIS, NP Paklenica, morphometry

**Supervisor:** Nina Lončar, PhD, Associate Professor

**Reviewers:** Nina Lončar, PhD, Associate Professor; Robert Lončarić, PhD, Associate Professor; Neven Bočić, PhD, Associate Professor



## Sadržaj

1. Uvod .....	6
1.1 Ciljevi i hipoteze.....	8
2. Metodologija istraživanja .....	10
2.1 Izrada GIS baze podataka.....	10
2.1.1 Analiza morfoloških značajki speleoloških objekata .....	10
2.1.2 Analiza prostorne distribucije.....	11
3. Pregled dosadašnjih istraživanja.....	12
4. Osnovna fizičko-geografska obilježja istraživanog područja.....	17
4.1 Geološke značajke .....	17
4.2 Klimatske značajke.....	19
4.3 Hidrološke značajke .....	19
4.4 Geomorfološke značajke .....	24
5. Osnovne značajke speleoloških objekata u NP Paklenica.....	30
5.1 Speleogeneza .....	30
5.2 Analiza morfoloških značajki speleoloških objekata .....	32
5.3 Hidrološke značajke speleoloških objekata.....	38
6. Analiza prostorne distribucije speleoloških objekata .....	40
6.1 Prostorna distribucija speleoloških objekata s obzirom na litostratigrafsku osnovu.....	43
6.2 Prostorna distribucija speleoloških objekata u odnosu na nadmorsku visinu .....	45
6.3 Prostorna distribucija speleoloških objekata u odnosu na nagib padina .....	47
6.4 Prostorna distribucija speleoloških objekata s obzirom na orijentiranost padine.....	49
6.5 Prostorna distribucija speleoloških objekata s obzirom na vertikalnu raščlanjenost.....	51
6.6 Prostorna distribucija speleoloških objekata u odnosu na gustoću ponikava.....	54
7. Zaključak .....	57
Literatura .....	60

## 1. Uvod

Nacionalni park Paklenica proglašen je 1928. god. Međutim, kako se po tadašnjem zakonu svake godine trebao obnoviti status Parka, završetkom iste godine je izgubljen status Nacionalnog parka. Paklenica je ponovno proglašena Nacionalnim parkom 1949. godine, te je pod tim stupnjem zaštite do danas, obuhvaćajući jugoistočnu padinu Južnog Velebita te vršnu zonu površine 95 km<sup>2</sup> (NP Paklenica, 2018). Administrativno, park se prostire od naselja Starigrad-Paklenica i Seline na primorskoj padini južnog Velebita, sve do vršnog prostora Južnog Velebita i njegovih najvećih vrhova (Vaganski vrh (1 757 m), Malovan (1 704 m), Babin vrh (1 744 m) i Sveto brdo (1 753 m) (Slika 1).

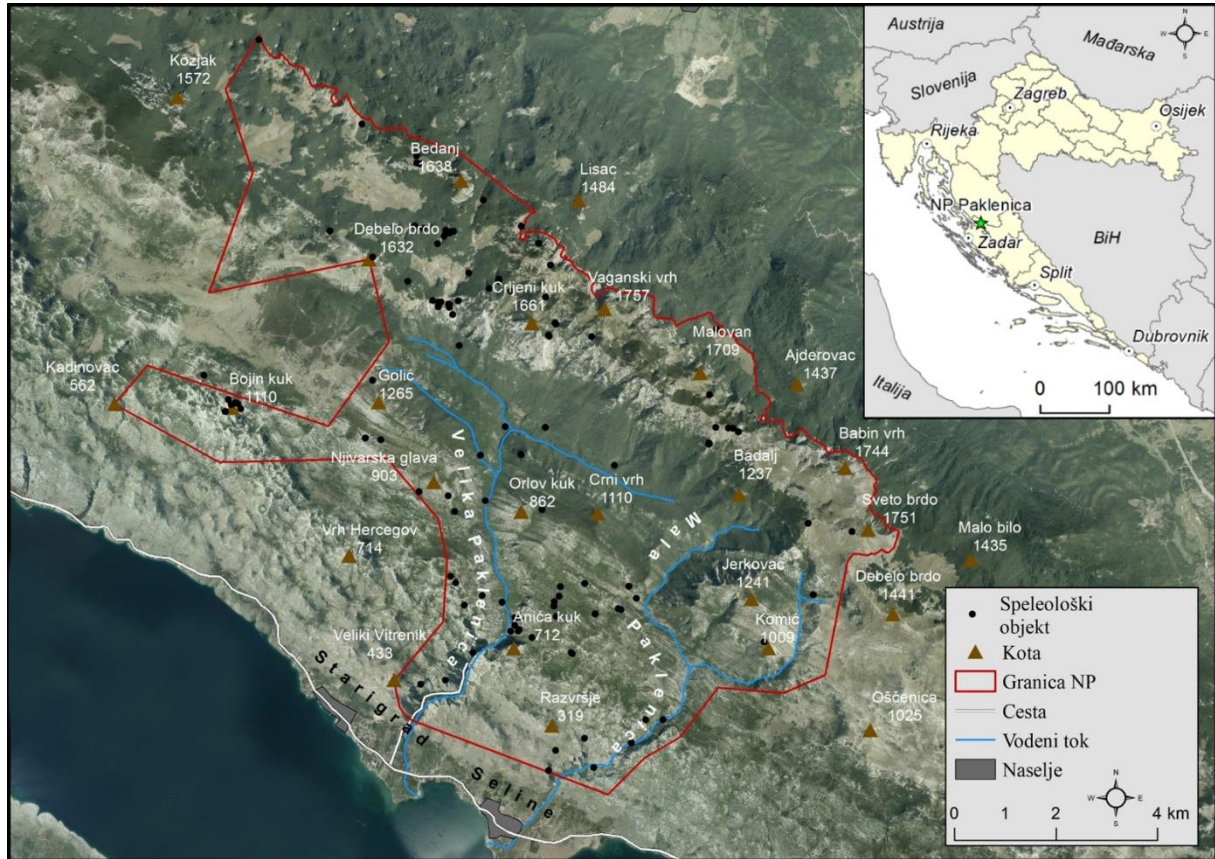
Povod proglašenja ovog prostora Nacionalnim parkom su prvenstveno bile očuvane šume crnoga bora (*Pinus nigra*) i bukve (*Fagus sylvatica*), koje svojom površinom od oko 2 031,78 ha i danas predstavljaju jedne od najočuvanijih šumskih kompleksa na prostoru Primorske Hrvatske. Na prostoru Parka je zabilježeno preko tisuću biljnih vrsta od kojih je 79 endemskih (Lukač i dr., 2007). NP Paklenica je 2017. godine, upisan na UNESCO-v popis mjesta svjetske baštine u Europi te zajedno s Nacionalnim parkom Sjeverni Velebit i Rezervat prirode Hajdučki i Rožanski kukovi, čini dio svjetske baštine koja obuhvaća 13 zemalja pod nazivom „Bukove prašume u Karpatima i drugim područjima Europe” (NP Paklenica, 2018).

Uz posebnosti i raznolikost biljnog svijeta, Park obiluje i raznim geomorfološkim pojavama (Bognar i Blazek, 1986). Najistaknutiji među njima su kanjoni Velika i Mala Paklenica. Njihove strme padine oblikovane su korozijskim i erozijskim djelovanjem bujičnih tokova koji se spuštaju od najviših dijelova Velebita prema moru te su duboko urezane u južnu padinu Velebita (Bognar, 1994.).

Kako je Velebit izgrađen uglavnom od karbonatnih stijena, različitog sastava i starosti, voda je kroz dugu geološku prošlost oblikovala mnoge egzogene i endogene krške oblike. Tako se, ovisno o dijelu Parka može uočiti velik broj škrapa, kamenica, ponikava, kukova, sipara i dr. od kojih su mnogi od njih reprezentativni oblici. Djelovanje vode rezultiralo je i nastankom mnogih podzemnih oblika, različitih dimenzija i karakteristika.

Stoga su objekt ovog istraživanja speleološki objekti unutar Nacionalnog parka Paklenica (Slika 1.), odnosno njihova prostorna distribucija u odnosu na sljedeće značajke reljefa: *geološku osnovu (litostratigrafske jedinice i glavne rasjede), nagib padine, nadmorsku visinu, orijentiranost padine, vertikalnu raščlanjenost te gustoća ponikava*. Također, analizirat će se i osnovne značajke istraženih speleoloških objekata unutar Parka pri čemu se diferenciraju

s obzirom na tip objekta, broj ulaza, izgled i broj kanala te s obzirom na ukupnu duljinu. Isto tako će se analizirati pojava snijega, leda te vode stajačice i/ili prokapnice (u speleološkim zapisnicima nakapnice) u pojedinom objektu.



**Slika 1.** Prostorni obuhvat NP Paklenice sa speleološkim objektima (prema DARH, DOF 2019.)

Za određeni broj speleoloških objekata unutar Nacionalnog parka Paklenica zna se od davnina, štoviše, mnogi objekti, uglavnom špilje, korišteni su kao skloništa za ljude i stoku te kao vodocrpilišta. Pojavom i osnivanjem prvih speleoloških organizacija na prijelazu iz 19. u 20. st. počelo se na sustavan način istraživati speleološke objekte. Ipak, prava istraživanja kakva danas poznajemo omogućena su tek razvojem adekvatne speleološke opreme, koja je omogućila silazak u zahtjevne vertikalne objekte (Paar, 2011). Takva istraživanja, od strane različitih speleoloških društava i klubova, rezultirala su brojem od 112 istraženih speleoloških objekata na području Parka (Slika 1), no za pretpostaviti je da postoje i speleološki objekti koji zbog nepristupačnosti terena još nisu otkriveni.

Doprinos takvih istraživanja očituje se kroz prikupljanje relevantnih informacija o istraženim objektima i njihovim raznovrsnim značajkama. Osnovna svrha ovog diplomskog rada je objediniti i sistematizirati sve dosad prikupljene podatke i izraditi jedinstvenu bazu istraženih speleoloških objekata unutar NP Paklenice. Sistematizacijom informacija o istraženim objektima omogućava se sustavno proučavanje njihovih raznovrsnih značajki, ali i proučavanje njihove brojnosti te prostorne distribucije unutar Parka. Upravo u tom segmentu se ističe važnost primjene GIS-a, koji ne samo da omogućava strukturiranje prikupljenih informacija i izradu jedinstvene baze podataka, već omogućava i provođenje raznovrsnih analitičkih operacija. Analitičke operacije u GIS-u omogućavaju pridodavanje prostornog konteksta istraženim objektima, kroz korelaciju lokacija istraženih objekata s različitim obilježjima okružujućeg prostora (npr. litostratigrafska podloga, klimatske značajke, obilježja reljefa, tektonska predisponiranost, itd.). Time se dobivaju važne informacije o obilježjima prostora pogodnog za nastanak speleoloških objekata, što je ključno za bolje razumijevanje procesa speleogeneze te za određivanje značajki i prostorne distribucije istraženih objekata, ali i za predviđanje lokacija na kojima bi se potencijalno mogli nalaziti neistraženi speleološki objekti.

## 1.1 Ciljevi i hipoteze

Osnovni cilj istraživanja je određivanje prostorne distribucije i temeljnih značajki speleoloških objekata na području NP Paklenica. Sukladno tome rad ima nekoliko pod ciljeva:

- kategorizirati speleološke objekte s obzirom na morfološke karakteristike uzimajući u obzir:
  - tip objekta (špilje i jame), pri čemu su špilje speleološki objekti čiji je prosječni nagib kanala manji od  $45^\circ$ , jame su objekti kod kojih je prosječni nagib kanala veći od  $45^\circ$
  - broj ulaza pojedinog objekta, broj kanala (jednostavni i razgranati objekti) te izgled kanala (koljениčaste ili stubaste jame) i etažni objekti (Čepelak i Garašić, 1982., Garašić, 1986; Bočić i Mišur, 2017).
  - ukupnu duljinu, prema kojoj se speleološki objekti dijele na male ( $< 50$  m), srednje ( $50 - 500$  m), velike ( $500 - 5\ 000$  m) i izuzetno velike speleološke objekte ( $> 5\ 000$  m) (Bögli, 1980; Bočić i Mišur, 2017).

- analizirati povezanost objekata s geološkom građom te osnovnim morfometrijskim parametrima terena (nadmorskom visinom, orijentiranošću padina, vertikalnom raščlanjenošću, nagibom padina)
- analizirati povezanost pojave objekata sa pojavom ponikava

Ovakva analiza će doprinijeti daljnjem istraživanju speleoloških objekata, gdje će se korištenjem čimbenika koji se pokazuju pogodni za nastanak speleoloških objekata, moći pretpostaviti postojanje istih na nekim drugim prostorima. Osobito će to biti korisno za nepristupačne terene gdje je zahtjevno ili otežano rekognosciranje terena.

Poseban doprinos rada je sistematizacija speleološke baze podataka Nacionalnog parka Paklenica, gdje će se dopuniti svi podaci dosadašnjih speleoloških istraživanja koja su kroz dugi niz godina radila mnoga speleološka društva i klubovi te ih bilježili i kategorizirali na različite načine. Nakon ovoga istraživanja svi će podaci biti objedinjeni i usklađeni, što će u konačnici dovesti do bržeg i jednostavnijeg pregleda i analize.

#### **Osnovne hipoteze ovog rada su:**

- H1: Veći broj speleoloških objekata biti će mali objekti jednostavnog tipa (špilje do 50 m duljine)
- H2: Pojava jama učestalija je uz rasjede
- H3: Postoji podudarnost u prostornoj distribuciji speleoloških objekata i ponikava u skladu s tektonskom predisponiranošću
- H4: Danas poznati speleološki objekti nalaze se na pristupačnijim predjelima Parka

## **2. Metodologija istraživanja**

Metodologija primijenjena u ovom istraživanju može se podijeliti u tri dijela, a to su: objedinjavanje svih podataka prikupljenih tijekom niza godina od strane različitih speleoloških klubova i društava u jednu zajedničku GIS bazu podataka, analiziranje morfometrijskih značajki svih istraženih objekata te konačno analiza prostorne distribucije speleoloških objekata u odnosu na uzete kriterije. Za izradu baze podataka, analitičke operacije i izradu kartografskih prikaza korišten je ArcGIS 10.1 softver, dok su statistički izračuni i grafički prilogi izvođeni pomoći Microsoft Excel softvera.

### **2.1 Izrada GIS baze podataka**

GIS baza podataka je skup podataka (atributa) unutar ArcGIS softvera u kojoj su pohranjeni i usklađeni svi podaci nekog istraživanja te su spremni za analizu i vizualizaciju. GIS baza podataka napravljena za ovo istraživanje objedinjuje cjelokupnu speleološku arhivu, koja se sastoji od nacрта istraženih objekata, zapisnika svakog speleološkog istraživanja te fotodokumentacije istraživanja. Osnovnu sistematizaciju i inventarizaciju podataka te izradu GIS baze istraženih speleoloških objekata napravio je 2003. godine Speleološki odsjek „Željezničar“ iz Zagreba (Kuhta, 2002). Pri tome je u bazu speleoloških objekata uneseno 76 do tada istraženih objekata, čija lokacija je određena na temelju koordinata ulaza speleološkog objekta (Kuhta i dr., 2002).

Od 2003. god. pa do početka provedbe ovog istraživanja istražena su 32 nova objekta te je u okviru ovog diplomskog rada izrađena nova speleološka baza podataka sa svim istraženim objektima. Pri izradi baze podataka, prilikom unosa u bazu, svakom je objektu, uz njegov naziv, pridodan jedinstveni identifikacijski broj (ID), pomoću kojeg se izvode daljnje analize. Uz naziv objekta i ID, u bazu se sistematizirano unosi svaki opisni podatak pojedinog objekta koji je sadržan u speleološkom zapisniku. Iako postoje određene razlike u sadržaju zapisnika različitih speleoloških odsjeka i društava, uglavnom svi sadrže opisne podatke poput morfoloških, morfogenetskih, hidroloških, arheoloških i sličnih značajki istraženog objekta.

#### **2.1.1 Analiza morfoloških značajki speleoloških objekata**

Na temelju podataka svrstanih u GIS bazu napravljena je analiza generalnih i specifičnih značajki speleoloških objekata unutar Nacionalnog parka Paklenica. Analiza se izvodila na

način da su se kategorizirali objekti s obzirom na generalne značajke: duljinu, odnosno dubinu, tip objekta, te na specifične značajke: dubina, dužina, morfološki tip objekta te hidrološke karakteristike. Analiza i vizualizacija je izvršena pomoći ESRI Desktop Arc Gis-a te Microsoft Excel programa.

### 2.1.2 Analiza prostorne distribucije

Za analizu prostorne distribucije speleoloških objekata unutar NP Paklenica korištene su koordinate ulaza svakog objekta, a koje su prikupljene tijekom speleoloških istraživanja te zabilježene u speleološkom zapisniku. U ovom radu se prostor istraživanja podijelio u četiri prostorne cjeline, koje međusobno odstupaju po određenim karakteristikama, ponajprije vertikalnoj raščlanjenosti i nadmorskoj visini, a to su: *kanjon Velike Paklenice, kanjon Male Paklenice, Bojinac te vršna zona Južnog Velebita* (Slika 1.), te se napravila analiza udjela pojave speleoloških objekata u pojedinoj cjelini. Tijekom istraživanja nametalo se pitanje ovisi li pojava speleoloških objekata samo o prirodnim utjecajima, ili zbog nepristupačnosti terena postoje objekti koji još nisu pronađeni. Stoga je napravljena analiza prostorne distribucije speleoloških objekata u odnosu na planinarske staze unutar Parka.

Nadalje, analiza pojave i rasprostranjenosti speleoloških objekata napravljena je u odnosu na morfometrijske značajke (*nadmorsku visinu, orijentiranost padina, vertikalnu raščlanjenost, nagib padina*), litostratigrafske značajke te gustoću ponikava. Morfometrijski parametri *nagib padine, orijentacija padine, nadmorska visina i vertikalna raščlanjenost terena* izvedeni su iz javno dostupnog DMR-a prostorne rezolucije 25 m (EUEM, 2018). Za izračun indeksa vertikalne raščlanjenosti korištena je metoda i algoritam prema Riley i dr. (1999):

$IVR = \sqrt{(DMR_{\max})^2 - (DMR_{\min})^2}$  na način da su vrijednosti ovog parametra izračunate unutar pravokutnog susjedstva od 3 x 3 piksela. Visinska razlika po jediničnoj površini izražena je u jediničnim površinama 5 625m<sup>2</sup>, a podaci su svrstani u standardne geomorfološke kategorije. Litostratigrafske značajke preuzete su s osnovne geološke karte RH u mjerilu 1:100 000 (Sokač i dr., 1967; Šušnjar i dr., 1976; Majcen i Korolija 1973; Ivanović i dr., 1976) koja je digitalizirana i obrađena u ArcGis-u. Da bi se analizirala pojava speleoloških objekata u odnosu na gustoću ponikava, prvo je bilo potrebno kartirati ih metodom *ručne vektorizacije* s topografske karte u mjerilu 1:25 000 sekcije Lički Ribnik, Medak, Velika Paklenica i Vaganski vrh (DGU, 2018). Iz kartiranih ponikava se pomoću alata *Kernel density* iz ArcGIS ekstenzije

*Spatial Analysis* napravio prikaz gustoće ponikava. S obzirom da je bilo potrebno napraviti prikaz gustoće ponikava unutar kruga od 1 km<sup>2</sup>, vrijednost varijable radijus kruga je postavljena na 564, 97 m.

Prostorna raspodjela i zastupljenost speleoloških objekata u odnosu na pojedini parametar određena je preklapanjem speleoloških objekata (odnosno lokacijama ulaza u speleološke objekte) sa svakim pojedinim parametrom, iz čega su dobiveni apsolutni i relativni podaci i grafički prikazani.

### 3. Pregled dosadašnjih istraživanja

Morfološke značajke speleoloških objekata kao i njihova rasprostranjenost predmet su mnogobrojnih istraživanja na području geologije, geomorfologije, hidrogeologije i drugih srodnih disciplina. Također, na sličan su metodološki način istraživane i druge pojave u prostoru, poput prostorne distribucije ponikava u odnosu na morfološke značajke i geološku građu te njihova veza sa speleološkim objektima. Stoga se pregled dosadašnjih istraživanja može podijeliti u nekoliko kategorija; opće literatura vezana uz krški reljef i speleogenezu gdje **Ford i Williams (2013)** daju neizmjeran doprinos znanosti baveći se čitavom problematikom krša unutar fizičke geografije. Sustavno obrađuju sve pojave i procese vezane za pojavu i nastanak krša i svih pojava i procesa unutar njega pa tako i speleoloških objekata. Njihova istraživanja su dala obol i teoretsku osnovu za mnoge daljnje radove.

Najopsežniji pregled teorijske osnove i speleološke djelatnosti u Hrvatskoj svakako je knjiga **Speleologija**, odnosno njeno prvo izdanje 2000. godine te novo, nadopunjeno izdanje objavljeno 2017. god. Ove dvije knjige su rezultat rada velikog broja znanstvenika i iskusnih speleologa kojima je cilj bio obuhvatiti sve teme i potrebna znanja vezana za speleologiju. Nadalje **Bonacci i dr. (2008)** u knjizi *Krš bez granica* obrađuju temeljne fenomene Dinarskog krša, te daju teorijsku osnovu vezanu uz geologiju, geomorfologiju i hidrogeologiju krša u kojima je bitan naglasak dat na krške oblike, speleogenezu i podzemnu faunu.

Što se tiče pojedinačnih istraživanja vezanih za speleološke objekte, mogu se izdvojiti sljedeći autori: **Garašić (1991)** provodi klasifikaciju istraženih speleoloških objekata na području Hrvatske. On klasificira objekte s obzirom na nagib kanala na špilje, jame i kombinirane ili kompleksne, prema morfologiji ih dijeli na jednostavne, razgranate, koljeničaste, etažne te na sustave. Također, dijeli ih s obzirom na hidrogeološku funkciju na izvor, ponor, vrulje, estavele te protočne objekte. **Lacković (2000)** uz općenit pregled pojava i procesa na kršu posebnu



pažnju pridaje špiljskim sedimentima, pri čemu opisuje nastanak, brzinu rasta te se bavi morfologijom špiljskih sedimenata. **Buzjak (2008)** pomoću metode indeksa rekreacijskog potencijala vrednuje speleološke objekte na području Žumberačke gore. Koristeći geološke, hidrološke, geomorfološke i hidrogeološke podatke nastoji utvrditi stupanj pogodnosti speloloških objekata za turističko korištenje. Od ukupno osamnaest vrednovanih objekata, sedam je ocijenjeno kao pogodno za turističku namjenu.

Što se tiče geomorfoloških istraživanja prostora NP Paklenice, **Bognar i Blazek (1986)** izradili su geomorfološku kartu područja Velika Paklenica u mjerilu 1:25 000 dok **Perica (1998)** u svojoj doktorskoj disertaciji daje sveobuhvatan i detaljan pregled geomorfoloških pojava i procesa na čitavom Velebitu pa tako i za prostor NP Paklenice. Dok **Perica i dr. (2004b)** unutar rezultata istraživanja periglacialnih procesa na Velebitu navode primjere utjecaja nivalnih i kriofrakcijskih procesa na (pre)oblikovanje reljefa unutar NP Paklenice (npr. lavinski koridori oko Vaganskog vrha i SI padina Malovana itd.).

