

# Identifikacija taksonomske pozicije pećinskog medveda (*Ursus spelaeus*) iz Petničke pećine na osnovu oblika stalnih gornjih zuba M<sup>2</sup>

---

*Pećinski medved (Ursus spelaeus) je izumrli predstavnik familije Ursidae i dominantan je član faune krupnih sisara u gornjopleistocenskim pećinskim naslagama u Srbiji. U ovom radu je, upotrebom geometrijske morfometrije, ispitivana varijabilnost oblika stalnih gornjih molara pećinskog medveda iz Petničke pećine. Osnovni uzorak činili su molari iz Petničke pećine, a radi sagledavanja taksonomske pozicije analiza je obuhvatila i uzorke sa drugih pleistocenskih lokaliteta u Evropi. Rezultati pokazuju da pećinski medved iz Petničke pećine pripada vrsti Ursus spelaeus, što se slaže sa rezultatima utvrđenih na osnovu klasične morfometrije.*

---

## Uvod

Pećinski medved (*Ursus spelaeus* Rosenmüller 1792) je izumrli predstavnik familije Ursidae, nekada široko rasprostranjen u Evropi – od severozapadne Španije na zapadu, do Urala i Altaja na istoku, i od Belgije i Nemačke na severu, do Italije, Grčke i Krima na jugu (Grandal d'Anglade i Vidal Romaní 1997; Baryshnikov *et al.* 2010).

Najstariji fosilni ostaci vrste *U. spelaeus* datiraju oko 500 hiljada godina, a najmlađi u početak holocena (Kurtén 1971). Smatra se da je nastala od vrste *U. deningeri* tokom prelaza sred-

njeg u kasni pleistocen (Knapp *et al.* 2009). Između vrsta *U. deningeri* i *U. spelaeus* postoje morfološke razlike u građi lobanje i vilica. Obe vrste karakteriše velika intraspecijska varijabilnost koja se ogleda u polnom dimorfizmu i postojanju patuljastih formi u visokoplaninskim populacijama. Na nekim lokalitetima iz srednjeg pleistocena nađene su i prelazne forme poput *U. spelaeus* subsp. *deningeroides* i *U. ingressus* (Rabeder i Tsoukala 1990).

Na osnovu morfologije zuba (Kurten 1971), proporcije ekstremiteta i analize izotopa (Athen 2006) smatra se da je *Ursus spelaeus* primarno bio herbivor, nasuprot drugim pripadnicima ovog roda, mada takva interpretacija nije univerzalno prihvaćena (Peigné *et al.* 2009). Statistički značajne fine morfološke varijacije gornjih molara pećinskog medveda, čak i na geografski bliskim lokalitetima, mogu se identifikovati pomoću geometrijske morfometrije (Seetah *et al.* 2012).

U ovom radu su metode geometrijske morfometrije primenjene na analizu stalnih gornjih molara pećinskog medveda iz Petničke pećine, kako bi se proverila taksonomska pozicija utvrđena klasičnom morfometrijom (RGF 1992, 1994).

## Materijal i metode

Analiza je izvršena na osnovnom uzorku od 6 stalnih gornjih molara (M<sup>2</sup>), iz arheološke zbirke kvartalne faune sa lokaliteta u Petničkoj pećini. Uzorak je, radi sagledavanja taksonomske pozicije, upoređen sa fotografijama 10 gornjih molara četiri izumrla taksona (*Ursus spelaeus*, *Ursus spelaeus* subsp. *deningeroides*, *Ursus*

---

Radmila Nikolić (1997), Paraćin, Majora Marka 3/1/6, učenica 3. razreda Gimnazije u Čupriji

MENTOR: Sanja Đurović, Biloški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Institut za botaniku i Botanička bašta Jevremovac, Beograd

Tabela 1. Israživani taksoni i lokaliteti, inventarski brojevi i reference publikacija sa fotografijama zuba  $M^2$  korišćenim u analizi

Lokalitet	Taksoni	Inventarski broj / referenca
Petralona cave	<i>U. arctos</i>	(Baryshnikov <i>et al.</i> 2010)
Petralona cave	<i>U. deningeri</i>	(Baryshnikov <i>et al.</i> 2010)
Risovača	<i>U. ingressus</i>	(Cvetković i Dimitrijević 2014)
Risovača	<i>U. ingressus</i>	(Cvetković i Dimitrijević 2014)
Risovača	<i>U. ingressus</i>	(Cvetković i Dimitrijević 2014)
Mala Balanica	<i>U. s. subsp. deningeroides</i>	(Cvetković i Dimitrijević 2014)
Goyet cave	<i>U. spelaeus</i>	(Baryshnikov <i>et al.</i> 2010)
Goyet cave	<i>U. spelaeus</i>	(Baryshnikov <i>et al.</i> 2010)
Petnička pećina	<i>U. spelaeus</i>	PET 92/2/5 (Prilog)
Petnička pećina	<i>U. spelaeus</i>	PET 92/2/7 (Prilog)
Petnička pećina	<i>U. spelaeus</i>	PET 92/5/179 (Prilog)
Petnička pećina	<i>U. spelaeus</i>	PET 92/5/76 (Prilog)
Petnička pećina	<i>U. spelaeus</i>	PET 94/2/136 (Prilog)
Petnička pećina	<i>U. spelaeus</i>	PET bib (Prilog)
Romualdova	<i>U. spelaeus</i>	(Seetah <i>et al.</i> 2012)
Vindija	<i>U. spelaeus</i>	(Seetah <i>et al.</i> 2012)