Nadalje, velik broj istraživanja s aspekta različitih područja i polja znanosti obuhvaćen je Pakleničkim Zbornikom 1 i 2. Tako **Perica i Orešić (1995)** daju detaljan i cjelovit pregled klimatskih obilježja Južnog Velebita, ističući njegovu važnost kao orografske barijere na kojoj se klimatski elementi uvelike razlikuju od okolnog prostora, prije svega temperatura i padaline. **Klein i Jovičić (1995)** pomoću satelitskih snimki nastoje provesti morfostrukturnu raščlambu primorske padine Velebita te podijeliti to područje na približno pet jednakih dijelova morfostrukturnog značenja. Takvo istraživanje doprinosi boljem uvidu u etape nastanka i izdizanja Velebitskog hrpta. **Bognar (1995)** geomorfološki obrađuje bazene porječja Velike i Male Paklenice, zajedno sa njihovim pritokama te daje detaljan morfogenetski pregled šireg područja bazena porječja. **Bognar i dr. (1995)** utvrđuju točan geomorfološki položaj i utvrđuju dimenzije, sastav, građu i morfogenezu glaciofluvijalnih plavina na u izvorišnom dijelu bazena porječja vodotoka Velike Paklenice. Tom je prilikom izrađena i geomorfološka karta užeg područja s istaknutim elementima plavine. **Prelogović (1995)** obrađuje strukturne odnose Velebita, te detaljno prikazuje rasjedne zone Velebita, unutarnju seizmičku aktivnost duž rasjednih zona i tektonske pokrete. Ističe postojanje nekoliko sustava rasjeda u okružju kanjona Velike i Male Paklenice. **Malinar (1995)** se bavi problematikom velebitske oledbe, odnosno njene rasprostranjenosti i utjecaja na teren, a orijentirao se na tragove pleistocenske oledbe na području Struga i Buljme, te u radu detaljno razrađuje tu tematiku. Hidrogeološke karakteristike područja NP Paklenice obrađuje **Božičević (1994a)** te ističe kompleksnost slijeda naslaga, što

je posljedica izdizanja, rasjedanja i erozije stijenske mase. Ističe kako su detalji u pojavljivanju ili poniranju vode vezani za stvarne odnose na terenu. **Perica i dr. (1995)** razrađuju egzokrške osobine NP Paklenica osobito škrape i ponikve, pri čemu detaljno opisuju uvjete i pogodnost njihova nastanka te razne oblike u kojima se pojavljuju. Ističu uvjetovanost tipa škrapa ovisno o vrsti podloge te nagibu, dok odrednice za veličinu i gustoću ponikava navode nadmorsku visinu (o kojoj ovise temperatura i količina padalina, a time i intenzitet korozije) te nagiba površina na kojima se pojavljuju. **Božičević (1994b)** piše o značenju speleoloških pojava na području NP Paklenica. Piše o prvim istraživanjima te morfološki opisuje nekoliko špilja u Parku. Također, Božičević ističe okršenost kao uvjet nastanka i razvoja speleoloških objekata. **Posarić (1995a)** daje pregled razvoja turističkog vrednovanja špilje Manita peć, dajući osvrt na rasvjetu u špilji i njen utjecaj na špiljski ekosustav. **Posarić (1995b)** se također osvrnuo i na Modrić špilju kod Rovanjске, nedaleko NP Paklenice, pri čemu, uz opis i povijest istraživanja, daje osvrt na mogući razvoj valorizacije ove špilje, dotičući se formalno-pravnih odrednica, zaštite okoliša te općenito tehničkih zahtjeva i potreba. **Magaš (1995)** daje jasan i cjelovit pregled vrednovanja područja Parka kroz prostorne planove još od Mletačke uprave, te kroz početke zaštite ovog područja i njegovo uvrštavanje u prostorne planove kao prostora kojeg je vrlo važno zaštititi i kao takvog sačuvati. **Perica i dr. (2004a)** u radu „O kamenicama, krškim bunarima i sigama na području NP Paklenica“ daju detaljan pregled uvjeta i procesa za nastanak ovih egzogenih krških pojava, opisuju njihovu rasprostranjenost unutar Parka, te pojavnost u različitim oblicima i veličinama. **Perica i dr. (2004b)** ističu utjecaj snijega i leda na oblikovanje reljefa u NP Paklenica. Radi se višim predjelima Parka, gdje su pogodne temperature za nastanak i dulje zadržavanje leda, a snježne lavine i led u stijenskim pukotinama oblikuju posebne periglacialne i glacijalne strukture. **Kuhta (2004)** daje sveobuhvatan pregled povijesti speleoloških objekata na području NP Paklenice, od prvih posjećivanja i izvještaja o pojedinom objektu, izrađene prve nacрте, kronološki sve do današnjih dana, tj. do objave monografije u kojoj je objavljen rad. Također daje uvid u obradu i arhiviranje podataka o istraženim speleološkim objektima unutar GIS baze podataka. Ističe prednosti inventarizacije i objedinjavanja, što dovodi do trajnog pohranjivanja i lake obrade i analize, ali ističe i probleme u nepotpunosti određenih informacija.

O vodnom bogatstvu Parka prirode Velebit pišu **Perković i dr. (2007)**, opisujući kompleksnu povezanost hidrologije i geologije na različitim dijelovima Velebita. **Velić i Velić (2013)**

izrađuju geološki stup na ulazu u Nacionalni park Paklenica te daju jasan i slikovit pregled unutarne građe tog dijela Velebita.

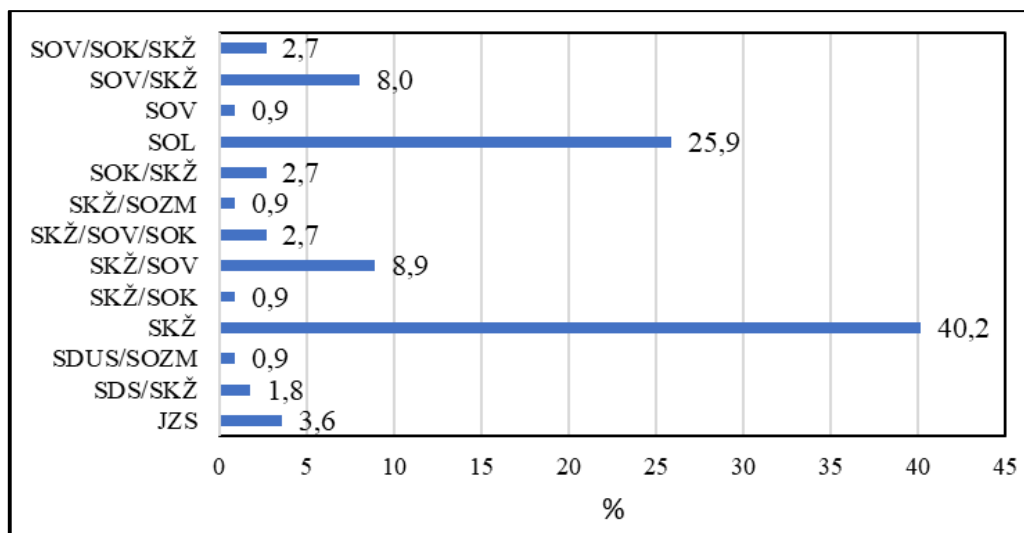
Među arheološkim istraživanjima mogu se izdvojiti istraživanja Martine **Dubolnić Glavan** koja već dugi niz godina provodi arheološka istraživanja na području Općine Starigrad-Paklenica i NP Paklenica (Dubolnić, 2006a, 2006b, 2006c; Dubolnić Glavan, 2007, 2008a, 2008b, 2008c, 2009, 2010a, 2010b, 2010c, 2010e, 2010f, 2016a, 2016b, 2016c, 2018), među kojima brojna uključuju i istraživanje u speleološkim objektima unutar Nacionalnog parka. U većini njih su nađeni tragovi duljeg ili kraćeg boravka čovjeka tijekom prapovijesti. Uglavnom se radi o mnogobrojnim fragmentima keramike i kostiju (uglavnom životinjskih) koja datiraju od eneolitika pa do srednjeg vijeka. Osim toga **Forenbaher i Vranjican (1982)** su proveli arheološko istraživanje pećine u Pazjanicama u kanjonu Velike Paklenice, pri čemu su naišli na prisustvo velikog broja fragmenata kostiju i keramike, što ukazuje na prisustvo čovjeka tijekom eneolitika i brončanog doba na području Paklenice.

O prirodno geografskim značajkama Nacionalnog parka u svom diplomskom radu piše i **Natalija Andačić (2006)** pri čemu razmatra geološku građu i tektoniku, klimatske i hidrološke značajke, reljef, vegetaciju, pedološki pokrov te floru i faunu.

Ne računajući istraživanja i boravak domicilnog stanovništva ili transhumantnih stočara koji su boravili na prostoru NP Paklenice, već razmatrajući istraživanja speleoloških objekata od strane pojedinaca i speleoloških društava, može se ustvrditi da ona započinju 1929. godine istraživanjima Josipa **Poljaka (1929a, 1929b, 1929c)**. Naime, godinu dana ranije pojavio se podatak da je Manita peć duga 10 km, te geolog dr. J. Poljak potaknut time, u sklopu geološkog i morfološkog istraživanja Velebita odlučuje istražiti špilju Manita peć. Izrađuje relativno točan topografski nacrt špilje i iznosi podatak da je njena duljina 184 m. Tako su u jeku prvih istraživanja pakleničkog podzemlja istraženi su i objekti Veli Sklop te pećina Jama Vodarica te Šikljića stan i Marasovića Pećina (**Božičević, 1994b; Kuhta, 2004**). Sustavna istraživanja, i primjena suvremenijih tehnika započinju 1957. god. kada članovi **Speleološkog odsjeka "Velebit iz Zagreba**, kada istražuju špilje u kanjonu Velike Paklenice pri čemu svoj veliki doprinos daje Srećko **Božičević (1957, 1958, 1958b, 1965)**. Pri tom su istražili i precizno nacrtali do tad poznate i istražene objekte te su istražili i četiri nove špilje: Veli Sklop I, Veli Sklop II, Krumpirovu pećinu te Potkapinu Kozica.

Prva istraživanja u vršnoj zoni ovog dijela Velebita proveli su sedamdesetih godina 20.st. članovi **Speleološkog odsjeka HPD "Željezničar" iz Zagreba**. Pri tom su istražili četiri

objekta oko Buljme, dvije jame na području Bojinog kuka te snježnicu nasuprot Babina vrha. Članovi SO Velebit su od 1975. do 1977. god. istražili i Ponor na Bunovcu (Čepelak, 1977, 1980), koji je u to vrijeme bio izvan granica NP Paklenice (Kuhta, 2004). Zadnja istraživanja objekata opisanih u ovom radu provedena su 2018. god. U istraživanjima je do sada sudjelovalo ukupno osam speleoloških odsjeka, odnosno klubova u samostalnim i zajedničkim istraživanjima. Najveći udio u istraženim objektima ima **Speleološki klub "Željezničar"** iz Zagreba, čiji su članovi istražili nešto više od 40% ukupno istraženih objekata u samostalnim istraživanjima te 28,6% objekata u sklopu zajedničkih istraživanja s drugim odsjecima i klubovima. Sljedeći po broju istraženih objekata je **Speleološki odsjek Liburnija iz Zadra**, koji djeluje pod Planinarskim društvom Paklenica. Samostalno su članovi Liburnije istražili gotovo 30% objekata (Slika 2.). Ostali klubovi i odsjeci su: **Speleološki odsjek "Kamenjar"** iz Šibenika, **Speleološki odsjek "Zagreb – Matica"**, **Speleološko društvo "Ursus Speleus"**, **Speleološko društvo "Špiljar"** iz Splita te **KJ Kostanjevica na Krki** iz Slovenije (SO Liburnija, 2008; 2010; 2013). Tijekom 2001. i 2002. godine članovi Speleološkog kluba „Željezničar“ iz Zagreba napravili su sveukupnu inventarizaciju podataka o svim prethodnim speleološkim istraživanjima, provedenim na prostoru Parka (Kuhta i dr., 2002). U ovom istraživanju su svi podaci sakupljeni tijekom godina istraživanja objedinjeni u jednu zajedničku bazu podataka te su usklađeni i pripravljeni za mogućnost zajedničke obrade.



**Slika 2.** Udio istraženih speleoloških objekata unutar NP Paklenica po speleološkim odsjecima i klubovima

## 4. Osnovna fizičko-geografska obilježja istraživanog područja

### 4.1 Geološke značajke

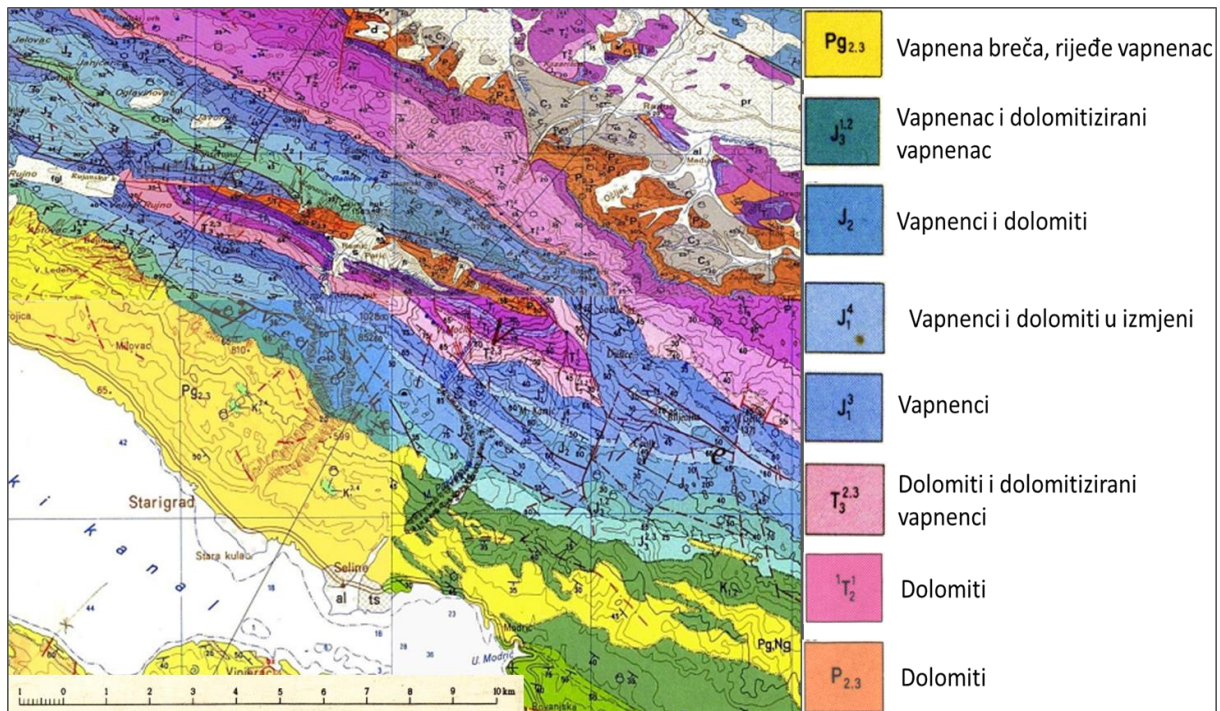
Velebit spada u skupinu vanjskih Dinarida, koji se pružaju uzdužno uz zonu potiskivanja na području Jadranske karbonatne platforme (ACP)<sup>1</sup>. Stoga se u geotektonskom smislu cijelo područje nalazi na JZ rubu strukturne jedinice Dinarik uz njen rasjedni kontakt (Velebitski rasjed) sa strukturnom jedinicom Adrijatik (Prelogović i dr., 2004). Prema Korbaru (2009) vanjski Dinaridi su dio borano-rasjednog pojasa alpske orogeneze. Karakterizira ih antiklinalno boranje naslaga i njihova velika razlomljenost te se u području Južnog Velebita uočavaju pomaci struktura prema JI (Prelogović, 1995). Kronostratigrafski gledano, najstarije stijene u NP Paklenici su dolomiti iz srednjeg i gornjeg perma (Sremac, 2005). To su marinski sedimenti istaloženi u toplim i plitkim morima, u uvjetima sličnima onima koji vladaju danas u područjima uz ekvator. Sačinjavaju jezgru razlomljene antiklinale Velike i Male Paklenice (Perica, 1998). Posljednje istaložene stijene u permu na području Paklenice su klastit, zrnate strukture i žučkaste boje, nazvani još i Prijelazni dolomiti (Salopek, 1952). Nastupanjem mezozoika, odnosno trijasa dolazi do turbulentnijih promjena u taloženju pa se tako u stijenama trijaskе starosti uočavaju izmjene u taloženju što rezultira promjenama iz čistih vapnenaca u slojeve koji sadrže mnogo kalstita. Tako se u trijasu talože diploporni vapnenci, klastične naslage te glavni dolomiti gornjeg trijasa. Vapnenci i dolomiti naizmjenično se talože kroz donju, srednju i gornju juru. Jurski slojevi zauzimaju najveći udio u površinskoj rasprostranjenosti mezozojskih stijena. Na vapnence jurske starosti se nastavljaju vapnenci kredne starosti. Najčešće su to vapnenačke breče, djelomično prekrivene mlađim Jelar naslagama (Perica 1998; Marjanac i dr., 2008; Velić i Velić, 2009). Naime, u paleogenu se talože vapnenačke velebitske breče, poznate i kao Jelar naslage<sup>2</sup>. One pokrivaju veći dio južne

---

<sup>1</sup> Prema mobilističkoj koncepciji razvitka Dinarida područje Istočnog Jadrana nastalo je iz dviju karbonatnih platformi, Adrijatika i Dinarika koje su se nalazile na Jadranskoj ili Apulijskoj mikroploči te međuplatformskog prostora Epiadrijatika (Herak, 1991; 1993), dok je prema Vlahović i dr. (2002) riječ o jednoj jedinstvenoj karbonatnoj platformi (Adrijatik) koja zbog svoje dinamike povremeno ima međuplatformske, odnosno dubokomorske značajke. Njihova je kolizija posljedica tektonskih poremećaja afričke i euroazijske litosferne ploče koja je započela u kenozoiku, poznatija kao alpska orogeneza (Herak 1991;1993, Prelogović, 1995).

<sup>2</sup> Jelar naslage ili prema novijim mišljenima Velebitske breče (Velić i Velić, 2009) su tercijarne karbonatne breče sastavljene od klasta starijih (pretežito jurskih i krednih) karbonatnih stijena (Bahun, 1974).

padine Velebita, a sastavljene su od nesortiranih ulomaka starijih sedimenata čija veličina uvelike varira (Bahun, 1974).



**Slika 3.** Isječak geološke karte šireg područja NP Paklenice (listovi OGK 1:100 000 Gospić L33-127, Udbina L33-129, Zadar L33-139 i Obrovac L33-140) (Sokač i dr., 1967; Šušnjar i dr., 1976; Majcen i Korolija 1973; Ivanović i dr., 1976)

Do nastanka je dovelo značajno izdizanje struktura od srednjeg oligocena do eocena, pri čemu su nastajale značajne mase karbonatnih klastita. Debljina Jelar naslaga nije točno utvrđena, ali se pretpostavlja kako doseže do dubine od 300 m (Perica, 1998). Kvartarne naslage pleistocenske i holocenske starosti nalaze se na mnogim mjestima unutar Parka. Zabilježen je velik broj glacijalnih i glacio-fluvijalnih sedimenata, uglavnom na višim i srednjišnjim djelovima Velebita. Također, česte su aluvijalne, koluvijalne i deluvijalne naslage u Parku (Marjanac i dr. 2008; Perica 1998; Velić i Velić., 2009). Osim glavnog Velebitkog rasjeda, koji se pruža duž čitavog Velebita, na prostoru Male i Velike Paklenice jasno se uočava postojanje nekoliko sustava rasjeda. Uglavnom se radi o reversnim rasjedima sa vergencijom prema JZ, koji se pružaju paralelno s glavnom osi antiklinale (Prelogović, 1995).

## 4.2 Hidrološke značajke

Hidrološki procesi koji se odvijaju na prostoru Parka posljedica su raznih čimbenika među kojima su najvažniji propusnost podloge i tektonska predisponiranost. Tako se ovisno o kontaktu stijena različite propusnosti u određenom djelu Parka pojavljuju tekućice, izvori ili dolazi do poniranja vode u dubinu, gdje se dalje cirkulacija odvija pukotinskim sustavima. Na karbonatima (osobito ako se radi o manjim nagibima) voda najčešće ponire netom nakon kiše ili otapanja snijega, te se pojavljuje na kontaktima propusnih i nepropusnih stijena u vidu većih ili manjih izvora.

Prema Pavičiću (1995.) litostratigrafske se jedinice obzirom na hidrogeološka svojstva može podijeliti u pet grupa: Propusne, djelomično propusne, djelomično nepropusne, nepropusne i stijene naizmjeničnih osobina. Hidrogeološke značajke ovise o propusnosti geoloških slojeva pri čemu dolomiti i vapnenci čine djelomično propusne naslage, a dobro propusne stijene sadrže vapnence, vapnenačke breče te vapnence i dolomite u izmjeni. Osim toga, djelomično nepropusne naslage su i one s udjelom glinovite komponente te se njihova propusnost smanjuje povećanjem glinovite komponente ili prevladavanjem dolomita u sastavu (Sokač i dr., 1976). Vodonepropusne dolomitne naslage permske starosti tvore osnovu za nastanak površinskih tokova Velike i Male Paklenice, Orljače i Brezimenjače (Božičević, 1994a). Tako Brezimenjača i Mala Paklenica izvire u vodonepropusnim permskim naslagama, a Velika Paklenica i Orljača u donjotrijaskim naslagama (Bognar, 1994.). Također, na prostoru Velebita se u određenim jarugama pojavljuju bujični tokovi. Na području Parka, bujični se tokovi pojavljuju uglavnom u dijelovima između 500 i 1 000 m n/v i vodom opskrbljuju potoke Veliku i Malu Paklenicu (Perica, 1998). Iznimka su pojedini kraći bujični tokovi u višim zonama koji završavaju uglavnom poniranjem vode (npr. Ponor na Bunovcu). Njihova aktivnost je vrlo rijetka, odnosno pojavljuju se tek nekoliko puta godišnje za jakih kiša.

Potok Velike Paklenice pretežito je stalan tijekom cijele godine, pri čemu zadnjih nekoliko km od ušća do Anića Luke presuši tijekom sušnog dijela godine. Brezimenjača, Suha draga, Orljača i Mala Paklenica su periodični tokovi, koji u potpunosti presušu u sušnom dijelu godine (Bognar, 1994). Na čitavom području Parka nalazi se samo jedno jezero – Babino jezero u vršnoj zoni, nastalo zapunjavanjem sedimenta na dnu ponikve, tvoreći nepropusnu podlogu zaslužnu za nastanak stalne stajaćice (Lukač i dr.2007). Vode koje se još mogu naći na prostoru Parka su uglavnom u vidu vode stajaćice u brojnim kamenicama, koje se pune kišnicom ili topljenjem snijega, a duljim isparavanjem presušu. Podzemne vode se pojavljuju

u određenom broju speleoloških objekata kao nakapnica (prokapnica) ili u obliku snijega i leda u jamama u višim zonama Parka. Isto tako valja istaknuti kako je najveći broj izvora vezan uz kontakt karbonatnih naslaga velebitske vršne zone s niže pozicioniranim naslagama permske starosti (Božičević, 1994a).

### **4.3 Klimatske značajke**

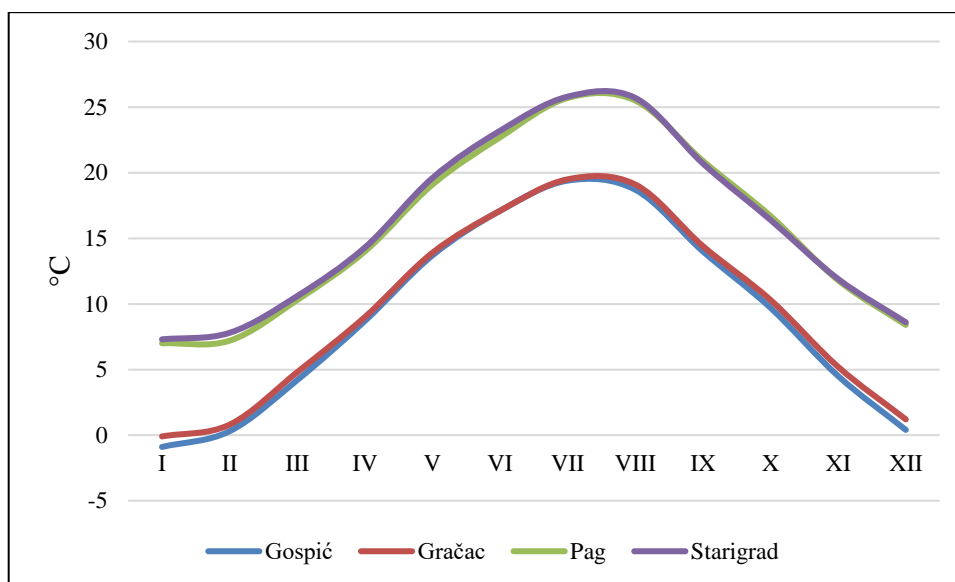
Velebit je granična planina između dviju različitih površina, mora s jedne strane te kopna s druge. Sukladno tome, predstavlja granicu između zračnih masa koje često imaju različitu temperaturu, udio vlage i druge elemente. Te zračne mase se sudaraju tek pri prelasku velebitskog masiva i zbog toga dolazi do nastanka specifičnih vremenskih uvjeta, te se to odražava i na posebnu klimu (Penzar i Penzar, 1994). Prema Köppenovoj klasifikaciji klime, najniži dijelovi Parka, netom udaljeni od mora su unutar umjereno tople vlažne klime s vrućim ljetima (Cfa). Veći dio Parka ima toplu vlažnu klimu s toplim ljetima (Cfb), dok najviši vrhovi imaju Borealnu klimu (Df) (Šegota i Filipčić, 2003).

U analizi klimatskih značajki korišteni su podatci Državnog hidrometeorološkog zavoda za razdoblje od 1981. do 2011. godine za najbliže meteorološke postaje: Starigrad Paklenica Gospić, Gračac i Pag. Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ, 2017) za meteorološku postaju Starigrad Paklenica u razdoblju od 1981. do 2011. bilo je prosječno godišnje 139 vedrih dana i 75,4 oblačna dana, tj. dana kada je srednja dnevna naoblaka veća od 8.0. Broj oblačnih dana raste kako se nadmorska visina povećava, zbog orografskog utjecaja. Na klimatološkoj postaji Pag zabilježeno je prosječno trajanje sijanja sunca 2 401 sat godišnje (DHMZ, 2017), no u slučaju viših dijelova Paklenice treba uzeti u obzir orografsku naoblaku koja uvelike smanjuje broj sunčanih sati. Nagib padine također utječe na količinu primljene sunčeve radijacije. Na padine nagiba do 30° sunčeve zrake gotovo okomito padaju ljeti, dok na padine nagiba do 60° okomito padaju zimi. Ekspoziranost padina na osunčanost utječe tako što su padine ekspozirane istočno i južno najdulje osunčane, dok su padine zapadno ekspozirane kraće izložene sunčevom zračenju. Padine sjeverne ekspoziranosti i zaravnjeni tereni su najmanje osunčani (Penzar i Penzar, 1994).

Srednja temperatura zraka u najhladnijem mjesecu, siječnju, u razdoblju 1981. - 2011. za postaju Starigrad je -2,3°C, u Pagu je 7°C, Gospiću -0,9°C, a u Gračacu -0,1°C. Srednja temperatura najtoplijeg mjeseca (kolovoz) za postaju Starigrad iznosi 25,9°C, za Pag 25,7°C,



Gračac 19,5°C te za postaju Gospić 19,4°C. (Slika 4.) (DHMZ, 2017). U temperaturi se uvelike ogleda maritimni utjecaj, osobito na minimalnim temperaturama. Međutim, maritimnost slabi pri povećavanju nadmorske visine i udaljavanju od obale, čemu svjedoči i promjena u vegetaciji unutar NP Paklenice. Za najviše vrhove Parka za usporedbu se mogu koristiti i mjerenja s meteorološke postaje Zavižan, ali se moraju pretpostaviti određene razlike zbog razlika u morfologiji Južnog i Sjevernog Velebita. Tako je na Zavižanu najhladniji mjesec veljača s -4°C dok je najtopliji srpanj s 12,1°C (Perica i Orešić, 1999)<sup>3</sup>. Zbog pojave većeg broja hladnih i ledenih dana, na Velebitu dolazi do posebnog oblikovanja reljefa, pri dnevnom odmrzavanju i noćnom smrzavanju vode u stijenskim pukotinama. Time se u vršnim dijelovima Velebita oblikuje periglacialni reljef (Perica i dr., 2010).

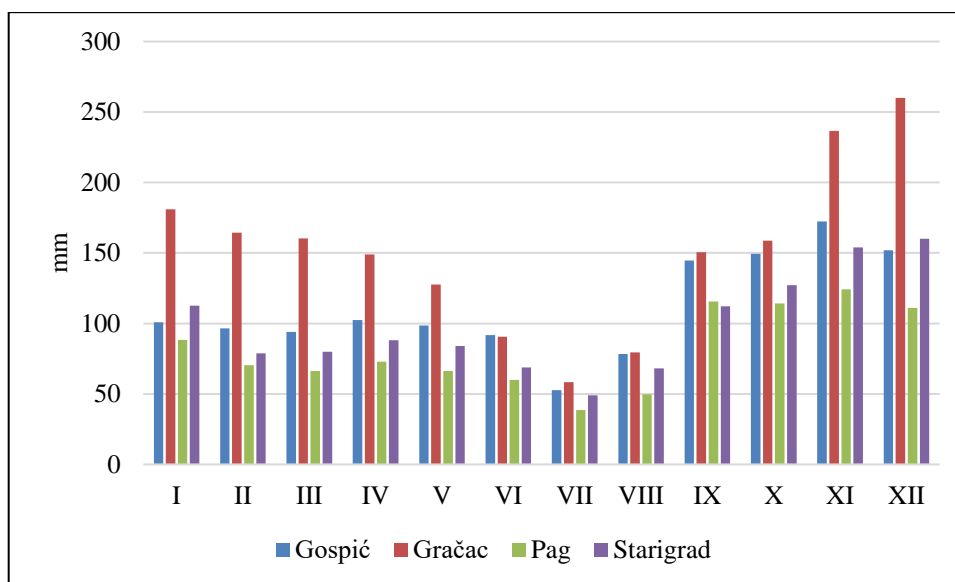


**Slika 4.** Prosječne temperature zraka po mjesecima za razdoblje od 1981. do 2010. za klimatološke postaje Gospić, Gračac, Pag i Starigrad (DHMZ, 2017)

Prosječna mjesečna količina oborina za postaju Starigrad za tridesetogodišnje razdoblje iznosi oko 100 mm, dok je prosječna godišnja količina 1 183 mm. Na mjernoj postaji Gospić prosječna mjesečna količina oborinaje 110 mm, a godišnja 1 333 mm. Gračac je postaja s

<sup>3</sup> Ipak treba naglasiti kako se ne radi o istom vremenskom razdoblju, odnosno podatci za sjeverni Velebit odnose se za razdoblje 1961.-1991.

najvećim količinama oborina, i to 150 mm mjesečno, te 1 817 mm godišnje, dok za Pag prosječna mjesečna količina oborina iznosi oko 80 mm mjesečno, a prosječna godišnja količina oborina je 977 mm. Prosječna količina oborina za sve četiri postaje najmanja je u ljetnim, a najveća u zimskim mjesecima (DHMZ, 2017; Perica i dr., 1999). Oborine variraju kao i ostali klimatski elementi, ovisno o nadmorskoj visini. Velebit, kao orografska barijera sprječava vlažne zračne mase koji dolaze na prostor Hrvatske preko Jadranskog mora, što rezultira povećanom količinom oborina na njegovim najvišim dijelovima (Perica i Orešić, 1995). Ipak, najniži dijelovi Parka prime godišnje tek oko 1 200 mm oborina. Najveća količina oborina padne na ujedno i najvišem djelu Velebita, a to je prostor od Vaganskog vrha do Svetog Brda (Perica i Orešić, 1995, 1999.).

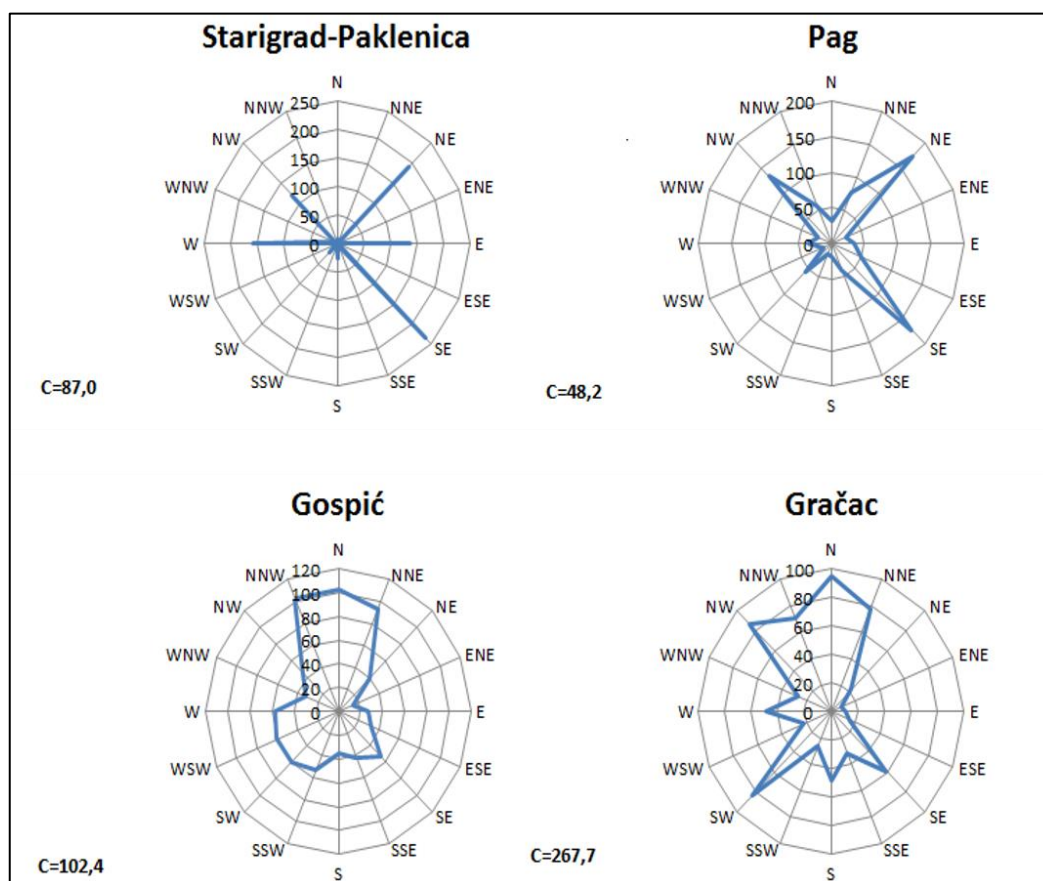


**Slika 5.** Prosječne količine oborina po mjesecima za razdoblje 1981. – 2010. za klimatološke postaje Gospić, Gračac, Pag i Starigrad (DHMZ, 2017)

Srednja godišnja relativna vlažnost za razdoblje od 1981. do 2010. za Starigrad iznosi 78%. Najniža srednja mjesečna vlažnost je u srpnju, kada iznosi 70%, dok je najviša srednja mjesečna u studenom i prosincu s 84% vlage (DHMZ, 2017). To je posljedica ciklonalnih sustava koji su rijetki u ljetnom dijelu godine, te snažnom zagrijavanju karbonatne podloge u tim mjesecima što uvelike pojačava isparavanje. Naravno, za pretpostaviti je da su rezultati za više dijelovi Parka drukčiji, zbog nadmorske visine i kontakta zračnih masa s primorske i kontinentalne strane. Tako se može iz primjera mjerenja sa Baških Oštarija i Zavižana vidjeti

kako su tamo vrijednosti relativne vlage veće što je posljedica orografske naoblake koja se stvara pri gotovo svakom puhanju juga i posebno bure (Perica, 1998).

Od vjetrova koji pušu na području NP Paklenica najznačajniji su bura, koja na ovom dijelu Velebita puše iz sjeveroistočnog smjera, te jugo iz jugoistočnog smjera (Slika 6.). Bura je najznačajniji vjetar na ovom području, a posljedica je nagomilavanja hladnog kontinentalnog zraka kojemu Velebit predstavlja prepreku. Prelaskom preko Velebita, bura se obrušava te puše na mahove ili refule. Ona dvojako utječe na vlagu. Na vrhovima se zbog nastanka magle dodatno stvaraju oborine, dok se pri spuštanju niz strme padine Velebita taj hladni i suhi zrak dodatno zagrijava i pojačava isparavanje (Lukšić, 1957). Jugo, koje je posljedica ciklonalnih poremećaja, donosi vlagu i oborine čitavom području Parka. Ipak zbog orografskog utjecaja najviše oborina je na najvišim dijelovima Velebita. Od vjetrova su još značajni zapadnjak i maestral, istočnjak, a česte su i tišine (Slika 6.) (DHMZ, 2017).



**Slika 6.** Relativne čestine vjetra po smjerovima izražene u promilima (‰) za klimatološke postaje Starigrad, Pag, Gospić i Gračac za razdoblje 1981. – 2011. (DHMZ, 2017)

#### 4.4 Geomorfološke značajke

Prema geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar, 2001), područje istraživanja spada u megageomorfološku regiju 2. *Dinarski gorski sustav*, makrogeomorfološku regiju 2.1. *Gorska Hrvatska* i mezogeomorfološku regiju 2.1.7. *Gorski hrbat-masiv Velebit*. Sljedeće jedinice geomorfološke regionalizacije Hrvatske su subgeomorfološke regije, pa se tako područje istraživanja nalazi u centralnom djelu subgeomorfološke regije 2.1.7.5. *Gorski hrbat Južni Velebit*.

Bogatstvo različitih oblika posljedica je intenzivnog djelovanja endogenih i egzogenih sila. Posljedica takvih djelovanja je postojanje nekoliko tipova egzoreljefa na području Parka: fluviodenudacijski, krški, fluviokrški, glacijalni, fluvioglacijalni i periglacijalni reljef (Saletto, 1995).

Današnji izgled reljefa Velebita pa tako i NP Paklenice rezultat je klimatskih prilika zadnjeg ledenog doba, kada su prije oko 23 000 – 18 000 godina temperature bile niže za oko 12°C, a količina oborina manja za približno 30% (Perica, 2001). To je stvorilo uvjete za nakupljanje i zadržavanje snijega i leda u višim dijelovima Parka. Nagomilani snijeg se zbijao i kretao iz viših u niže dijelove, osobito po padinama ponikava, uvala i prijevoja (Malinar, 1995). Najveći ledenjak se kretao kroz uvalu Javornik te u njenom sjeverozapadnom dijelu skretao ka jugu niz Ribnička vrata, spuštajući se na zaravan Rujno. Na čelu ledenjaka se akumulirao materijal nošen ledom i vodom koja se iz njega topila te je nastala čeona morena, kojom je naposljetku Rujno podijeljeno na istočno Veliko i zapadno Malo Rujno (Malinar, 1995, Perica i Lukač, 2001). Voda sočnica, koja se topi iz ledenjaka na korbantnim podlogama, povećava intenzitet korozije te tako pospješuje speleogenezu. (Ford i Williams, 2013.).

Led koji se spuštao ka moru i poljima u nižim dijelovima, zajedno s otopljenom vodom nosio je morenski materijal (til), koji se uglavnom sastoji od izmiješanih većih i manjih fragmenata stijena, zajedno s većim stjenskim blokovima (Perica, 2001). S obzirom na litološku podlogu pogodnu okršavanju (prevlast karbonatnih stijena; vapnenaca i breča), te hidrološka obilježja, (velika količina oborina) ne čudi da su se na prostoru NP Paklenice razvili brojnih krški oblici. Uz endogene reljefne oblike koji su tema ovog diplomskog rada, na prostoru Parka vrlo su specifični egzogeni oblici kao što su kanjoni, kukovi, kamenice, škrape, pukotine i špilje. Na pojedinim dijelovima Nacionalnog parka oblikovan je tzv. ljuti krš koji se ističe u području Bojinca, Vidakovog kuka i na platou između kanjona V. i M. Paklenice (Lukač i dr., 2007).

## **Kanjoni**

Kanjoni Velike i Male Paklenice su najupečatljiviji fluviodenudacijski geomorfološki oblici Parka.

Strme litice kanjona na mjestima su visoke i preko 400 m (Anića kuk), a posljedica su korozijskog i erozijskog djelovanja bujičnih tokova koji otječu prema moru (Bognar 1994, Perica i Lukač, 2001). Potoci Velika i Mala Paklenica, koji su u gornjim dijelovima stalne tekućice, a do mora dolaze samo u razdoblju od studenog do svibnja, jedine su stalne tekućice na primorskoj padini Velebita. Ova dva toka nastala su na vodonepropusnim pješčenjacima i dolomitima permske i trijaskke starosti te prvih nekoliko km po njima teku, dok dalje nailaze na stijene jurske i kredske starosti. Velika Paklenica izvire podno Ivinih Vodica (1 205 m n/v), te je do mora ukupno duga 14 km (Bognar, 1995). Prvih 5 km od izvorišta dolina Velike Paklenice prati rasjed paralelan hrptu Velebita. Nakon toga, na mjestu gdje se nalazi Planinarski dom Paklenica, potok skreće prema jugu i dalje otječe prema moru okomito sjekujući padinu Velebita. Na tom mjestu spaja se sa pritokom Bezimenjačom, dugom 3 km. Dalje dolina ima oblik kanjona s izmjenom strmijih suženja i većih dolinskih proširenja, sa izmjenom blažeg otjecanja na zaravnjenim dijelovima poput Anića luke, te strmih prijelaza preko urušenih kamenih blokova, posebno ispod Anića kuka. Naposlijetku se, približavanjem moru dolina širi i poprima asimetričan oblik, a na samom kraju završava prostranom šljunčanom plavinom (Bognar, 1994).

Mala Paklenica kraća je svega 1,5 km, a izvire na 1 100 m, kao i pritoka Orljača, podno Svetog Brda i Babinog vrha. Kanjon Male Paklenice također ima V oblik, a njegove strane dosežu visinu 300 m, ali je znatno už i neprohodniji od kanjona Velike Paklenice. Na ušću je prostrana plavina akumuliranog pijeska i šljunka (Bognar, 1995).

## **Kukovi**

Među upečatljivijim geomorfološkim oblicima svakako su i kukovi, a nastali su kao posljedica različite otpornosti vapnenca i dolomita na mehaničko trošenje stijena, gdje je vapnenac otporniji te ostaje istaknut u odnosu na erodiranu okolinu. Među poznatijima su Bojin kuk, Anića kuk, Crljeni kuk i dr. (Lukač i dr., 2007). Osim kukova, prisutni su i mnogi tornjevi, prozori i kameni mostovi, a njihova pojava česta je na širem području Bojinca (Slika 7).



**Slika 7.** Kukovi na prostoru Bojinca s Jaginim kukom u prvom planu

### **Ponikve**

Ponikve su česta pojava na primorskoj padini Velebita te u vršnoj zoni. Pojavljuju se na zaravnjenijim dijelovima, ponekad izdvojene, ali češće grupirane u više njih, jedna do druge. Najčešće su na padinama nagiba do  $12^\circ$  zbog smanjenog površinskog otjecanja. Na nižim i središnjim dijelovima su pliće, tanjuraste, s tlom na njihovu dnu koje je često u prošlosti bilo agrarno vrednovano (Perica i dr., 1995). Povećavanjem nadmorske visine, ponikve postaju sve veće i dublje i ljevkastog su oblika. Za vrijeme oledbe su imale ulogu cirkova, te je led intenzivno mehanički djelovao na njihove padine. Njihova dna su često ispunjena preoblikovanim materijalom iz morena. Zbog akumuliranog finog materijala na dnu i veće količine oborina koje vršna zona primi tijekom godine, u nekim se ponikvama pojavljuju periodična i stalna jezera (Perica i dr., 1995). Primjer je Babino jezero u blizini Vaganskog vrha (Slika 8).



**Slika 8.** Babino jezero u vršnoj zoni NP Paklenica

### **Kamenice**

Na području Parka česta je pojava i kamenica. Posljedica su korozijskog djelovanja na zaravnjenim dijelovima stijena i pojavljuju se u različitim stadijima i oblicima. Veličinom variraju od nekoliko centimetara pa do nekoliko metara. Dubine su obično nekoliko centimetara (Slika 9). Na području Bojinca, oblikovane su kamenice od kojih je najveća “Jezerce” nedaleko Jaginog kuka u kojoj se može pratiti razvoj kamenica kroz tri faze njihovog nastanka (Perica i dr., 2004b).



**Slika 9.** Kamenica na prostoru Bojinca

### **Škrape**

Škrape su najbrojniji egzokrški oblici, pojavljuju se diljem Parka, u svim formama i fazama razvoja. Posebno se veličinom ističu one nastale na kukovima, gdje njihova dužina doseže i nekoliko desetaka metara, a dubina i širina gotovo metar. Njihove duboke kanale dijele ponekad vrlo oštri bridovi. Škrape su rezultat djelovanja atmosferske vode, koja u sebi sadrži otopljen  $\text{CO}_2$  (Perica i dr., 2004).

### **Žlibe**

Ovaj oblik krškog reljefa pojavljuje se na prevjesnim dijelovima stijena i posljedica je djelovanja vode koja u sebi nosi otopljeni  $\text{CO}_2$ , najčešće biljnog podrijetla (Perica i dr., 2004b). Poznate su i kao zidne škrape, ili ako se pojavljuju pojedinačno onda se radi o brazdama humusne vode. Ponekad na mjestima spajanja više žliba nastaju udubljenja duboka i po



nekoliko metara. To su krški ili škrapski bunari, a zbog akumulacije finog materijala (rezidijuma) na njihovom dnu, često se zadržava voda koja je u prošlosti korištena za vodoopskrbu (Perica i dr., 2004).

Na manjim nagibima ( $30^\circ$  do  $50^\circ$ ) česta su pojava zdjeličaste škrape. Radi se o nizu manjih kamenica promjera svega nekoliko centimetara koje su spojene malim rebrastim škrapama. Na još manjim nagibima pojavljuju se mrežaste škrape, a njihovoj pojavi pogoduje površinska raspucanost stijena. Vrlo rijetka pojava su mrežaste škrape poznate kao "sige" ili "šupljikavi kamen". Radi se o škrapama koje su nastale kombiniranom korozijom atmosferske vode, soliflukcijom i biokorozijom, a pojavljuju se na brečama glaciofluvijalne plavine u Velikoj Paklenici (Perica i dr., 2004).

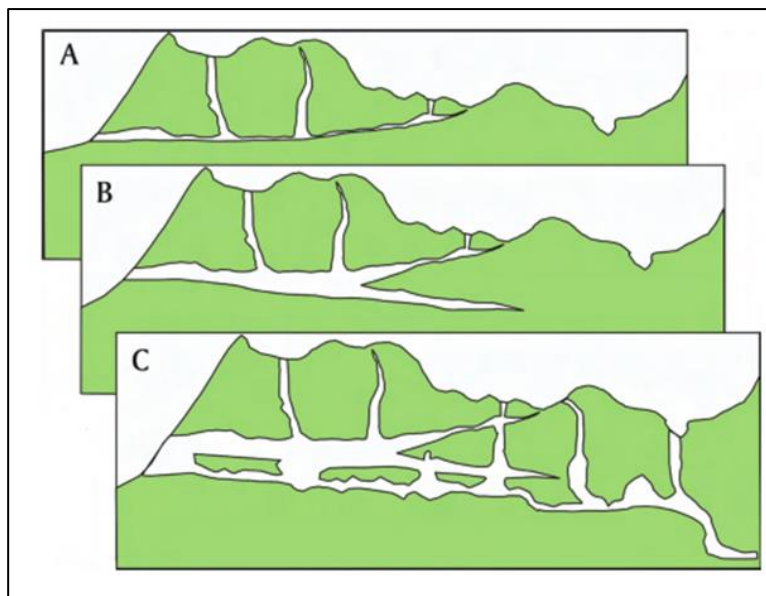
## 5. Osnovne značajke speleoloških objekata u NP Paklenica

### 5.1 Speleogeneza

Speleološki objekti, koji su objekt proučavanja ovog rada, rezultat su korozijskog i erozijskog djelovanja vode na razlomljenu karbonatnu podlogu, kroz proces koji se naziva speleogeneza (Ford i Williams, 2013; Bočić i Mišur, 2017). Litostratigrafske značajke karbonatne podloge, tektonska predisponiranost te povoljni klimatski i hidrološki uvjeti doveli su do nastanka velikog broja speleoloških objekata na prostoru RH. Pretpostavlja se da je na prostoru Hrvatske istraženo oko 10 000 speleoloških objekata (Surić i dr., 2010), dok se brojni novi speleološki objekti istražuju svake godine, kao rezultat rada mnogobrojnih speleoloških društava i klubova.

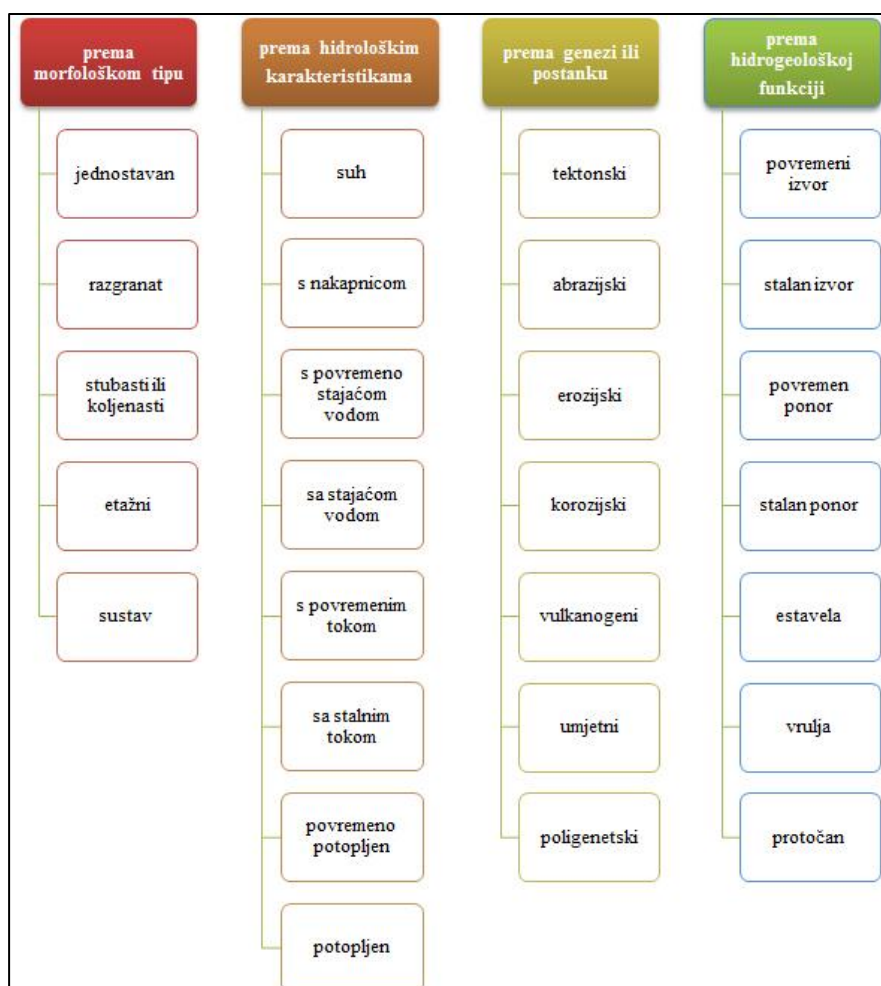
Speleogeneza obuhvaća mnoge procese koji utječu na razvoj i oblikovanje speleološkog objekta, zbog čega se speleološki objekti mogu svrstati među najkompleksnije reljefne oblike (Ford i Williams, 2013). Dinamika razvoja i konačni oblik pojedinog objekta ovisi o geološkim, geomorfološkim, pedološkim, klimatski i hidrološkim značajkama i procesima. Najvažniju ulogu imaju litološka i tektonska predisponiranost podloge (Ford i Williams, 2007). prema nastanku, speleološki objekti se mogu podijeliti na *sinspeleološke* i *epispeleološke objekte*. *Sinspeleološki* objekti su oni koji nastaju zajedno sa podlogom u kojoj se nalaze, a takvi objekti su u kršu vrlo rijetki, vezani su uglavnom uz sedru. *Epispeleološki* objekti su oni koji nastaju u već formiranoj stijenskoj masi, a toj skupini pripadaju speleološki objekti u NP Paklenici. Proces speleogeneze se može podijeliti na tri faze: inicijalna ili početna, glavna ili zrela te završna ili kasna faza (Garašić, 1995; Kuhta, 2000) (Slika 10). U *inicijalnoj fazi* se voda, sa otopljenim ugljičnim dioksidom, kreće duž pukotina korodirajući stijene i šireći kanale, stvarajući uvjete za protok sve veće količine vode (Garašić, 1995). Stvaranjem većih podzemnih šupljina i pojavom vodenog toka duž pukotina nastupila je glavna ili zrela faza speleogeneze. U toj fazi izrazitije je erozijsko djelovanje vode tekućice na stijene te dolazi do razvoja većih podzemnih šupljina. Primjer objekta u ovoj fazi bio bi Ponor na Bunovcu. U trećoj, završnoj ili kasnoj fazi opada i nestaje aktivnost tokova, ujedno prestaje širenje volumena speleoloških objekata, već dolazi do njihova smanjivanja i to akumulacijom  $\text{CaCO}_3$  u raznim oblicima i formama speleotema (Ford i Williams, 2013). Ovom tipu pripada špilja Manita peć. Prema hidrodinamičkim zonama speleološke objekte možemo podijeliti na vadozne (objekte u nezasićenoj zoni), te freatske (objekte u zasićenoj zoni). Kako se u objektima u vadoznoj zoni

voda ne zadržava stalno, dolazi do izlučivanja kalcita iz vode prokapsnice te do nastajanja špiljskih ukrasa i zapunjavanja objekata (*glavna ili zrela i završna ili kasna* faza speleogeneze). Objekti u freatskoj zoni su uglavnom stalno potopljeni te je aktivna korozija, te u jačoj mjeri erozija, potpomognuta nošenim sedimentom (*početna* faza speleogeneze) (Garašić, 1995; Kuhta, 2000).



**Slika 10.** Proces nastanka speleoloških objekata (Bonacci i dr., 2008)

O raznolikosti i kompleksnosti speleoloških objekata svjedoče brojni, različiti načini klasifikacije ovih morfoloških oblika. U Hrvatskoj je opće prihvaćena osnovna morfološka podjela speleoloških objekata obzirom na nagib kanala. Najučestalija podjela speleoloških objekata u obzir uzima prosječni nagib kanala objekta, pri čemu se *špiljama* smatraju oni speleološki objekti čiji je prosječni nagib kanala manji od  $45^\circ$ , a *jamama* oni objekti kod kojih je prosječni nagib kanala veći od  $45^\circ$  (Kuhta, 2000; Bočić i Mišur, 2017). Speleološke objekte se također može podijeliti prema njihovim morfološkim značajkama (npr. dubini, duljini, broju ulaza, itd.). Prema ukupnoj duljini kanala, speleološki objekti se dijele na male ( $< 50$  m), srednje (50 – 500 m), velike (500 - 5 000 m) i izuzetno velike speleološke objekte ( $> 5 000$  m) (Bögli, 1980). Postoje i podjele speleoloških objekata s obzirom na genezu, morfologiju, hidrologiju i hidrogeološku funkciju koje su detaljno objašnjene u Tumaču zapisnika speleoloških istraživanja (Čepelak i Garašić, 1982) (Slika 11).



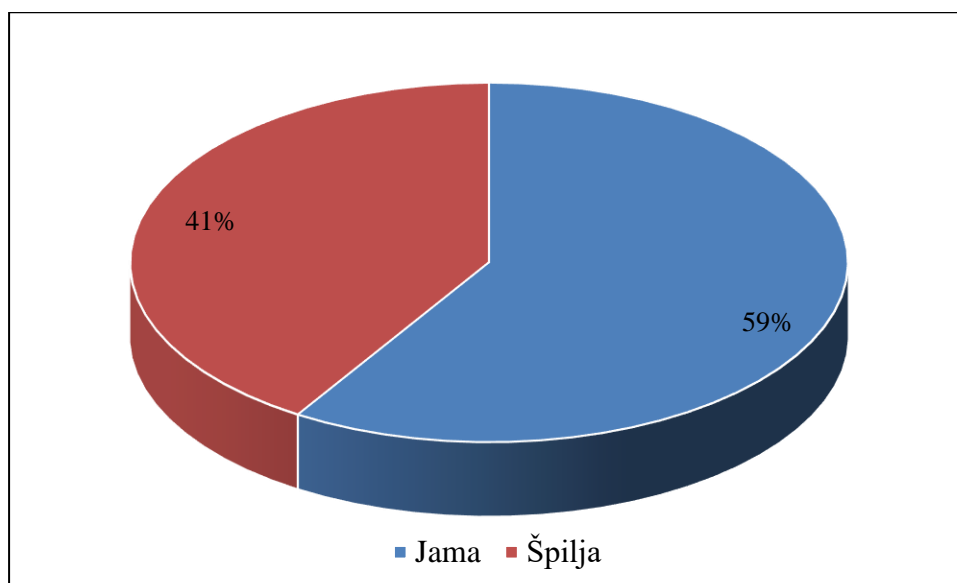
**Slika 11.** Podjela speleoloških objekata s obzirom na morfologiju, hidrološke karakteristike, genezu i hidrogeološku funkciju (prema Čepelak i Garašić, 1982; preuzeto iz Lončar, 2012)

## 5.2 Analiza morfoloških značajki speleoloških objekata

Prema definiciji Međunarodne speleološke organizacije (UIS – *Union International de Speleologie*), špilje su podzemni objekti dulji od 10 m, a jame oni objekti dublji od 5 m. Unutar Nacionalnog parka Paklenica, tijekom speleoloških istraživanja utvrđeno je ukupno 112 objekata različitih morfoloških karakteristika, a pojavljuju se od malih jednostavnih špilja u najnižim dijelovima Parka pa do dubokih jama u najvišim zonama. Za mnoge objekte, poput špilja u kanjonu Velike Paklenice, zna se još od samih početaka čovjekova boravka na tom prostoru. Dokaz u prilog tome su tragovi boravka ljudi i stoke u takvim objektima, gdje su one služile kao sklonište na dulji ili kraći period (Dubolnić, 2006). No, isto tako veliki je broj objekata otkriven i/ili istražen tek unatrag nekoliko godina. Uglavnom, radi se o jamama koje se nalaze u teško pristupačnim dijelovima Parka, u ponikvama i vršnoj zoni Velebita, gdje je

veća vertikalna raščlanjenost reljefa. Ne isključuje se mogućnost da se za te objekte u određenom periodu i znalo, samo se zbog nerazvijenosti speleoloških tehnika i nemogućnosti istraživanja nije zabilježila njihova lokacija.

Od ukupno 112 istraženih speleoloških objekata unutar NP Paklenica, 41 % objekata su špilje, dok je 59 % objekata jame (Slika 12). Ova kategorizacija određena je na temelju prosječnog nagiba glavnog kanala, pri čemu su špilje objekti čiji je kanal prosječnog nagiba manjeg od 45°, a jame objekti kod kojih je nagib veći od 45° (Ford i Williams, 2013). Prevlast jamskih u odnosu na špiljske objekte odgovara stanju na prostoru jadranskog krškog pojasa (Garašić, 1995), iako je na prostoru Paklenice ta razlika manja. Važno je istaknuti da bi odnos špilja i jama u stvarnosti mogao biti drugačiji kada bi svi objekti bili istraženi i obrađeni. Za pretpostaviti je da neotkrivenih i neistraženih objekata ima na području vršne zone, koja je najudaljenija od ulaza u Park i na kojoj, zbog teže pristupačnosti i manjeg broja staza boravi najmanje posjetitelja Parka te je provedeno najmanje speleoloških istraživanja<sup>4</sup>. Također, može se pretpostaviti njihovo postojanje i u nižim dijelovima Parka, međutim, lokalno stanovništvo je tajilo njihove lokacije jer su ih koristili kao skloništa.



**Slika 12.** Udio speleoloških objekata prema tipu

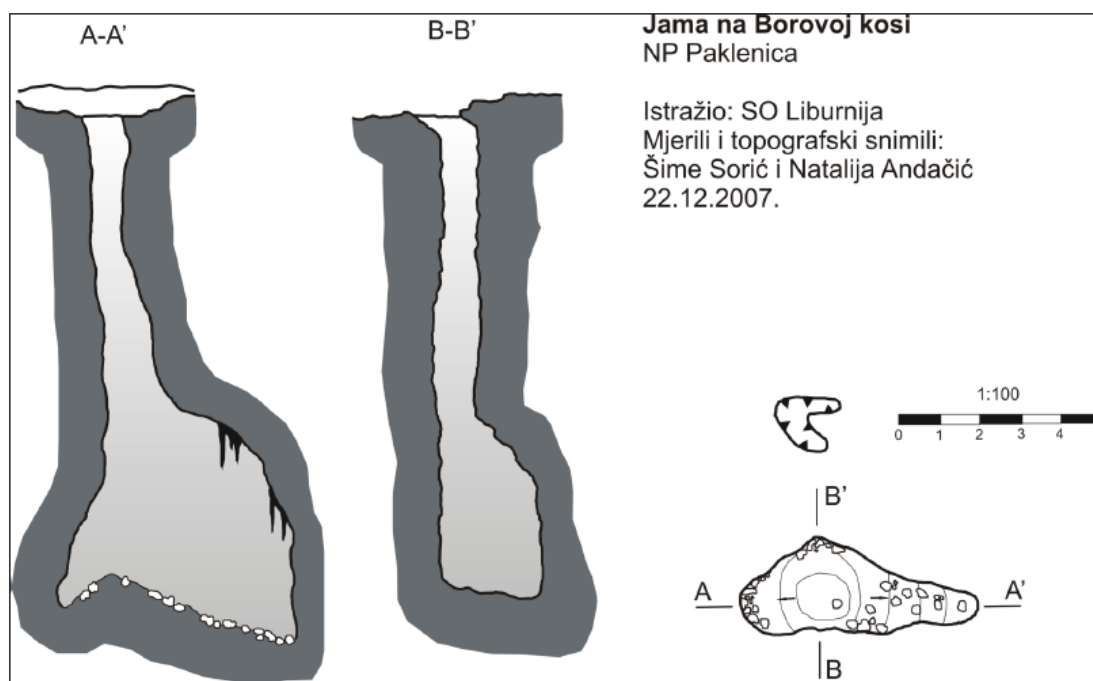
---

<sup>4</sup> Ova se pretpostavka razmatra u poglavlju 6.

Analizirajući veličinu objekata u Parku, jasno se uočava kako većina istraženih speleoloških objekata (73 %) spada u kategoriju malih objekata (do 50 m). Ovakve objekte uglavnom obilježava jednostavna morfologija kanala, jer se najčešće sastoje od samo jednog kanala. Osim manjih objekata, unutar Parka se nalazi 26 % objekata srednje veličine, te 1% velikih objekata dok vrlo veliki speleološki objekti nisu prisutni unutar Parka. Uzimajući u obzir dubinu speleoloških objekata, unutar Parka prevladavaju plići objekti, dubine do 50 m (79 %), te objekti dubine od 50 do 100 m (15 %). Tek 5 istraženih objekata (*Ponor na Bunovcu*, *Jama pod Počiteljskim vrhom*, *Jama lijepih fosila*, *Kaverna u Crljenom kuku* te *Jama u Zubu Buljme*) ima dubinu preko 100 m, pri čemu je dubina *Ponoran na Bunovcu* veća od 500 m.

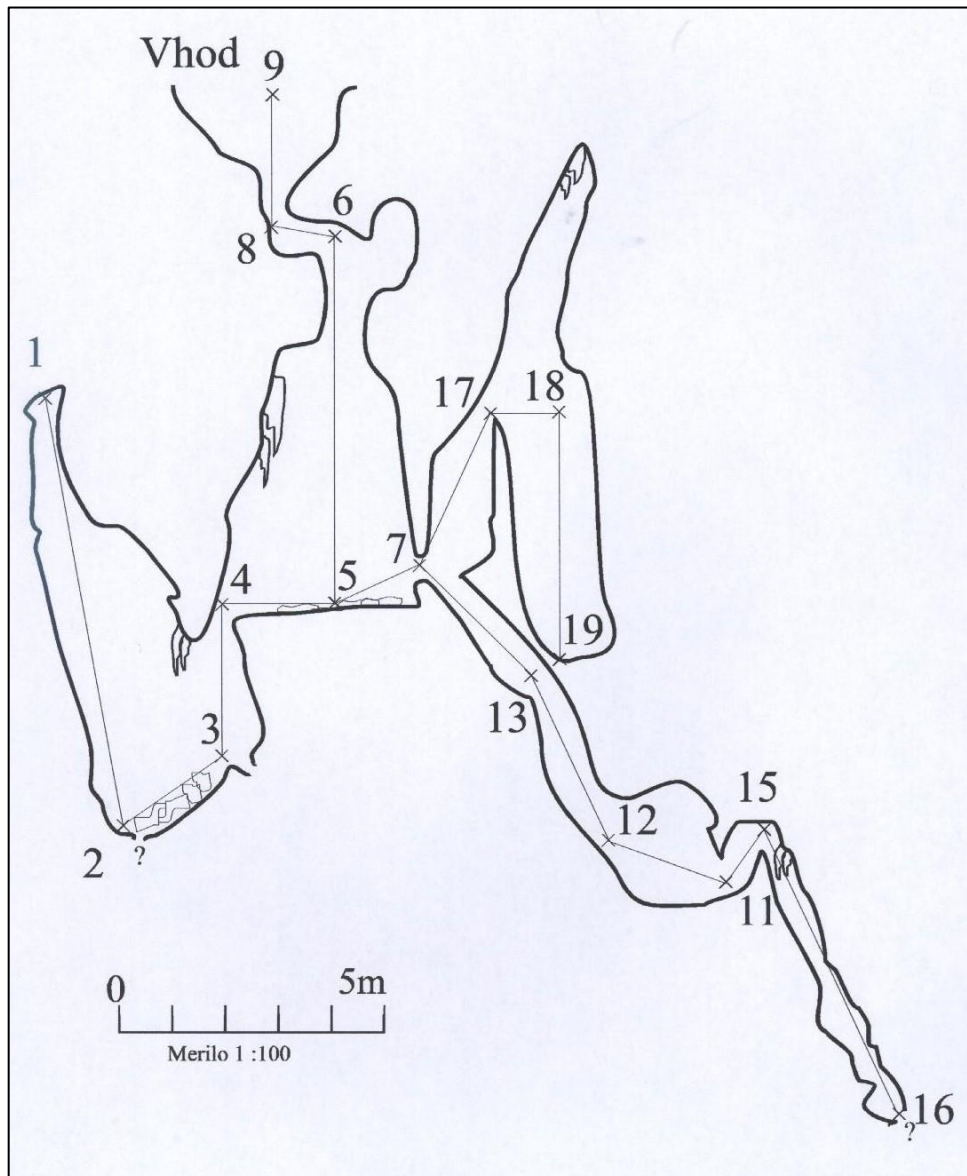
Osnovna morfološka klasifikacija dijeli speleološke objekte prema morfologiji, odnosno izgledu kanala na: *jednostavne*, *razgranate*, *koljeničaste (stubaste)*, *etažne* te na *jamske* ili *špiljske sustave* (Bočić i Mišur, 2017)

Prema morfologiji i rasporedu kanala, najviše objekata u Parku je jednostavnog tipa, njih čak 52% (Slika 15.). To znači da se sastoje od samo jednog kanala, neovisno o njegovom nagibu i ukupnoj duljini, odnosno dubini. Ovakav udio uvelike odstupa u odnosu na udio jednostavnih speleoloških objekata na čitavom prostoru krša u Republici Hrvatskoj, koji prema Garašiću (1991.) iznosi oko 20%. Od toga je 48% vertikalnih, a 52% horizontalnih objekata.



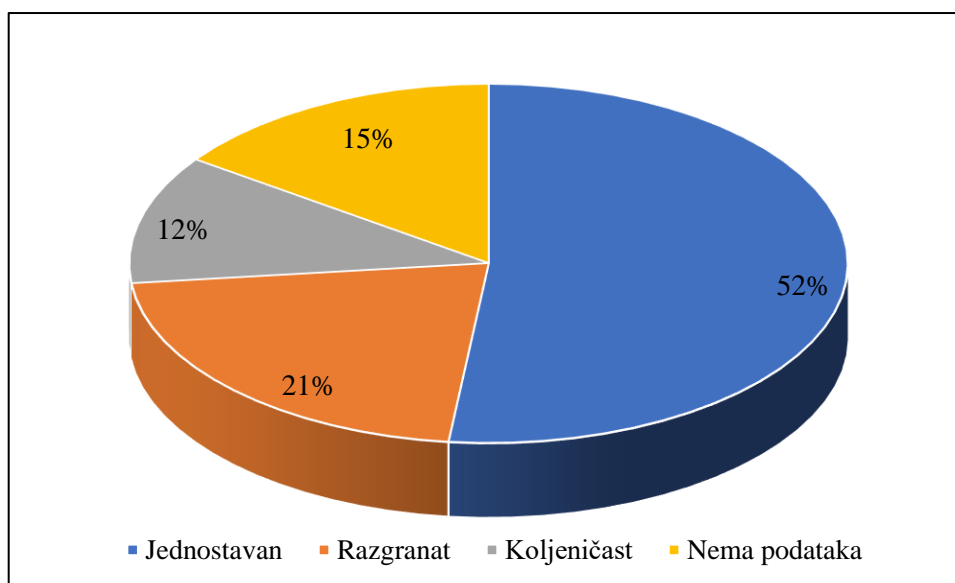
**Slika 13.** Speleološki nacrt Jame na Borovoj kosi u NP Paklenica, primjer jednostavnog tipa speleološkog objekta (SO „Liburnija“ PD „Paklenica“, 2008)

Ukoliko speleološki objekt ima barem dva kanala, riječ je o *razgranatom tipu* speleološkog objekta (Slika 14.), a nastaju na sjecištima više pukotinskih sustava (Garašić, 1986.). Ovdje također nije uvjetovano jesu li kanali vertikalno ili horizontalno položeni, niti kolika je njihova ukupna duljina, ipak češći su vertikalni objekti sa ovakvom morfologijom i to 41% horizontalni te 59% vertikalni objekti. U NP Paklenici je 21% objekata ovoga tipa, što je slično situaciji na čitavom području krša Hrvatske, gdje je oko 30% objekata razgranatog tipa (Garašić, 1991). Razgranati objekti najčešće imaju dva do tri kanala.



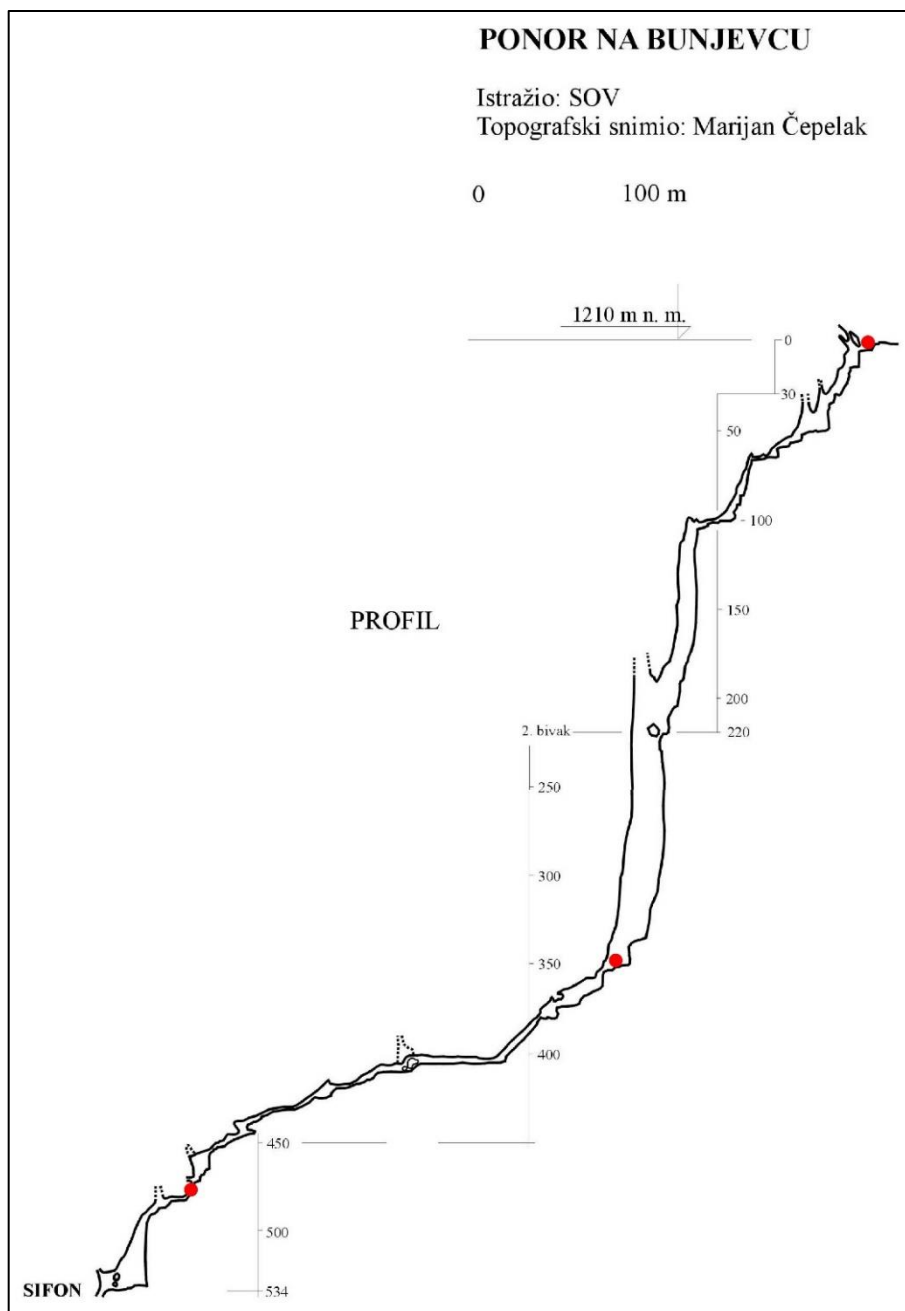
**Slika 14.** Speleološki nacrt jame Škrapljarka u NP Paklenica, primjer razgranatog objekta (KJ Kostanjevica na Krki, 2005)

Objekti koji imaju dva ili više vertikalna prijelaza, tj. skoka spadaju u *koljeničasti ili stubasti* morfološki tip (Slika 16.). Do njihova nastanka dolazi zbog izraženije geološke aktivnosti, tj. izdizanja stijenskog kompleksa u kome se odvija speleogeneza, kao i različit litološki sastav stijena. Tako voda, pri otjecanju kroz objekt, odnosno kroz stijene različitih litostratigrafskih karakteristika, na različit način erodira i oblikuje kanale. Tako su dijelovi objekta nastali u dolomitima trijase starosti uglavnom znatno uži i teže prohodni, dok su kanali u vapnencima srednjeg trijasa, te osobito u čistim vapnencima jurske i kredske starosti mnogo većih dimenzija (Božičević, 1995., Čepelak, 1978., Garašić, 1986., Kuhta, 1990.). Posljedica je to različitih fizičkih i kemijskih svojstava pojedinih stijena. Valja istaknuti kako ovom tipu pripadaju samo jame, upravo zbog vertikalnih prijelaza (Garašić, 1986; Kuhta 1990). U NP Paklenici 12% objekata je koljeničastog ili stubastog tipa. Neke od njih su: Jama kosih slojeva, Snježnica, Jama na gredi, Jama pod Malovanom itd. Najznačajniji primjer je Ponor na Bunovcu (-534 m) koja je ujedno i najdublja jama u Parku, a svojedobno je bila i najdublja jama u SFR Jugoslaviji.



**Slika 15.** Udio speleoloških objekata prema morfološkom tipu





**Slika 16.** Speleološki nacrt Ponora na Bunovcu u NP Paklenica, primjer koljeničastog ili stubastog speleološkog objekta (Kuhta i dr., 2002)

Kod objekata koji nastaju u područjima neotektonskih izdizanja, dolazi do razvoja više etaža ili nivoa unutar objekta te se nazivaju *etažni* speleološki objekti (Čepelak i Garašić, 1982.). Pri izdizanju stijena, vodeni tok prelazi u niže dijelove i erodira nove kanale, a gornji kanali ostaju bez vodenog toka, te se počinju zapunjavati sigovinom. Tako se pojedini speleološki objekt može naći u više faza speleogeneze odjednom. Donji kanali etažnih objekata

su u inicijalnoj (početnoj) fazi ili glavnoj (zreloj) fazi, voda prolazi kroz pukotine i proširuje kanale, a u gornjim dijelovima kanala iznad vode taloži se sigovina. Gornji kanali su u završnoj (kasnoj) fazi, voda prokapnica otječe u niže etaže, a kanali se zapunjuju sigovinom. U Paklenici do sada nije zabilježena pojava etažnih objekata.

Objekti koji imaju najmanje dva ulaza su *špiljski* ili *jamski sustavi*. Najsloženiji su geomorfološki tip objekata i vrlo su rijetki, oko 1% u ukupnom broju speleoloških objekata na u Republici Hrvatskoj (Garašić, 1991). Karakterizira ih pojava vodenih tokova što znači da je većina njih još u glavnoj (zreloj) fazi speleogeneze. Najbolji primjeri ovog tipa objekata su najdublja jama u Hrvatskoj jamski sustav Lukina jama – Trojama te najdulja jama jamski sustav Kita Gaćešina – Draženova Puhaljka, koja je primjer i etažnog tipa speleološkog objekta. Unutar NP Paklenice ukupno je 14% speleoloških objekata sa dva ili više ulaza što je znatno više od prosjeka za RH. S druge strane objekti u Paklenici u odnosu na tipične jamske sustave su dimenzijama maji (plići) te nisu razgranati, odnosno ne mogu se kategorizirati kao sustavi.

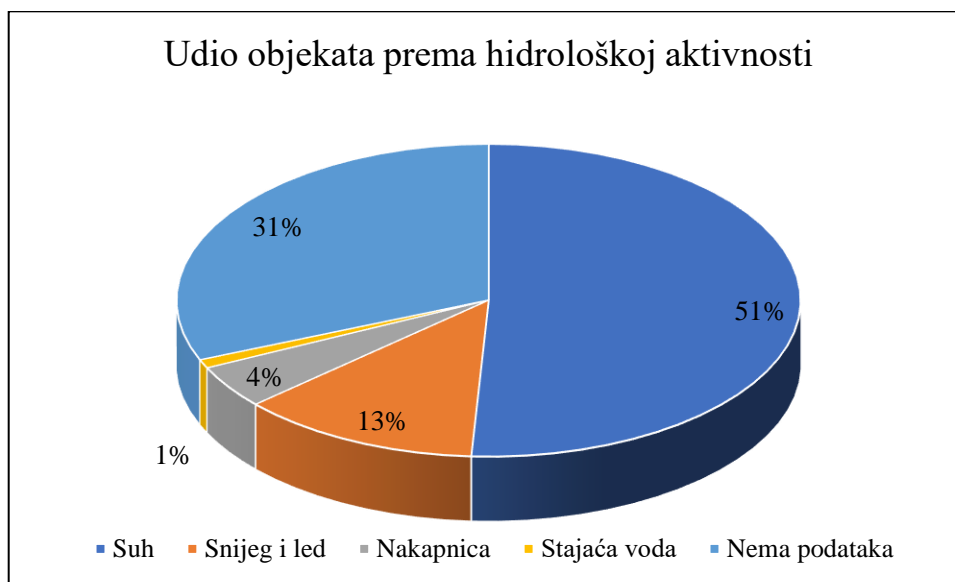
Za 15% objekata (ukupno 17 objekata) nema podataka o morfologiji kanala te se nije moglo odrediti kojem morfološkom tipu pripada objekt. Razlog tome je to što su speleološka istraživanja provodili mnogi odsjeci i klubovi, a određeni broj objekata je istražen još sredinom prošlog stoljeća, kada istraživanja i zapisnici nisu bili standardizirani, a pojedini nacrti istraženih objekata nisu dostupni.

### **5.3 Hidrološke značajke speleoloških objekata**

Hidreološki razmatrano, dio Velebita na kojem se prostire Nacionalni park Paklenica građen je od karbonata dobre, srednje i slabe propusnosti, kvartarnih i glinovito-laporovitih naslaga (Sokač i dr., 1976). Pomoću podataka o pojavi vode unutar istraženih objekata, napravljena je analiza i kategorizacija objekata prema hidrološkoj aktivnosti. Pojava vode u objektu ovisi o više čimbenika, npr. o starosti objekta, odnosno o fazi speleogeneze, pa tako voda može teći kroz objekt (kod objekata u inicijalnoj i glavnoj fazi), može se pojavljivati u obliku prokapnice i stajaće vode (u glavnoj fazi) ili pak može biti potpuno suh (objekti u završnoj fazi speleogeneze). Kod objekata u zonama iznad 1 000 m nadmorske visine i pogodne morfologije ulaza, može doći do nastanka i zadržavanja leda. Obično se radi o objektima na dnu ponikava ili na osojnim padinama, gdje se zbog manjih dimenzija otvora hladni zrak

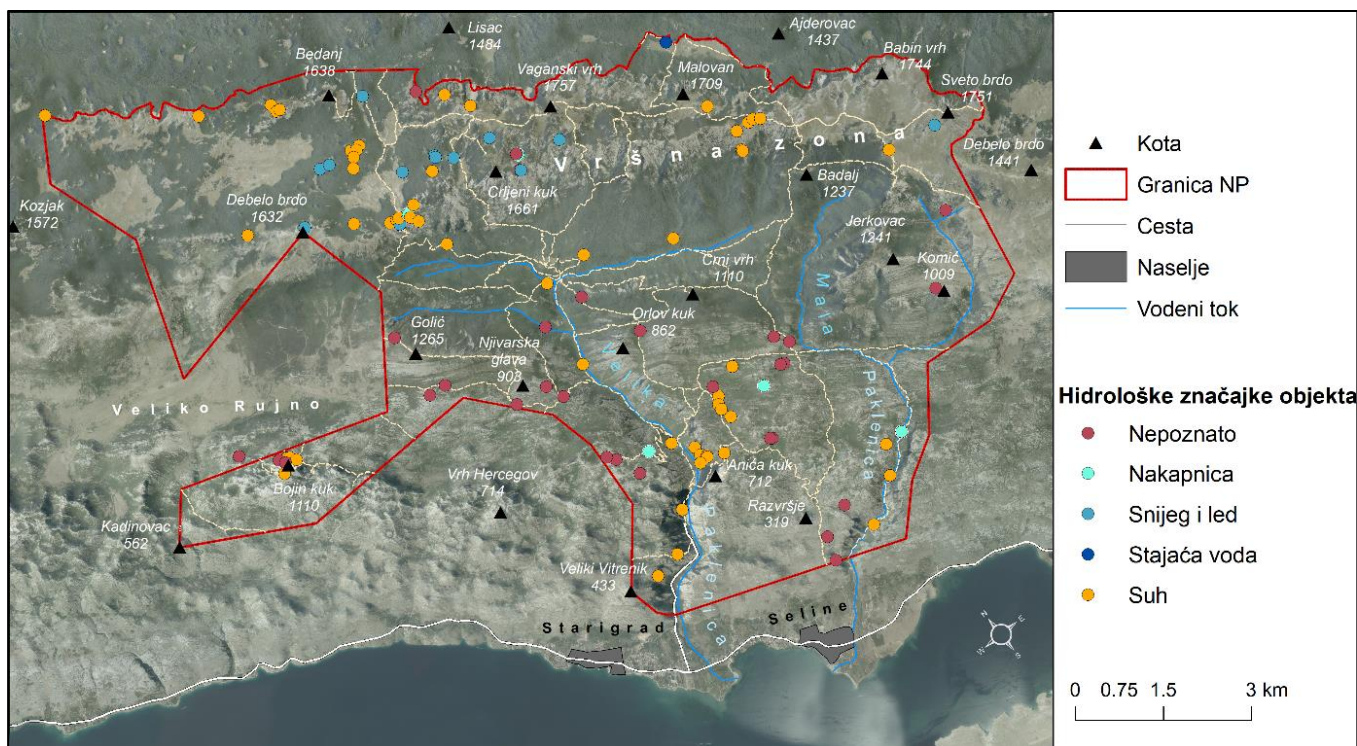
akumulira i pogoduje da se nanese snijeg i led koji nastaje smrzavanjem vode prokapnice zadrži tokom cijele godine (Božičević, 1984).

Analizom hidroloških značajki utvrđeno je da se na prostoru NP Paklenice javljaju suhi objekti, objekti sa stajaćom vodom, nakapnicom te snijegom i ledom (Slika 17). No ovi podatci (udjeli) se u stvarnosti možda razlikuju jer za čak 31% objekata nema podataka o hidrološkim značajkama objekta.



**Slika 17.** Udio speleoloških objekata s obzirom na hidrološke značajke

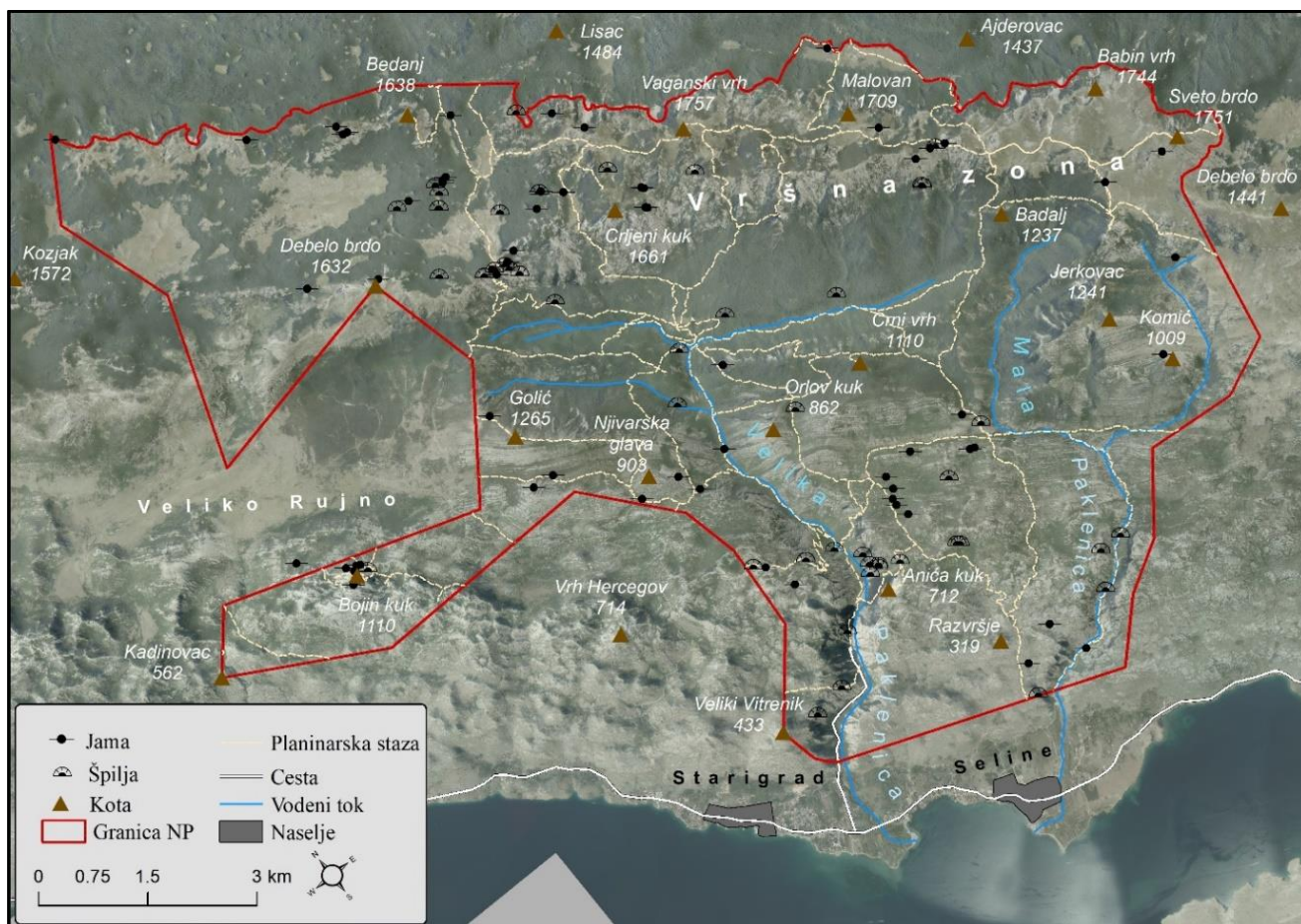
Za 51% objekata je utvrđeno da nema pojave vode, tj. u potpunosti su suhi. To ukazuje na činjenicu da su ušli u završnu (kasnu) fazu procesa speleogeneze. Ti se objekti nalaze podjednako u vršnom i kanjonskom dijelu Paklenice. Prokapnica se pojavljuje u 4% objekata, dok je stajaća voda zabilježena u tek 1% objekata. U 13% objekata ima snijega i leda te se svi nalaze u vršnoj zoni (Slika 18.) gdje se javlja najveća količina snijega i niže temperature (DHMZ, 2017), što sukladno Božičeviću (1984) pogoduje zadržavanju snijega i nastanku leda.



**Slika 18.** Prostorna distribucija speleoloških objekata s obzirom na hidrološke značajke

## 6. Analiza prostorne distribucije speleoloških objekata

Razmatrajući distribuciju speleoloških objekata unutar NP Paklenica, već se na prvi pogled može zaključiti kako je ona poprilično heterogena (Slika 19.). Vrlo se lako uočava kako se na posjećenijim dijelovima Parka nalazi i po nekoliko desetaka objekata unutar kilometra kvadratnog, dok se na udaljenijim i nepristupačnijim dijelovima ne nalazi gotovo niti jedan istražen objekat (npr. prostor oko Javornika i sjeverozapadno od njega) (Slika 19., Tablica 1). Takvo stanje ne znači nužno da na tim dijelovima nema objekata, već se radi o manjem broju ili o potpunom izostanku istraživanja. U tu svrhu provedena je analiza zastupljenosti istraženih speleoloških objekata s obzirom na udaljenost od postojećih planinarskih staza i pokazala da je pretpostavka točna te da se najveći broj istraženih objekata nalazi u neposrednoj blizini (0 - 250 m) staza, njih čak 63% (Tablica 1). S udaljavanjem od staza postupno opada zastupljenost istraženih objekata, te je najmanja u dijelovima Parka udaljenima više od 1 km od postojećeg staza (5%). No, uočeno je da postoje veće površine Parka, koje su istražene, ali bez pojave objekata, a to je posljedica određenih značajki terena, bilo geoloških ili geomorfoloških, koje su pobliže razrađene u ovom istraživanju.

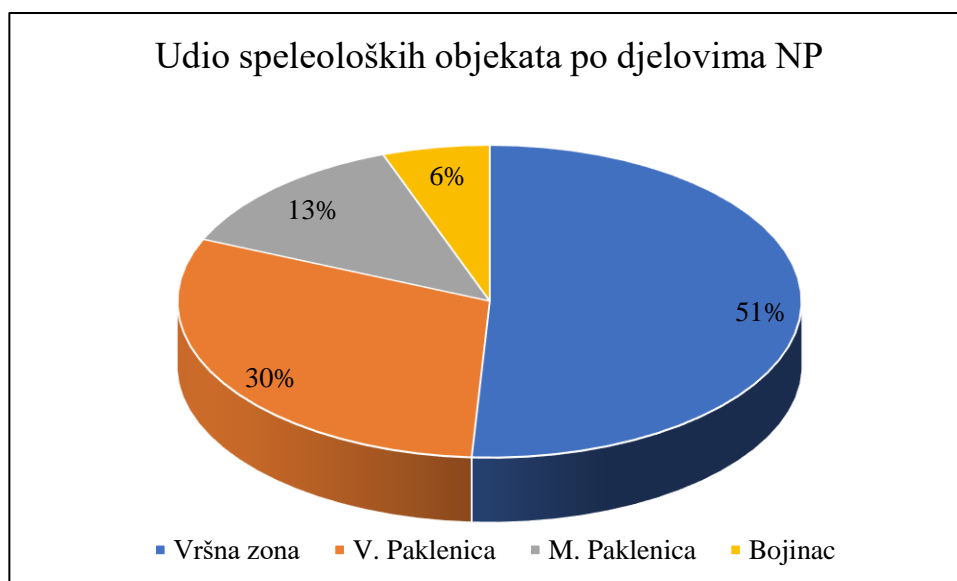


**Slika 19.** Prostorna distribucija speleoloških objekata prema tipu unutar NP Paklenica

**Tablica 1.** Zastupljenost speleoloških objekata s obzirom na udaljenost od planinarske staze

#	Udaljenost od planinarskog puta	Broj speleoloških objekata	Udio speleoloških objekata (%)
1.	0 - 250 m	71	63
2.	250 - 500 m	22	20
3.	500 - 1000 m	13	12
4.	> 1000 m	6	5

Kako je ranije spomenuto, prostor Parka je za potrebe ovoga rada podijeljen na četiri istaknuta dijela: Kanjone Velike te Male Paklenice, Bojinac i vršnu zonu te je s obzirom na takvu podjelu napravljena analiza zastupljenosti speleoloških objekata (Slika 20.).



**Slika 20.** Udio zastupljenosti istraženih speleoloških objekata unutar različitih dijelova Parka

U vršnoj zoni<sup>5</sup> nalazi se 51% istraženih objekata, u kanjonu Velike Paklenice nalazi se 31%, u Maloj Paklenici je 13% te 6% na prostoru Bojinca, koji je i površinom najmanji dio Parka. Kanjoni Velike i Male Paklenice se od Bojinca i Vršne zone uvelike razlikuju, kako u morfometrijskim značajkama tako i u geološkim, što je predmet analize u poglavljima koja slijede. No, važno je istaknuti da se ove cjeline uvelike razlikuju i s obzirom na površinu, pa i to utječe na udio objekata u svakom od njih.

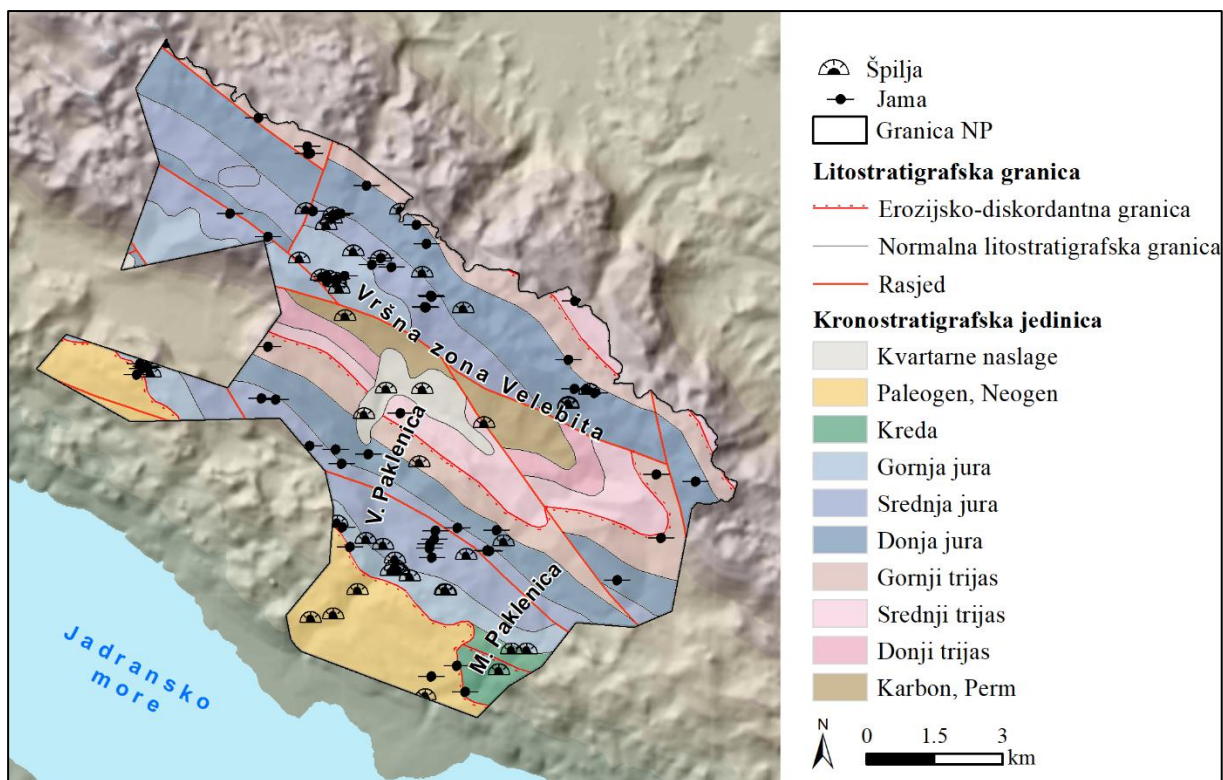
Valja istaknuti kako omjer špilja i jama uvelike odstupa ovisno o dijelu Parka. Tako na Bojincu 83% speleoloških objekata čine jame (Slika 19. i 20.) koje prevladavaju i u vršnoj zoni u kojoj čine 65%. S obzirom da vršna zona zauzima puno veći udio u ukupnoj površini parka, to je prostor s najviše objekata jamskog tipa te se na tom se području nalazi i pet najdubljih objekata Parka, čija je dubina veća od 100 m, ali i većina ostalih dubljih objekata. U kanjonu Velike Paklenice gotovo svi objekti su špilje, njih čak 83%. Uglavnom su to manji i jednostavniji objekti u strmim padinama kanjona (poput špilje Manita Peć). U Maloj Paklenici također prevladavaju špilje, sa udjelom 71% (Slika 19. i 20).

---

<sup>5</sup> Vršna zona je prostor Velebita viši od 1 000 m nadmorske visine.

## 6.1 Prostorna distribucija speleoloških objekata s obzirom na litostratigrafsku osnovu

Proučavajući domaću i stranu literaturu (Bosch i White, 2007; Palmer, 2007; Ford i Williams, 2013; Lončar i Garašić, 2002; Bočić i Mišur, 2017) može se zaključiti kako većina znanstvenika litostratigrafsku osnovu smatra jednim od glavnih čimbenika za pojavu i razvoj speleoloških objekata. Kronostratigrafski najstarije stijene su karbonske i permske, zatim stijene trijaskе, jurske i kredne starosti, te paleogenske, neogenske i najmlađe naslage kvartarne starosti (Slika 21.). Analizom je utvrđeno da su na području Parka najzastupljenije (51,8 %) stijene jurske starosti, koje karakterizira srednja i dobra propusnost (Sokač, 1976), te se na njima nalazi ukupno 75,1% speleoloških objekata (Tablica 2). Najveći broj speleoloških objekata (30,4%) nalazi se na stijenama srednjajurske starosti, koje zauzimaju drugo mjesto po udjelu u površini Parka (18,8 %). Sljedeći po udjelu zastupljenosti speleoloških objekata su stijene gornjajurske starosti, sa 28,6%, iako su tek pete po udjelu u površini (9,5 %.) dok se na stijenama donjajurske starosti, koje zauzimaju 23,5 % površine, nalazi se 16,1% objekata.



**Slika 21.** Prostorna distribucija tipova speleoloških objekata unutar NP Paklenica u odnosu na litostratigrafsku osnovu (prema: DARH, OGK 1:100 000 listovi Gospić, Udbina, Zadar i Obrovac) (Sokač i dr., 1967; Šušnjar i dr., 1976; Majcen i Korolija 1973; Ivanović i dr., 1976)

**Tablica 2.** Zastupljenost kronostratigrafskih jedinica i speleoloških objekata

#	Kronostratigrafska jedinica	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio u ukupnoj površini (%)	$N_0$ speleoloških objekata	Udio speleoloških objekata (%)
1.	Kvartarne naslage	2,6	2,7	3	2,7
2.	Paleogen, Neogen	10,6	11,2	8	7,1
3.	Kreda	1,9	2,0	3	2,7
4.	Gornja Jura	9,5	10,0	32	28,6
5.	Srednja Jura	18,8	19,8	34	30,4
6.	Donja Jura	23,5	24,8	18	16,1
7.	Gornji Trijas	13,7	14,4	10	8,9
8.	Srednji Trijas	7,6	8,0	3	2,7
9.	Donji Trijas	2,7	2,8	0	0,0
10.	Karbon, Perm	4,1	4,3	1	0,9

Prevlast pojavnosti speleoloških objekata na karbonatnim naslagama dobre propusnosti je očekivana i u skladu s procesom speleogeneze na krškom području. S obzirom da propusnost ima vrlo važnu ulogu u procesu speleogeneze, jasno je kako raspucanost stijenske mase, što je posljedica tektonske aktivnosti, uvelike doprinosi nastanku speleoloških objekata, a najlakše poniranje vode u tlo se događa upravo na rasjednim zonama. U tu svrhu je analizirana pojava speleoloških objekata u odnosu na poznate rasjede (Slika 21), a rezultat je da se 73 % ulaza u speleološke objekte nalazi u neposrednoj blizini rasjeda (na udaljenosti manjoj od 250 m) (Tablica 3).

**Tablica 3.** Udio speleoloških objekata u odnosu na udaljenost od rasjeda

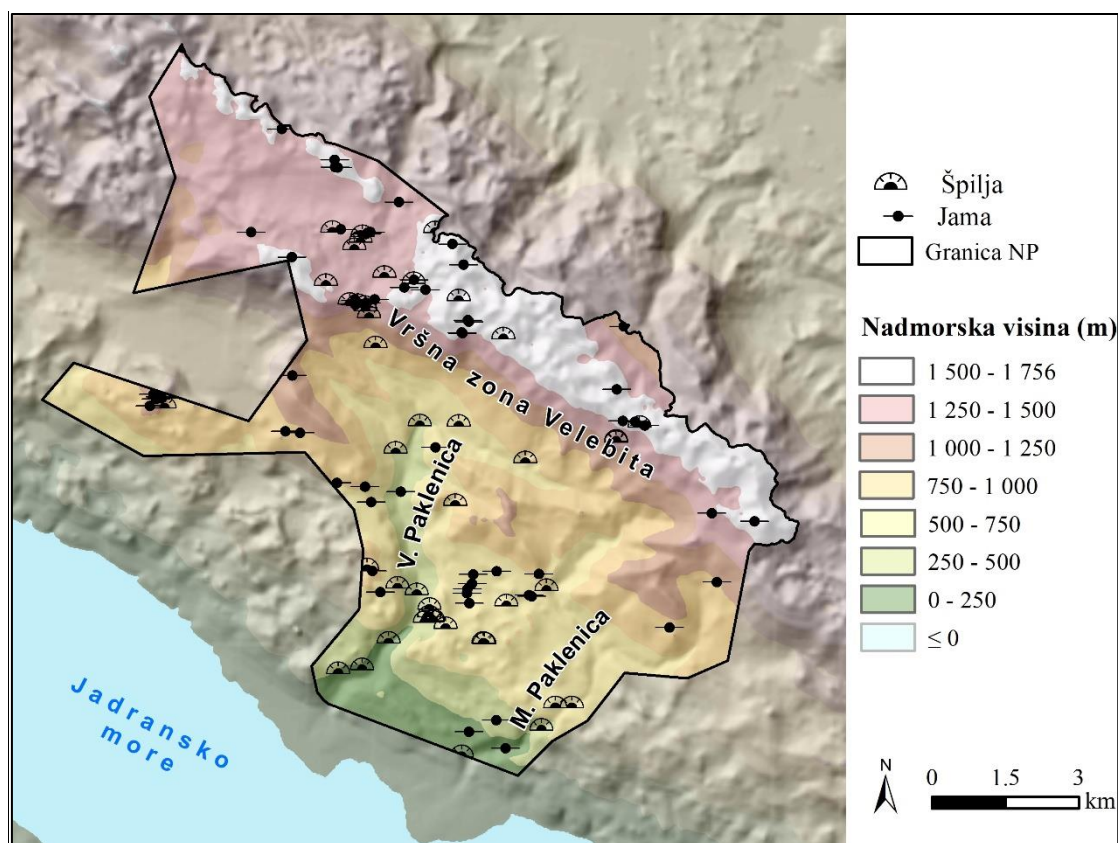
#	Udaljenost od rasjedne zone	Broj speleoloških objekata	Udio speleoloških objekata (%)
1.	0 - 250	82	73
2.	250 - 500	24	21
3.	500 - 1000	4	4
4.	> 1000	2	2



Ovakvi rezultati se podudaraju s dosadašnjim istraživanjima o kršu i njegovim endogenim pojavama. Naime, speleogeneza se u Hrvatskoj uglavnom veže uz prostor koji prekrivaju tektonski razlomljene vapnenačke i dolomitne stijene (Kuhta, 2000).

## **6.2 Prostorna distribucija speleoloških objekata u odnosu na nadmorsku visinu**

Analizirajući pojavu objekata u odnosu na nadmorsku visinu, može se uočiti kako se objekti pojavljuju unutar svih hipsometrijskih razreda. Razlike u zastupljenosti su mnogo manje nego u odnosu na litološku osnovu, ipak i ovdje se ističe nekoliko razreda po zastupljenosti, a to su prostori s nadmorskom visinom od 1 250 do 1 500 m koji zauzimaju 21,8% površine sa najvećim udjelom objekata od 25,8%, te od 500 do 750 m sa 19,6% objekata, dok taj razred zauzima površinu od 21,6% (Slika 22., Tablica 4.). Ovakvi rezultati su slični rezultatima radova prostorne distribucije speleoloških objekata na prostoru Sjevernog Velebita (Talaja, 2016), gdje je utvrđeno kako se speleološki objekti unutar NP Sjeverni Velebit najčešće pojavljuju na visinama iznad 1 300 m. U sličnim istraživanjima za područje Istre je utvrđeno kako se najviše objekata nalazi na visinama do 500 m i u rasponu od 500 do 750 m (Božićević, 1985; Sirotić, 2017). Sljedeći po udjelu su prostori viši od 1 500 m nadmorske visine s 17%, dok je najmanji udio objekata u dijelovima Parka nižima od 250 m, s 3,6% objekata (Tablica 4). Ipak, ovakva podjela s manjim razlikama u udjelu objekata s obzirom na udio u površini i bez porasta udjela s porastom nadmorske visine upućuje na manju povezanost speleogeneze sa hipsometrijskim značajkama. No, tu treba u obzir uzeti nepristupačnost terena te sukladno tome slabiju zastupljenost speleoloških objekata u vršnoj zoni Velebita.



**Slika 22.** Prostorna distribucija speleoloških objekata unutar NP Paklenica u odnosu na hipsometrijske značajke

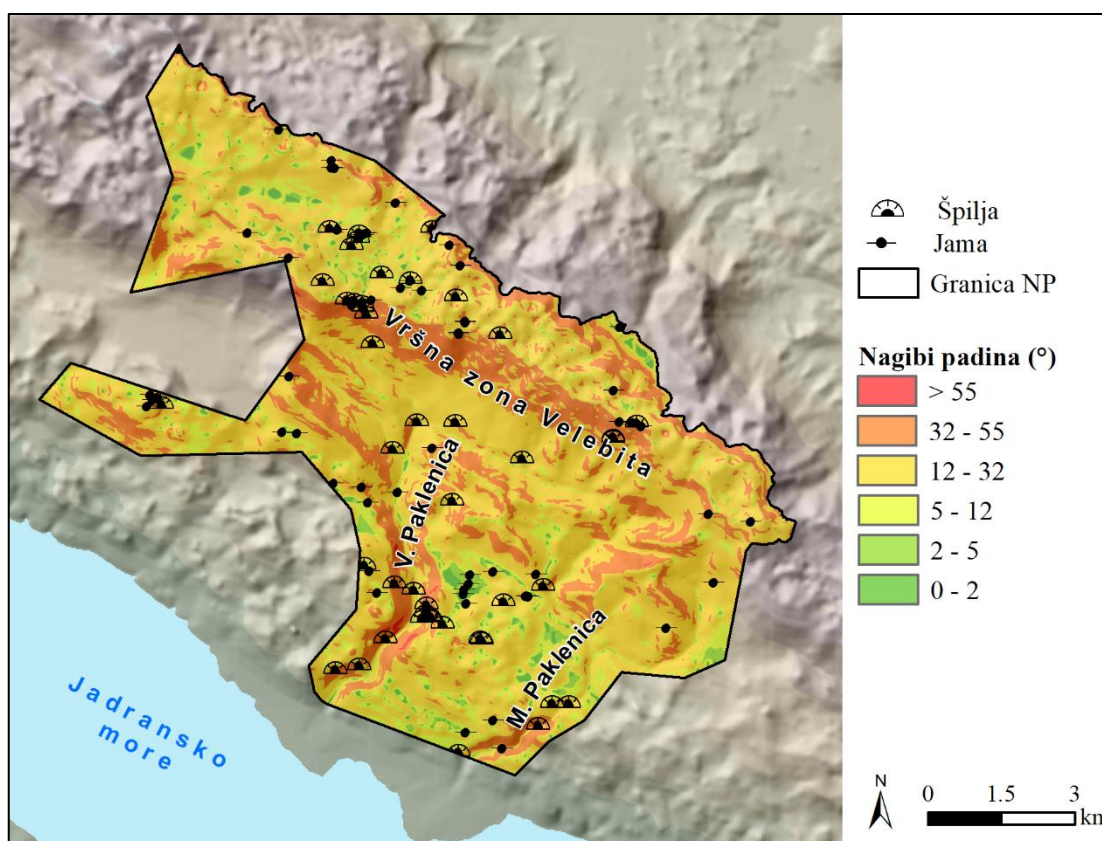
**Tablica 4.** Zastupljenost hipsometrijskih razreda i speleoloških objekata

#	Hipsometrijski razred	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio u ukupnoj površini (%)	$N_0$ speleoloških objekata	Udio speleoloških objekata (%)
1.	1 - 250	4,0	4,2	4	3,6
2.	250 - 500	6,1	6,5	13	11,6
3.	500 - 750	20,6	21,6	22	19,6
4.	750 - 1000	20,3	21,4	10	8,9
5.	1000 - 1250	10,5	11,0	15	13,4
6.	1250 - 1500	20,8	21,8	29	25,9
7.	1500 - 1756	12,8	13,5	19	17,0

Razlog pojave većeg broja objekata u pojedinim visinskim razredima mogla bi biti u odnosu nadmorske visine, temperature zraka i količine oborina. Naime, u vršnim dijelovima Parka utjecaj mora na temperaturu je zanemariv, a prisutan je vertikalni gradijent temperature zraka, koji za Karlobag – Zavižan ljeti iznosi 0,85 °C, a zimi 0,69°C na svakih 100 metara visine (Perica i Orešić, 1995) te velika dnevnih kolebanja temperature zraka koja pospješuju termomehaničko raspadanje stijena (Perica i Orešić, 1999). Takav proces uzrokuje razvoj pukotina, a njihovo uzastopno odleđivanje i zaleđivanje u zimskim mjesecima omogućuje prodiranje vode i njihovo proširivanje. Prisutnost tako nastalih pukotina i procjeđivanje vode moglo bi uz ostale čimbenike (nagib padina, ekspoziciju i dr.) činiti temelj za začetak nastanka speleoloških objekata. Stoga je bitno uzeti u obzir i prostornu raspodjelu i količinu oborina. Općenito na cijelom Velebitu najveća je količina oborina u vršnom dijelu Južnog Velebita (Vaganski vrh - Sveto Brdo) gdje prosječno godišnje padne približno 3 500 mm (Perica i Orešić, 1999). Ove činjenice mogle bi biti razlog prevlasti speleoloških objekata na nadmorskim visina između 500 do 700 m odnosno između 1250 i 1500 m. Tome u prilog idu i tvrdnje Perice i Orešića (1999) da je intenzitet korozije na Velebitu najveći na središnjim dijelovima primorskog obronka.

### **6.3 Prostorna distribucija speleoloških objekata u odnosu na nagib padina**

Najveća zastupljenost objekata je na *značajno nagnutim padinama* (12° - 32°), na kojima je čak 62,5% svih ulaza u speleološke objekte unutar Nacionalnog parka Paklenice (Tablica 5., slika 23.). Međutim, taj razred je i u ukupnoj površini Parka zastupljen sa udjelom od 62,4%. U drugom po zastupljenosti razredu, *vrlo strmi tereni* (32°-55°) nalazi se trostruku manje objekata, odnosno 21,4% njih što se također podudara s udjelom takvih padina u ukupnoj površini Parka (Tablica 5.). Nadalje na *nagnutim terenima* (5° do 12°) javlja se 9,8% objekata, *zaravnjenim* (0 - 2°) je 3,6 %, a na *blago nagnutim* (2° - 5°) 2,7 % speleoloških objekata (Tablica 5.). Rezultati slični ovima dobiveni su u istraživanju na području Sjevernog Velebita, gdje je zastupljenost speleoloških objekata najveća na padinama nagiba 20°- 30° (Talaja, 2016). S druge strane, odnos u udjelima površine i broja objekata ukazuje da nema značajnije korelacije između nagiba padina i zastupljenosti pojave speleoloških objekata.



**Slika 23.** Prostorna distribucija speleoloških objekata unutar NP Paklenica u odnosu na nagib padine

**Tablica 5.** Zastupljenost klasa nagiba padina i speleoloških objekata

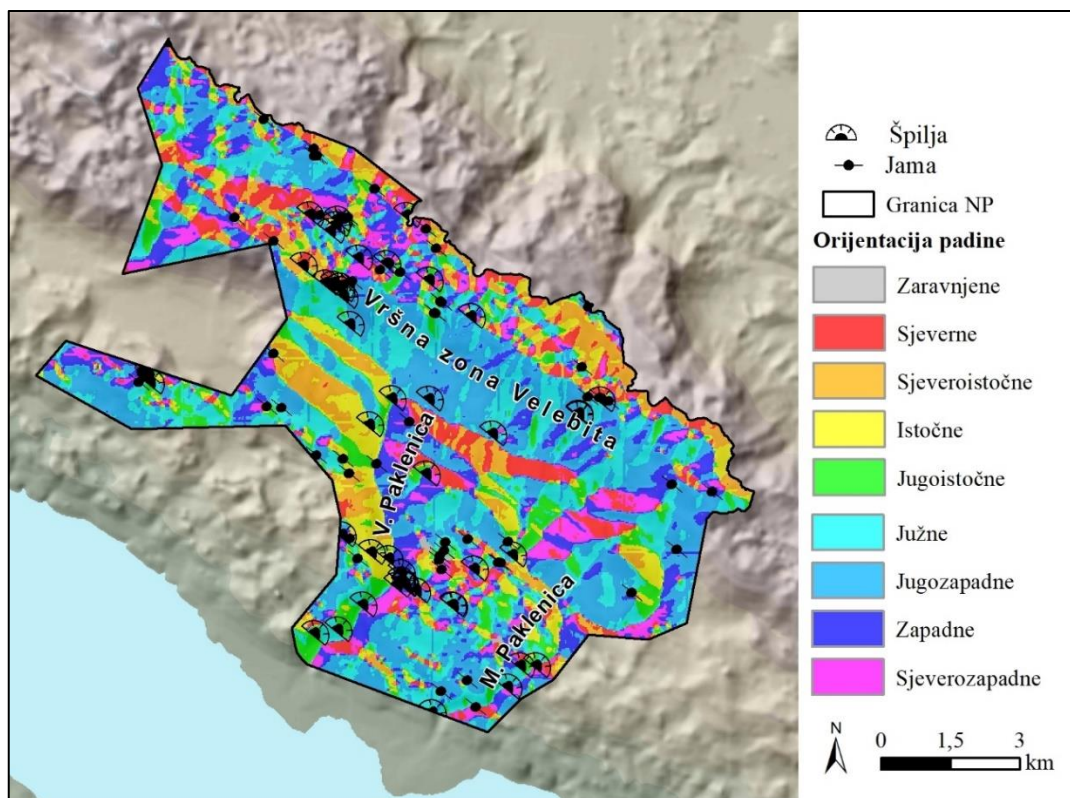
#	Nagib padine	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio u ukupnoj površini (%)	$N_0$ speleoloških objekata	Udio speleoloških objekata (%)
1.	0° - 2°	1,2	1,3	4	3,6
2.	2°-5°	2,4	2,5	3	2,7
3.	5°-12°	11,2	11,7	11	9,8
4.	12°-32°	59,3	62,4	70	62,5
5.	32°-55°	20,9	21,9	24	21,4
6.	>55°	0,2	0,2	0	0,0

#### 6.4 Prostorna distribucija speleoloških objekata s obzirom na orijentiranost padine

Iz analize prostorne distribucija speleoloških objekata s obzirom na orijentiranost padine je vidljivo da je najveći udio ulaza u speleološke objekte na zapadno i južno orijentiranim padinama na kojima se nalazi 22,3 % odnosno 19,6 % speleoloških objekata (Tablica 6.). Za njima slijede jugozapadno i jugoistočno orijentirane padine s 14,2 %. Na svim ostalim padinama (SZ, S, SI, I) pojavljuje se, u znatno manjim pojedinačnim udjelima, preostalih 25 % speleoloških objekata (Tablica 6., Slika 24).

**Tablica 6.** Zastupljenost klasa orijentacije padine i speleoloških objekata

#	Orijentacija padine	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio u ukupnoj površini (%)	$N_0$ speleoloških objekata	Udio speleoloških objekata (%)
1.	Zaravnjene	0,5	0,5	1	0,9
2.	Sjeverne	7,1	7,5	4	3,6
3.	Sjeveroistočne	8,7	9,2	6	5,4
4.	Istočne	8,5	8,9	8	7,1
5.	Jugoistočne	8,0	8,5	16	14,3
6.	Južne	18,2	19,2	22	19,6
7.	Jugozapadne	25,3	26,7	19	17,0
8.	Zapadne	11,4	12,0	25	22,3
9.	Sjeverozapadne	7,3	7,6	11	9,8



**Slika 24.** Prostorna distribucija speleoloških objekata unutar NP Paklenica u odnosu na orijentaciju padine

S obzirom na odnos udjela pojedine ekspozicije padina u ukupnoj površini, te pojave speleoloških objekata na njima, može se uočiti relativno podjednaka zastupljenost, od koje odstupaju jugoistočne i zapadne padine. Naime, na njima je udio speleoloških objekata gotovo dvostruko veći od udjela tih padina u ukupnoj površine (Tablica 6., Slika 24.), što bi moglo upućivati na zaključak da su na području Paklenice zapadno i jugoistočno eksponirane padine pogodnije za nastanak speleoloških objekata, no to je teško potvrditi.

Naime, orijentiranost padine dvojako utječe na speleogenezu. Prvo, osunčanije padine, odnosno južno orijentirane padine imaju veću insolaciju, što dovodi do termodinamičkih procesa na stijensku masu i njene raspucanosti što pospješuje speleogenezu. S druge strane, na sjeverno orijentiranim padinama se, zbog smanjene ili izostale insolacije, vlaga dulje zadržava te korozivnim djelovanjem također pospješuje proces speleogeneze. Stoga se može zaključiti da ekspozicija padina i njihov nagib uvjetuju količinu insolacije koja pak svojim termomehaničkim djelovanjem utječe na raspadanje gole stjenovite podloge, no koliki je njihov stvarni utjecaj na proces speleogeneze teško je utvrditi. Općenito, obronci eksponirani prema istoku i jugoistoku obasjani su prijevodne, a oni prema zapadu i jugozapadu poslijepodne te je

njihova osunčanost znatno kraća od one na južnim obroncima (Perica i Orešić, 1999). Ukoliko se uzme u obzir da jako zagrijavanje u znatnoj mjeri pogoduje termomehaničkom raspadanju stijenskog kompleksa, što dovodi do stvaranja pukotina moguće je pretpostaviti da je na južnom padinama veća mogućnost za okršavanje i nastanak speleoloških objekata, što je vidljivo i u rezultatima analize (Tablica 6). Također, te su padine izložene utjecaju *juga*, koji donosi vlagu i oborine čitavom području Parka. No, s druge strane, insolacija utječe na iznimno jaku evapotranspiraciju koja je prema Perici i Orešiću (1999) također najveća na južnim padinama. Stoga je moguće da je upravo JI i Z ekspozicija pogodna zbog „umjerenih“ uvjeta, odnosno dovoljno insolacije koja bi pospješila raspucanost stijenske mase, a s druge strane manji intenzitet isparavanja što omogućava dovoljno vlage za erozijske procese. U tom slučaju bitno je sagledati količinu oborina na istraživanom području. Međutim, takve analize zahtijevaju određivanje starosti speleoloških objekata te određivanje klimatskih uvjeta koju su u to vrijeme vladali. Ovako, klimatske elemente možemo sagledavati samo teoretski i ukoliko pretpostavimo da su slični vladali u trenutku nastanka objekata. U tom slučaju, u prilog ranije iznesenim tvrdnjama ide činjenica da na Velebitu najmanju količinu oborina ima priobalni dio, odnosno najniži dijelovi JZ obronka (Perica i Orešić, 1999). Naime iako u ukupnoj površini JZ padine zauzimaju najveću površinu (25,3km<sup>2</sup> odnosno 26,7%) na njima se nalazi „samo“ 17% speleoloških objekata.

### **6.5 Prostorna distribucija speleoloških objekata s obzirom na vertikalnu raščlanjenost**

Vertikalna raščlanjenost (visinska razlika po jediničnoj površini) određena je izračunom indeksa vertikalne raščlanjenosti (IVR) prema Riley i dr. (1999) na način da su vrijednosti ovog parametra izračunate unutar pravokutnog susjedstva od 3 x 3 piksela. Visinska razlika po jediničnoj površini izražena je u jediničnim površinama 5 625 m<sup>2</sup>. Dobivene vrijednosti IVR su uporabom Jenksove metode prirodnih granica (Jenks i Coulson, 1963; Jenks, 1967) (Tablica 7.) kojom se smanjuje varijanca unutar svake pojedine klase i povećava varijanca između klasa (Šiljeg, 2013).

**Tablica 7.** Kategorije vertikalne raščlanjenosti

Razred	Kategorija raščlanjenosti
0 – 25,59	Zaravnjen reljef
25,6 – 79,09	Gotovo zaravnjen reljef
79,1 – 141,9	Blago raščlanjen reljef
141,91 – 200,06	Srednje raščlanjen reljef
200,07 - 258,21	Prilično raščlanjen reljef
258,22 – 323,35	Jako raščlanjen reljef
323,36 – 593,19	izrazito raščlanjen reljef

Pojava speleoloških objekata u odnosu na vertikalnu raščlanjenost ravnomjernije je raspoređena s obzirom na razrede u odnosu na prethodne parametre. Najveća zastupljenost speleoloških objekata (27,7 %) javlja se *na jako raščlanjenim* područjima koji zauzimaju 21,5% površine. Sljedeći po udjelu od 26,8% objekata je *prilično raščlanjen* reljef, čija je površina 26,3%. Zastupljenost objekata uglavnom se ne razlikuje previše u zastupljenosti razreda po udjelu, osim kod *blago raščlanjenog* i *izrazito raščlanjenog* reljefa (Tablica 8.). Vrlo je važno istaknuti kako se u višim razredima vertikalne raščlanjenosti ubrajaju i strme padine kanjona (ne samo kukovi), koje zbog brzog površinskog otjecanja nisu pogodne za nastanak speleoloških objekata.

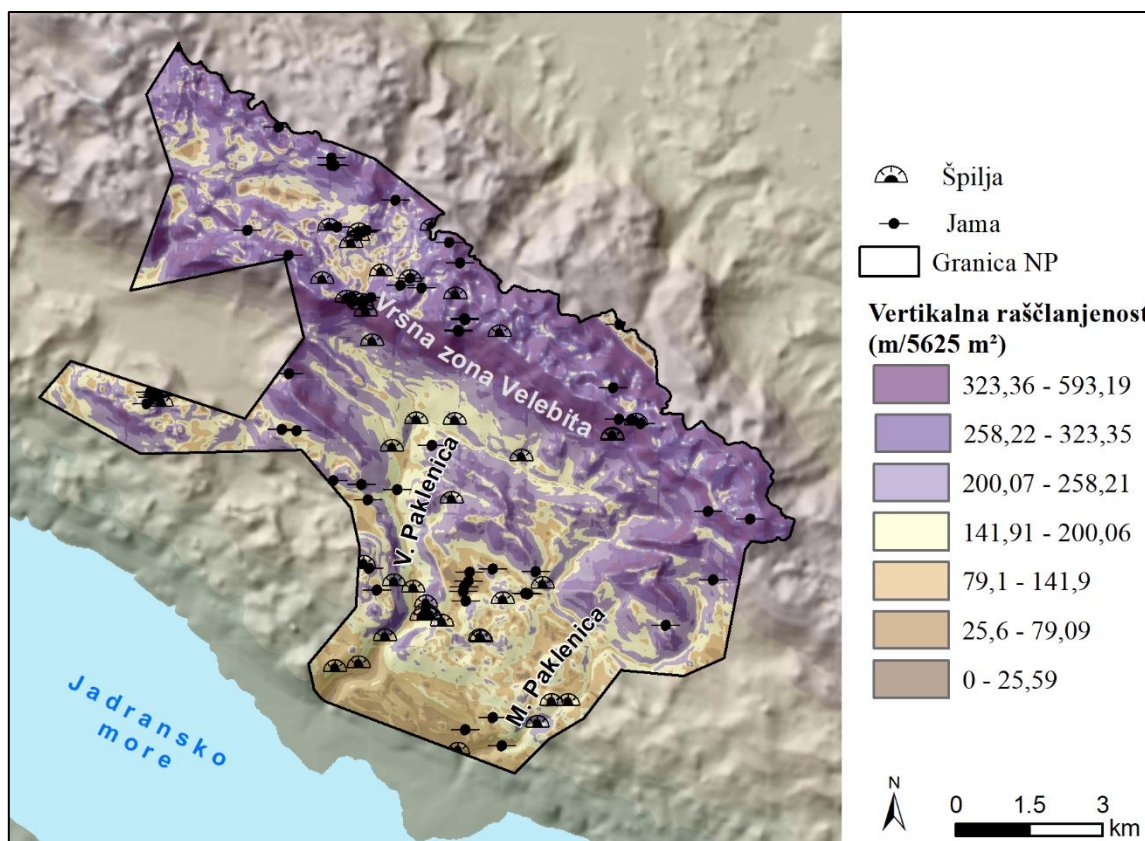
**Tablica 8.** Zastupljenost klasa vertikalne raščlanjenosti i speleoloških objekata

#	Vertikalna raščlanjenost (m/5625 m <sup>2</sup> )	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio u ukupnoj površini (%)	N <sub>0</sub> speleoloških objekata	Udio speleoloških objekata (%)
1.	0 - 25.59	0,5	0,5	1	0,9
2.	25.60 - 79.09	3,1	3,3	7	6,3
3.	79.10 - 141.9	10,8	11,3	6	5,4
4.	141.10 - 200.06	21,5	22,6	26	23,2
5.	200.07 - 258.21	25,0	26,3	30	26,8
6.	258.22 - 323.36	20,4	21,5	31	27,7
7.	323.37 - 593.19	13,8	14,5	11	9,8



Temeljem ove analize može se zaključiti kako područja najveće vertikalne raščlanjenosti terena nisu pogodna za pojavu speleoloških objekata. Tu je potrebno istaknuti kako se ovo područje Velebita konfiguracijski razlikuje od nekih drugih dijelova, kao što je Sjeverni Velebit. Prvenstveno se radi o tom da su na području NP Paklenice u najrašćlanjenijim razredima strma strane kanjona i rasjedne zone, dok su na Sjevernom Velebitu to duboke ponikve te kukovi. Pojavnost speleoloških objekata, osobito jama na takvim prostorima je očekivano različita.

Iz ove se analize također može uočiti kako su oni objekti, koji se pojavljuju na prostorima veće vertikalne raščlanjenosti uglavnom špiljskog tipa, odnosno to su manje i jednostavne špilje u strmim stranama kanjona Velike i Male Paklenice. Na prostorima manje vertikalne raščlanjenosti češće, ili gotovo u potpunosti prevladavaju jame (npr. vršna zona i Mala Močila) (Slika 25.). Mogući uzrok tomu je što na strmim terenima dolazi do brzog površinskog otjecanja vode, sukladno tome manja je i infiltracija površinskog otjecanja što negativno utječe na proces speleogeneze.



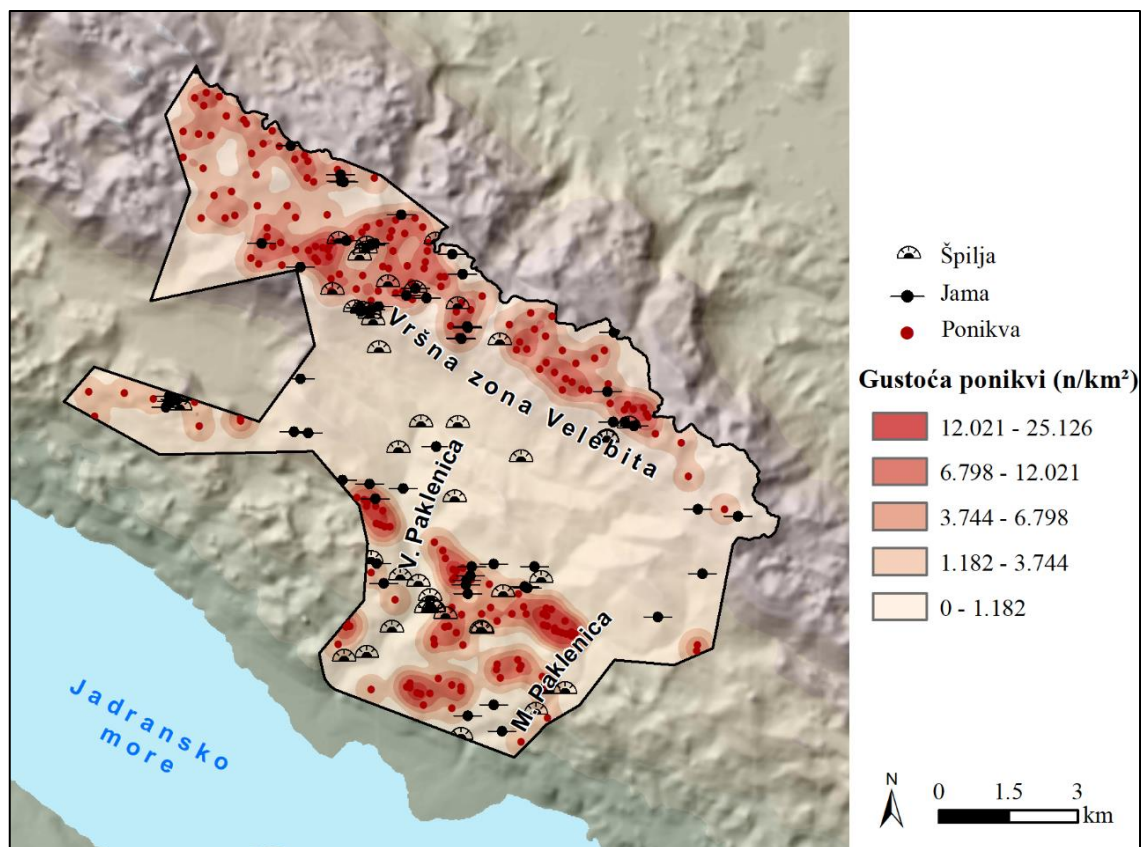
**Slika 25.** Prostorna distribucija speleoloških objekata unutar NP Paklenica u odnosu na vertikalnu raščlanjenost terena

## 6.6 Prostorna distribucija speleoloških objekata u odnosu na gustoću ponikava

Ponikve, kao egzokrški morfološki oblici najčešće nastaju na prostoru krša, pa tako se od ukupnog broja svih ponikava na prostoru Republike Hrvatske njih čak 98,8% nalazi na prostoru dinarskog krša (Pahernik, 2012). Stoga su ponikve jedan od osnovnih reljefnih oblika vezan uz krški reljef, a njihov prostorni raspored i gustoća jedan su od značajnijih pokazatelja stupnja okršenosti i geomorfološkog razvoja nekog prostora (Faivre, 1992; Ford i Williams, 2013). Kao i u genezi i evoluciji speleoloških objekata, u oblikovanju ponikvi, korozija i tektonika imaju primarnu ulogu (Faivre, 1992), a njihov nastanak često je uvjetovan ili popraćen urušavanjem podzemnih prostora (Sauro, 2003). Općenito se prema nastanku ponikve dijele na: korozijske, aluvijalne, ulegnute te urušne (Bögli, 1980, Ford i Williams 2014.). Na prostoru NP Paklenice najčešće su korozijske ponikve. S obzirom na oblik, na nižim dijelovima češće su karličaste ili tavaste, a povećavanjem nadmorske visine sve više poprimaju ljevkast oblik (Perica 1998).

Za potrebe ovoga rada su sa topografske karte mjerila 1:25 000, sekcije Lički Ribnik, Medak, Velika Paklenica i Vaganski vrh (DGU, 2018.) vektorizirane sve ponikve koje se nalaze unutar granica Nacionalnog parka Paklenica, a radi se o ukupno 217 ponikvi. Vektorizacija se izvodila na način da se točkom označi dno ponikve uočene na topografskoj karti i ta točka označava lokaciju ponikve u digitalnom zapisu pogodnom za daljnju obradu. Za provjeru točnosti podataka lokacije pojedinih ponikava su potvrđene terenskim izvidom.

Distribucija ponikava je već na prvi pogled heterogena, te se jasno može uočiti njihova učestalija pojava na zaravnjenijim prostorima Parka na visinama 500 - 750 m n/v te na prostoru vršne zone na visinama 1 250 – 1 500 m n/v (Slika 26.).



**Slika 26.** Prostorna distribucija speleoloških objekata unutar NP Paklenica u odnosu na gustoću ponikvi

Analizom povezanosti prostorne distribucije ulaza speleoloških objekata i ponikava može se uočiti veća povezanost, premda ima određenih odstupanja, posebice u strmim stranama kanjona Velike i Male Paklenice, gdje se nalazi određeni broj špilja. No, kada se iz analize izuzmu špiljski objekti, te se u obzir uzmu samo ulazi u jame, dolazi se do zanimljivog rezultata, a to je da unutar Parka na istim prostorima pojavljuju i ponikve i jame, odnosno pojava ponikava i jama je u jakoj korelaciji. Premda se, promatrajući rezultate iz Tablice 8. i 9. može uočiti kako se objekti ne pojavljuju uz same ponikve i u prostoru njihove najveće gustoće, već na širem području na kojem su i one zastupljene. Ovakvi rezultati slični su rezultatima istraživanja na prostoru Crnopca (Marković i dr., 2016), gdje je dobivena jaka korelacija između pojave ponikava i speleoloških objekata.

**Tablica 9.** Zastupljenost klasa gustoće ponikvi i speleoloških objekata

#	Gustoća ponikvi (n/km <sup>2</sup> )	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio u ukupnoj površini (%)	N <sub>0</sub> speleoloških objekata	Udio speleoloških objekata (%)
1.	0 - 1.182	53,6	56,3	44	39,3
2.	1.182 - 3.744	16,9	17,7	27	24,1
3.	3.744 - 6.798	17,1	18,0	30	26,8
4.	6.798 - 12.021	7,2	7,6	11	9,8
5.	12.021 - 25.126	0,3	0,3	0	0,0

**Tablica 10.** Zastupljenost klasa gustoće ponikvi i jamskih objekata

#	Gustoća ponikvi (n/km <sup>2</sup> )	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio u ukupnoj površini (%)	N <sub>0</sub> speleoloških objekata	Udio speleoloških objekata (%)
1.	0 - 1.182	53,6	56,3	27	40,9
2.	1.182 - 3.744	16,9	17,7	19	28,8
3.	3.744 - 6.798	17,1	18,0	13	19,7
4.	6.798 - 12.021	7,2	7,6	7	10,6
5.	12.021 - 25.126	0,3	0,3	0	0,0

## 7. Zaključak

Nacionalni park Paklenica prostire se na primorskoj padini južnog Velebita, od priobalnih naselja pa do vršne zone te dijela ličke padine. Ističe se brojnim prirodnim fenomenima, koji su i razlog proglašenja ovog prostora Nacionalnim parkom, a to su prije svega šume crnog bora (*Pinus nigra*) te bukove šume (*Fagus sylvatica*) i upečatljivi kanjoni Velika i Mala Paklenica, okomito urezani u velebitsku padinu. Pored toga, brojni su geomorfološki oblici koji su zbog svojih dimenzija među najreprezentativnijima u Republici Hrvatskoj. To su brojni i raznoliki kukovi, kameni mostovi, škrape, kamenice, ponikve i drugi egzokrški oblici. Kako je to prostor dinarskog krša, građen od karbonatnih stijena koje su pod tektonskim pritiscima raspucane, ovaj prostor obiluje i mnogim endokrškim oblicima.

Ovim istraživanjem nadopunjena je postojeća GIS baza podataka dosad istraženih speleoloških objekata na području Parka. Trenutno, prema svim dostupnim podacima unutar Parka ima 112 istraženih špilja i jama, no s obzirom na veličinu prostora, zahtjevu prohodnost i veliku udaljenost od planinarskih staza, za pretpostaviti je da u manje posjećenim dijelovima Parka ima još neotkrivenih i neistraženih objekata. Istraženi objekti rezultat su sustavnih istraživanja više speleoloških klubova tijekom 20. i 21. stoljeća.

Speleološki objekti analizirani su zajedno s pripadajućim podacima o tipu, morfološkoj građi, duljini i dubini te pojavnosti vode u njima. Također su analizirani u odnosu na značajke reljefa te postojeće planinarske staze. Analizom je utvrđeno kako na prostoru Parka prevladavaju jamski (59 %) speleološki objekti, jednostavne morfologije (52 %) te manje dubine (79 %) i duljine (83%) čime je potvrđena hipoteza 1. Također, valja istaknuti kako omjer špilja i jama uvelike odstupa ovisno o dijelu Parka. Tako npr. špilje u potpunosti prevladavaju u kanjonima Velike i Male Paklenice, na prostoru Bojinca prevladavaju jame, a u vršnoj zoni i području između kanjona (od naselja Jurline do 750 m nadmorske visine) pojavljuju se i špilje i jame.

Osim toga u NP Paklenici 21 % objekata je razgranatog tipa, što je slično podacima na čitavom području krša Hrvatske, gdje je oko 30% takvih objekata. Razgranati objekti najčešće imaju dva do tri kanala. Nadalje, 13 % objekata je koljениčastog ili stubastog tipa, a etažnih objekata nema. Objekti koji imaju najmanje dva ulaza zastupljeni su sa 14% što je znatno više nego prosjek za RH koji je iznosi svega 1%.

Hidrološku funkciju ima 18 % objekata dok su preostali u potpunosti suhi, odnosno nalaze se u zadnjoj, završnoj fazi procesa speleogeneze. Međutim, za 31% analiziranih objekata u istraživačkim zapisnicima nema podataka o hidrološkoj funkciji te je moguće da je u stvarnosti manji broj objekata hidrološki neaktivan.

Nadalje, utvrđena je izražena heterogenost prostorne distribucije istraženih objekata unutar Parka. Kako je prostor Parka za potrebe ovog rada raščlanjen u četiri cjeline, uočava se kako se 51 % svih istraženih objekata nalazi u vršnoj zoni (iznad 1000 m/nm). U kanjonu Velike Paklenice i njegovoj neposrednoj blizini nalazi se 31 % objekata, a u kanjonu Male Paklenice i oko nje 13 %, dok se na području Bojinca nalazi samo 5 % objekata. Valja istaknuti kako prostor oko Bojinca zauzima tek manji udio u površini Parka pa je sukladno tome i udio u ukupnom broju znatno manji. Ovakva prostorna distribucija speleoloških objekata u Parku može se dovesti u korelaciju sa značajkama reljefa, ali i s postojećom mrežom službenih planinarskih staza. Naime, utvrđeno je kako se najveći broj istraženih speleoloških objekata (njih čak 63 %) nalazi u neposrednoj blizini (0 – 250 m) postojećih planinarskih staza, dok s postupnim udaljavanjem opada broj istraženih objekata čime je potvrđena Hipoteza 4. Najmanje je istraženih objekata u zabačenim i izoliranim dijelovima Parka, poput Javornika, Debelog brda i Badnja, do kojih je potrebno mnogo više vremena hoda i oko kojih nema planinarskih skloništa koji bi olakšali višednevni boravak tijekom istraživanja.

Korelacija lokacije ulaza istraženih speleoloških objekata s različitim značajkama reljefa ukazala je na prisutnost određenih zakonitosti u pojavi i prostornoj distribuciji objekata unutar Parka. Dokazano je da postoje razlike u distribuciji, odnosno gustoći speleoloških objekata s obzirom na litostratigrafsku osnovu, hipsometrijski razred, nagiba padina, ekspoziciju padine i vertikalnu raščlanjenosti. Iz analize prostorne distribucije speleoloških objekata u odnosu na svojstva litostratigrafske podloge, proizlazi da se čak 75 % istraženih objekata nalazi na karbonatima dobre propusnosti jurske starosti, pri čemu se najveći broj objekata (73 %) nalazi do 250 m od utvrđenih rasjeda. Velika korelacija pojavnosti speleoloških objekata uz glavne rasjedne zone potvrđuje Hipotezu 2.

Nadalje, ako se u obzir uzmu hipsometrijske značajke reljefa, tada je vidljivo da speleoloških objekata ima unutar svih hipsometrijskih razreda, ali da su najzastupljeniji na visinama od 500 do 700 m/nm, gdje ih je oko 20 %, te između 1250 i 1500 m/nm, gdje ih je oko 26 %. Međutim, sličan je udio tih razreda u ukupnoj površini Parka, iz čega se zaključuje kako pojava objekata nije vezana uz nadmorsku visinu. Iz analize nagiba padina uočljiva je

blaga povezanost objekata s određenim klasama nagiba. Najviše speleoloških objekata zastupljeno je na *značajno nagnutim padinama* ( $12^{\circ}$  -  $32^{\circ}$ ), na kojima se pojavljuje čak 63 % istraženih objekata. Najmanja zastupljenost speleoloških objekata javlja se na *zaravnjenim* ( $0^{\circ}$  -  $2^{\circ}$ ) (4 % speleoloških objekata), te *blago nagnutim* ( $2^{\circ}$  -  $5^{\circ}$ ) (3 % speleoloških objekata). Međutim, važno je naglasiti kako su takvi udjeli također rezultat udjela u površini koje ti razredi imaju. Iz analize zastupljenost speleoloških objekata u odnosu na orijentaciju padine proizlazi da se najveći broj speleoloških objekata javlja na zapadno i južno orijentiranim padinama koje dominiraju na prostoru NP Paklenica, a koje zbog veće (duže) osunčanosti pogoduje termomehaničkom raspadanju stijenskog kompleksa, što pogoduje stvaranju i proširivanju pukotina, a time i do predisponiranosti za nastanak speleoloških objekata.

Pojava špilja i jama u odnosu na različite razrede vertikalne raščlanjenosti terena je znatno ravnomjernija nego kod drugih analiziranih parametara. Najveća zastupljenost speleoloških objekata (27,7 %) javlja se na *jako raščlanjenim* područjima koji zauzimaju 21,5% površine. Potom, 26,8% objekata je na *prilično raščlanjenom* reljefu, čija je površina 26,3%. Zastupljenost objekata uglavnom se ne razlikuje previše u zastupljenosti razreda po udjelu, osim kod blago raščlanjenog i izrazito raščlanjenog.

Iako se prostorna distribucijom speleoloških objekata generalno podudara s prostornom distribucijom ponikava, najveći udio speleoloških objekata ne javlja se na prostorima s najvećom gustoćom ponikava. Međutim, utvrđeno je da se u određenim cjelinama istih morfometrijskih značajki reljefa podjednako pojavljuju ulazi u jame i ponikve čime je potvrđena hipoteza 3.

## Literatura

1. Andačić, N., (2006.): Prirodno-geografske značajke Nacionalnog parka „Paklenica“, Diplomski rad, Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru.
2. Bahun, S. (1974): Tektogeneza Velebita i postanak Jelar naslaga. Geološki vjesnik 27, 1974, 35-51.
3. Bočić, N. (2017): Krš – definicija, svojstva, distribucija, u: Speleologija, ur. Goran Rnjak, Mediaprint tiskara Hrastić, Zagreb, str. 557 – 5570.
4. Bočić, N., Mišur, I. (2017): Speleogeneza i speleomorfologija, u: Speleologija, ur. Goran Rnjak, Mediaprint tiskara Hrastić, Zagreb, str. 571 – 581.
5. Bognar, A. (1994): Temeljna skica geokoloških osobina Velebita, Senjski zbornik: prilozi za geografiju, etnologiju, gospodarstvo, povijest i kulturu, 21(1), 1-8.
6. Bognar, A. (1995): Morfogeneza područja bazena porječja Velike i Male Paklenice, Paklenički zbornik, vol. 1, 33-43, Starigrad-Paklenica.
7. Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, Acta Geograph. Croatica, 34, Zagreb, 7-29
8. Bognar, A. i dr. (1995): Glaciofluvijalne plavine u izvorišnom dijelu bazena porječja vodotoka Velike Paklenice, Paklenički zbornik, vol. 1, 43-49, Starigrad-Paklenica.
9. Bognar, A., Blazek, I. (1986): Geomorfološka karta područja Velika Paklenica 1:25 000, Acta Carstologica, 14-15, Ljubljana, 197-206.
10. Bonacci, O., Lučić, I., Marjanac, T., Perica, D., Vujčić-Karlo, S. (2008): Krš bez granica, Zagreb, Sarajevo: Zbor novinara za okoliš Hrvatskog novinarskog društva, Zagreb; Centar za karstologiju ANUBiH, Sarajevo; Centar za krš i priobalje Sveučilišta u Zadru, Zadar
11. Bosch, R. F., i White, W. B., 2007: Lithofacies and transport of clastic sediment din karstic aquifers, u: Studies of cave sediments (ur. Sasowsky, I. D., Mylroie, J.), Dordrecht, Springer, 1-22.
12. Božić, V., Paar, D. (2017): Povijest speleologije i rezultati speleološke djelatnosti, u: Speleologija, ur. Goran Rnjak, Mediaprint tiskara Hrastić, Zagreb, str. 19 – 46.
13. Božičević, S. (1957): Pećine Paklenice. Arhiv konzervatorskog zavoda Hrvatske. Zagreb.
14. Božičević, S. (1958 a): Izvještaj s istraživanja pećina u kanjonu Velike Paklenice. Speleolog, br. 3-4, Zagreb.
15. Božičević, S. (1958 b): Deset dana u Paklenici. Naše planine, br. 3, str. 131-151. Zagreb.



16. Božičević, S., (1965): Pećine Paklenice u južnom Velebitu. The paklenica Caves of Southern Velebit. *Acta geologica* V, str. 423-452. Zagreb.
17. Božičević, S. (1984.): Kroz naše spilje i jame. HPD, str. 1 - 72, Zagreb
18. Božičević, S. (1985): Morfogeneza speleoloških pojava Istre i njihova zavisnost o geološkim i hidrogeološkim uvjetima – 2. katastarski dio, doktorska disertacija, Zajednički studij iz područja geologije PMF i RGN fakulteta, Sveučilište u Zagrebu.
19. Božičević, S., (1994a): Hidrogeološke karakteristike područja NP Paklenica, Paklenički zbornik, vol. 1, 61-65. Starigrad-Paklenica
20. Božičević, S., (1994b): Značenje speleoloških pojava na području Paklenice u Velebitu, Paklenički zbornik, vol. 1, 307-313. Starigrad-Paklenica
21. Bögli, A. (1980.): *Karst Hydrology and Physical Speleology*, Springer-Verlag, 284 pp.
22. Buzjak, N. (2008): Geoekološko vrednovanje speleoloških pojava Žumberačke gore, *Hrvatski geografski glasnik*, 70/2, 73-89.
23. Čepelak, M., (1977): Izvještaj o istraživanju Ponora na Bunovcu. *Speleolog*, br. 24/25, 22-23, Zagreb. Čepelak, M., (1980): Ponor na Bunjevcu. *Speleolog*, br. 26/27, 4-9, Zagreb. Čepelak, R., Garašić, M., (1982): Tumač „Zapisnika speleološkog istraživanja“, Drugo izdanje. Planinarski savez Hrvatske, Komisija za speleologiju, Zagreb, 48 pp.
24. Dubolnić, M. (2006a): Prapovijesna nalazišta na području Starigrada Paklenice, *Radovi Zavoda za povijesne znanosti HAZU u Zadru*, (48), 1-55.
25. Dubolnić Glavan, M. (2006b) Rezultati rekognosciranja južnog Velebita (okolica Starigrada Paklenice). *Obavijesti Hrvatskog arheološkog društva*, 2, 51-64.
26. Dubolnić Glavan, M. (2006c) Gradina Kneževići na Malom Libinju. *Obavijesti Hrvatskog arheološkog društva*, 3, 54-64.
27. Dubolnić, M. (2007) *Argyrintum i njegov teritorij u antici*. *Radovi Zavoda za povijesne znanosti HAZU u Zadru*, 49, 1-58.
28. Dubolnić, M. (2008a) Značaj Velikog Vaganca u prometnoj povezanosti primorske padine južnog Velebita i Like u prapovijesti. *Izdanja Hrvatskog arheološkog društva*, 23, 9-21.
29. Dubolnić Glavan, M. (2008b) Južni Velebit, Općina Starigrad Paklenica – terenski pregled. *Hrvatski arheološki godišnjak*, 5, 502-504.
30. Dubolnić Glavan, M. (2008c) Veliki Vaganac u prometnoj povezanosti primorske padine južnog Velebita i Like u prapovijesti. U: Tatjana Kolak (ur.) *Arheološka istraživanja u Lici*. Zagreb - Gospić, Hrvatsko arheološko društvo ; Muzej Like Gospić, str. 9-21.

31. Dubolnić Glavan, M. (2009) Južni Velebit, Općina Starigrad Paklenica – rekognosciranje. Hrvatski arheološki godišnjak, 6, 534-537.
32. Dubolnić Glavan, M. (2010) Tradicijska baština Južnog Velebita, Zaseoci (sezonski stanovi) i mlinovi na prostoru Općine Starigrad Paklenica i Nacionalnog parka Paklenica, sv. VI, str. 119. Istraživanje i zaštita kulturno-povijesne baštine Južnog Velebita 2008. – 2010., Inventarizacija i GIS obrada arheološke i etnološke baštine. Podatak o recenziji nije dostupan, elaborat.
33. Dubolnić Glavan, M. (2010) Tradicijska baština Južnog Velebita: lokaliteti mirila na prostoru Općine Starigrad Paklenica i Nacionalnog parka Paklenica, sv. 5, str. 65.. Istraživanje i zaštita kulturno-povijesne baštine Južnog Velebita 2008. – 2010., Inventarizacija i GIS obrada arheološke i etnološke baštine. Elaborat.
34. Dubolnić Glavan, M. (2010) Antički i srednjovjekovni lokaliteti na prostoru Općine Starigrad Paklenica i NP Paklenica, sv. 4, str.63. Istraživanje i zaštita kulturno-povijesne baštine Južnog Velebita 2008. – 2010., Inventarizacija i GIS obrada arheološke i etnološke baštine. Elaborat.
35. Dubolnić Glavan, M. (2010) Speleološki objekti od kulturnog značaja na prostoru Općine Starigrad Paklenica i Nacionalnog parka Paklenica, sv. 1, p. 127. Istraživanje i zaštita kulturno-povijesne baštine Južnog Velebita 2008. – 2010., Inventarizacija i GIS obrada arheološke i etnološke baštine. Elaborat.
36. Dubolnić Glavan, M. (2010) Grobni humci (tumuli) i prapovijesne nekropole na prostoru Općine Starigrad Paklenica i NP Paklenica, sv. 3, str. 107.. Istraživanje i zaštita kulturno-povijesne baštine Južnog Velebita 2008. – 2010., Inventarizacija i GIS obrada arheološke i etnološke baštine. Elaborat.
37. Dubolnić Glavan, Martina, (2010) Gradinski lokaliteti na prostoru Općine Starigrad Paklenica i NP Paklenica, sv. 2, str. 92. Istraživanje i zaštita kulturno-povijesne baštine Južnog Velebita 2008. – 2010., Inventarizacija i GIS obrada arheološke i etnološke baštine. Elaborat.
38. Dubolnić Glavan, M. (2016) Dokumentacija arheoloških nalaza s prostora Općine Starigrad-Paklenica i NP Paklenica. Javna ustanova NP Paklenica. Izvješće.
39. Dubolnić Glavan, M. (2016) Izvješće o provedenom arheološkom terenskom pregledu 2016. godine, Istraživačke zone: (Općina Starigrad-Paklenica, Nacionalni park Paklenica, Općina Jasenice (naselje Rovanjaska), Grad Nin (Žerava, Poljaci) / Grad Zadar (Bokanjačko blato,

- Briševo), Općina Vir (Rtina), Općina Vrsi (Zečevo). Ministarstvo kulture, Uprava za zaštitu kulturne baštine, Konzervatorski odjel Zadar. Podatak o recenziji nije dostupan, izvješće.
40. Dubolnić Glavan, M. (2016) Istraživanje i zaštita kulturno-povijesne baštine južnog Velebita (Nacionalni park Paklenica, 2016), Inventarizacija i GIS obrada arheološke i etnološke baštine, str. 55. Stručna studija. Podatak o recenziji nije dostupan, elaborat.
  41. Dubolnić Glavan, M. (2018) Velebit, kulturno-povijesna baština Južnog Velebita - Stručno izvješće o arheološkom terenskom pregledu. str. 40. Program Zaštite i očuvanja arheološke baštine, Ministarstvo kulture RH, Uprava za zaštitu kulturne baštine,. Podatak o recenziji nije dostupan, izvješće.
  42. Faivre, S. (1992): Analiza gustoće ponikava na Sjevernom Velebitu i Senjskom bilu, Senjski zbornik, 19; 13-24
  43. Ford, D., Williams, P. D. (2013): Karst hydrogeology and geomorphology. John Wiley & Sons.
  44. Forenbaher, S.; Vranjican, P. (1982.): Pećina u Pazjanicama - Paklenica, Senjski zbornik, Vol. 9, No. 1, 1982.
  45. Garašić, M., (1986.): Hidrogeologija i morfogeneza speleoloških objekata u kršu Hrvatske, doktorska disertacija, Rudarsko geološko naftni fakultet, Prirodoslovno matematički fakultet Zagreb
  46. Garašić, M., (1991.): Morphological and hydrogeological classification of speleological structures (caves and pits) in the Croatian karst area, Geološki vjesnik, 44, 289-300.
  47. Garašić, M. (1995): Speleomorphological and Speleohydrogeological Classification of Speleological Features (Caves and Pits) in Croatian Classical karst Area, Acta Carsologica, 24, 229.
  48. Herak, M., (1991): Dinarides – Mobilistic view of the genesis and structure, Acta geologica, 21 (2), 35-117.
  49. Herak, M., (1993): Additional considerations on the Epiadriaticum, Outer Dinarides, Geologica Croatica, 46 (1), 165-168.
  50. Jenks, G. F., 1967: The Data Model Concept in Statistical Mapping, International Yearbook of Cartography 7, 186-190.
  51. Klein, V., i Jovičić, D., (1995): Morfostrukturalna obilježja primorske strane Velebita na osnovi satelitskih snimaka, Paklenički zbornik, vol. 1, 25-33. Starigrad-Paklenica

52. Korbar, T., 2009: Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates, *Earth-Science Reviews*, 96, 296–312.
53. Kuhta, M. (1990.): Speleološka istraživanja na prostoru kompleksne hidrogeološke barijere Velebita. Lokaliteti Štirovača i Klementa. *Speleologia croatica* 1, str. 21 - 29, Zagreb
54. Kuhta, M. (2000): Speleogeneza, u: *Speleologija*, ur. Bakšić, D., Lacković, D., Bakšić, A., Planinarsko društvo Sveučilišta Velebit, Zagreb, 274-275.
55. Kuhta, M., Gužvica, G., Jalžić, B., (2002): Speleološki objekti Nacionalnog parka „Paklenica“ – Inventarizacija i GIS obrada, *Speleološki klub „Željezničar“*, 146 str., Zagreb.
56. Kuhta, M.,(2004.): Povijest speleoloških istraživanja na području NP Paklenica, *Paklenički zbornik*, vol. 2, 23-28, Starigrad – Paklenica.
57. Lacković, D., (2000): Sige, u: *Speleologija*, (ur. Bakšić, D., Lacković, D., Bakšić, A.), Planinarsko društvo Sveučilišta Velebit, Zagreb, 283-293.
58. Lončar, N. (2012): Izotopni sastav siga iz speleoloških objekata istočnojadranskih otoka kao pokazatelj promjena u paleookolišu, doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, geografski odsjek, Sveučilište u Zagrebu.
59. Lončar, N., Garašić, M. (2002.): Špilje i jame - speleologija u Hrvatskoj. Okoliš 112 - 113, Zagreb, 32
60. Lukač, G., Vujčić-Karlo, S., Božičević, S. & Marasović, Z. (2007) Vodič kroz prirodnu i kulturnu baštinu Nacionalnog parka Paklenica. Starigrad-Paklenica, Josipa Marasović.
61. Magaš, D. (1995.): NP Paklenica u planovima prostornog razvoja, *Paklenički zbornik* vol. 2, Starigrad – Paklenica
62. Malinar, H., (1995.): Tragovi pleistocenske oledbe na Velebitu u području Buljme, *Paklenički zbornik*, vol. 1, 55-61, Starigrad-Paklenica.
63. Marković, J., Bočić, N., Pahernik, M. (2016): Prostorni raspored i gustoća ponikava jugoistočnog Velebita, *Geoadria*, 21(1), 1-28.
64. Marjanac, T., Sremac, J., Marjanac, Lj. (2008): Velika Paklenica Canyon, outline of geomorphology and geology, In 5TH International ProGEO Symposium on Conservation of the Geological Heritage and ProGEO Working Group 1 Annual Meeting.
65. Paar, D. i dr. (2011): Kratka povijest speleologije u Hrvatskoj, *Hrvatski speleološki poslužitelj*, 1:10-15.

66. Pahernik, M. (2012): Prostorna gustoća ponikava na području Republike Hrvatske, Hrvatski geografski glasnik, 74 (2), 5-26
67. Palmer, A. N. (2007): Cave Geology, Cave books, Dayton, Ohio
68. Pavičić, A. (1995.): Hidrogeološki uvjeti za ostvarenje akumulacija u kršuzaleđa Velebita. Doktorska disertacija, Geološki odsjek PMF-a, str. 1 - 124, Zagreb
69. Penzar, B., i Penzar, I., (1994.): Velebit – klimatska prekretnica, Paklenički zbornik vol. 1, Starigrad - Paklenica
70. Perica, D. (1998). Geomorfologija krša Velebita, Doktorska disertacija, Prirodoslovno–matematički fakultet, geografski odsjek, Sveučilište u Zagrebu
71. Perica, D. i Lukač, G., (2001): Paklenica : Ukras južnog Velebita, Geografski horizont, 47, 1, 7-21. Zagreb.
72. Perica, D., Orešić, D. (1995): Klimatska obilježja Južnog Velebita, Paklenički zbornik, vol. 1, 17 – 24, Starigrad-Paklenica
73. Perica, D., Orešić, D. (1999): Klimatska obilježja Velebita i njihov utjecaj na oblikovanje reljefa, Senjski zbornik, 26, 1-50.
74. Perica, D., Kukić, B. & Trajbar, S. (1994) Egzokrške osobine Nacionalnog parka Paklenica. U: Tvrtković, N. (ur.) Paklenički zbornik vol. 1. Starigrad-Paklenica, NP "Paklenica", 65-69.
75. Perica, D., Marjanac. T., Mrak, I., Trajbar, S. i Lončar, N. (2004.a): O kamenicama, krškim bunarima i sigama na području NP Paklenica. u: Paklenički zbornik 2 (ur. Lukač, G.), Starigrad – Paklenica 19. listopada 2004., NP Paklenica, Starigrad – Paklenica, 9-16
76. Perica, D., Lozić, S., Mrak, I., Lončar, N. i Trajbar, S., (2004.b): Utjecaj snijega i mraza na oblikovanje reljefa na području NP Paklenica, Paklenički zbornik, vol. 2, 19-23. Starigrad-Paklenica
77. Perica, D., Lončar, N. & Lozić, S. (2010): The influence of nivation and cryofraction on periglacial relief formation on Velebit Mt. (Croatia). Geologia Croatica : journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society, 63 (3), 271-282.
78. Perković, D., Mayer, D. & Dragičević, I. (2007) Water Resources of the Velebit Nature Park. U: Nakić, Z. (ur.) Second International Conference on Waters in Protected Areas. Zagreb, Croatian Water Pollution Control Society, str. 183-186.
79. Poljak, J. (1929 a): Nove pećine u području Velika Paklenica. Hrvatski planinar, br. 7 i 8, Zagreb.

80. Poljak, J. (1929 b): Pećine okolice Ogulina, Velike Paklenice i Zameta. Rasprave Geološkog instituta kraljevine Jugoslavije, sv. V. Beograd.
81. Poljak, J., (1929 c): Velika Paklenica. Priroda, br. 10, Zagreb.
82. Posarić, J., (1995a): Špilja Manita Peć – Turističko uređenje i zaštitne mjere, Paklenički zbornik, vol. 1, 313-321, Starigrad-Paklenica
83. Posarić, J., (1995b): Turistička budućnost Modrič špilje kod Rovanjске, Paklenički zbornik, vol. 1, 321-325, Starigrad-Paklenica
84. Prelogović, E. (1995): Geološka struktura Velebita, Paklenički zbornik, vol. 1, 49-55, Starigrad-Paklenica.
85. Prelogović, E., Pribičević, B., Ivković, Ž., Dragičević, I., Buljan, R. & Tomljenović, B. (2004): Recent structural fabric of the Dinarides and tectonically active zones important for petroleum-geological exploration in Croatia. Nafta : exploration, production, processing, petrochemistry, 55 (4), 155-161.
86. Riley, S. J., De Gloria, S.D., Elliot, R. (1999): A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity, Intermountain Journal of Sciences 5 (1-4), 23-27.
87. Rnjak, G., Rnjak, D. (2017): Dokumentiranje i arhiviranje rezultata speleoloških sitraživanja, u: Speleologija, ur. Goran Rnjak, Mediaprint tiskara Hrastić, Zagreb, str. 527 - 536.
88. Saletto Janković, M. (1995): Geomorfološke značajke reljefa NP «Paklenica» i njegovo geokološko vrednovanje. Magistarski rad, Biblioteka Geografskog odsjeka PMF-a, Zagreb.
89. Salopek, M. (1952). O gornjem permu Velike Paklenice u Velebitu. Rad Jugosl. akad. znan. umjetn, 289, 5-26.
90. Sauro, U. (2003): Dolines and sinkholes: aspect of evolution and problems of classification, Acta Carsologica, 32 (2), 41-52.
91. Sirotić, K. (2017): Speleološki objekti Istarske županije i njihov značaj, Diplomski rad, Sveučilište u Zadru, , Odjel za geografiju, Zadar.
92. Sokač, B., Ščavničar, I., Velić, I. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za List Gospić L33-127. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod, 1-57, Beograd.
93. Sremac. J. (2005): Equatorial Shelf of the Palaeozoic Supercontinent - Cradle of the Adriatic Carbonate Platform, Geologia Croatica, 58 (1), 1-19.

94. Surić, M., Lončarić, R., Lončar, N. (2010): Submerged caves of Croatia – distribution, classification and origin, *Environmental Earth Sciences*, 61 (7), 1473-1480.
95. Šegota, T., Filipčić, A. (2003): Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje, *Geoadria*, 8 (1), 17-37.
96. Talaja, M. (2016): Prostorni raspored i morfološka struktura speleoloških objekata u Nacionalnom parku Sjeverni Velebit, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Odjel za geografiju, Zagreb.
97. Telbisz, T., Dragušica, H., Nagy, B., 2009: Doline Morphometric Analysis and Karst Morphology of Biokovo Mt. (Croatia) Based on Field Observations and Digital Terrain Analysis, *Hrvatski geografski glasnik* 71 (2), 5-22.
98. Velić, I., Velić, J. (2009): Od morskih plićaka do planine – geološki vodič kroz Nacionalni park Sjeverni velebit. JU NP Sjevni Velebit, Krasno, 2009, 143 str.
99. Velić, I. i Velić, J. (2013.): Geološki stup u NP Paklenica. *Vijesti Hrvatskoga geološkog društva*, 49 (2), 32-36.
100. Vlahović, I., Tišljar, J., Velić, I., Matičec, D., (2002): The Karst Dinarides are Composed of Relics of a Single Mesozoic Platform: Facts and Consequences, *Geologia Croatica*, 55 (2), 171-183.
101. Vlahović, I., Tišljar, J., Velić, I., Matičec, D., (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: palaeogeography, main events and depositional dynamics, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220 (3–4), 333–360.

## Izvori

1. ArcGis (2018): Geomorphometry & Gradient Metrics Toolbox <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=63ffcecf3b2a45bf99a84cdaedefacbf> (07.05.2018.)
2. *Digitalna ortofoto karta 1:5000*, Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, WMS Server, <http://geoportal.dgu.hr/wms>, 20.8.2019.
3. DGU (2018): Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Topografska karta 1:25 000 (TK25) <http://geoportal.dgu.hr/wms?layers=TK25>, listovi Lički Ribnik 4415-2-2-2 (2001), Medak 4416-1-1-1 (2001), Velika Paklenica 4415-2-2-4 (2001) i Vaganski vrh 4416-1-1-3 (1999) (03.03.2018.)

4. DHMZ (2017): Podaci o temperaturi i vlažnosti zraka, količini oborina i čestini vjetra za trideseto godišnje razdoblje od 1981. do 2011. godine za meteorološke postaje Starigrad Paklenica, Baške oštarije, Gračac, Gospić i Pag, Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb; Arhiva odjela za geografiju
5. EU-DEM (2018) Layers/Terrain, <https://data.eox.at/eudem/> (03.03.2018.)
6. Ivanović, A., Sokač K., Marković, S., Sokač, B., (1967): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Obrovac, list 33-140, Institut za geološka istraživanja – Zagreb, 1962. – 1967.
7. Majcen, Ž., Korolija, B., Sokač, B., S., Nikler, L. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Zadar, list 33-139, Institut za geološka istraživanja – Zagreb, 1963. – 1969.
8. NP Paklenica (2018): Nacionalni park Paklenica, O parku, <https://www.np-paklenica.hr/hr/park-hr/o-parku>
9. Sokač, B., Nikler, L., Velic, J., Mamužic, P., Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Gospić L33-127. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 1967
10. SO „Liburnija“ PD „Paklenica“ (2008): Istraživanje speleoloških objekata NP Paklenica 2007. i 2008. godine, Zadar
11. SO „Liburnija“ PD „Paklenica“ (2010): Istraživanje speleoloških objekata NP Paklenica 2009. i 2010. godine, Zadar
12. SO „Liburnija“ PD „Paklenica“ (2013): Istraživanje speleoloških objekata NP Paklenica 2013. godine, Zadar
13. Šušnjar, M., Ivanović, A., Sokač, B., Bahun, S., Nikler, L., Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Udbina, list 33-128, Institut za geološka istraživanja – Zagreb, 1963. – 1965.