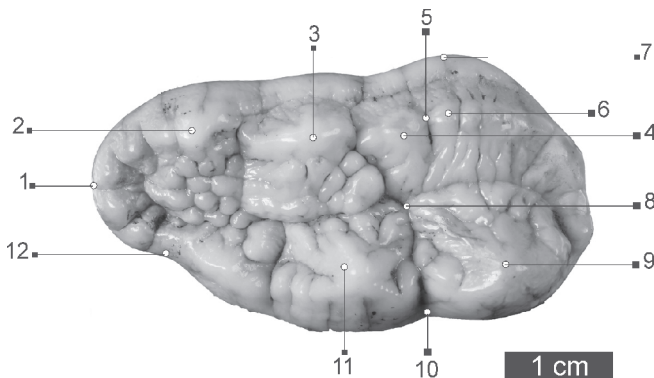
*ingressus* i *Ursus deningeri*) i jednog recentnog (*Ursus arctos*) nađenih u šest drugih pećina (tabela 1). U pitanju su lokaliteti Mala Balanica i Risovača u Srbiji, Romualdova i Vindija u Hrvatskoj, Goyet u Belgiji i Petralona u Grčkoj.

Uzorci iz Petničke zbirke su fotografisani, uz poštovanje neophodnih tehničkih procedura kako bi se dobili validni podaci za anлізу. Svi su snimljeni pod uglom od 90 stepeni, sa iste razdaljine i sa fiksnim položajem razmernika. Fotografije se nalaze u prilogu ovog rada.

Upotrebom softvera TpsDig2 (Rohlf 2008), određeno je 12 specifičnih tačaka (slika 1), čija

konfiguracija adekvatno opisuje oblik zuba (Seetah *et al.* 2012). Ove tačke su jasno definisane, mogu se lako prepoznati i predstavljaju polazne podatke u analizama geometrijske morfometrije (Ivanović i Kalezić 2009). Za svaki zub urađena su po dva merenja.

Za statističku analizu oblika korišćena je Generalizovana Prokrustova analiza (GPA). Morfometrija zasnovana na Prokrustovim koordinatama primenjena je za dobijanje matrice koja opisuje oblik grebena zuba (Rohlf i Slice 1990). Razlike koje su posledica orijentacije i skaliranja eliminisane su korišćenjem Coord-



Slika 1.  
Konfiguracija specifičnih tačaka za levi gornji  $M^2$  (prema: Seetah *et al.* 2012)

Figure 1.  
Landmark configuration for left upper  $M^2$  (according to: Seetah *et al.* 2012)

Gen6, IMP series (Sheets 2000). Geometrijska mera veličine je izražena kao veličina centroida (CS), što je mera disperzije specifičnih tačaka oko centroida njihove konfiguracije (Zelditch *et al.* 2004).

Koristeći program STATISTICA urađena je analiza varijanse (ANOVA) veličina centroida, kako između taksona, tako i između lokaliteta. Pomoću softvera MorphoJ, urađena je analiza glavnih komponenti (Principal Component Analysis – PCA) i analiza kanonijske varijacije (Canonical Variation – CV).

## Rezultati i diskusija

Analizom varijanse veličine centroida dobijene su statistički značajne razlike, kako između taksona ( $F = 7.06$ ,  $p < 0.001$ ), tako i između lokaliteta ( $F = 4.94$ ,  $p < 0.001$ ). Analizom osnovnih komponenti utvrđeno je da prve dve ose opisuju 61% varijanse (PC1 34% i PC2 27%) na uzorku iz Petničke pećine (slika 2), a 46% (PC1 30% i PC2 16%) u slučaju celog uzorka (slika 3, A1 i A2). CV analiza ukazuje na postojanje pet grupa. Prva CV osa opisuje 45%, a druga 27% varijanse (slika 3, B1 i B2).

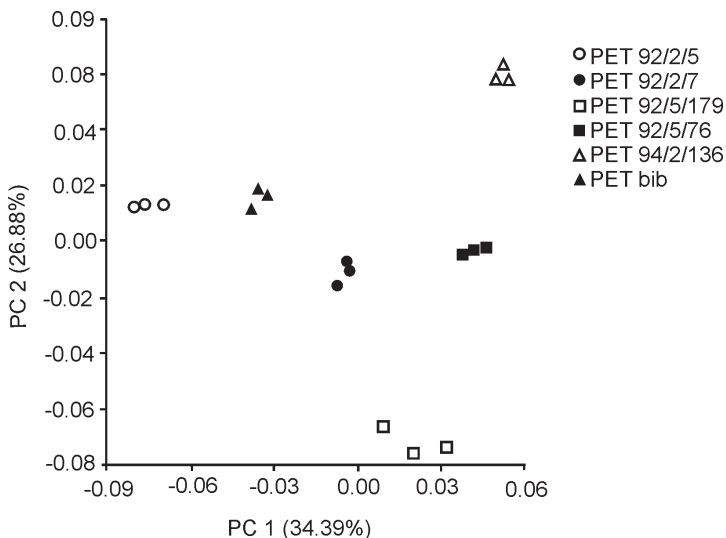
Analiza osnovnih komponenti ukazuje na veliku varijabilnost zuba nađenih u Petničkoj pećini. Na celom analiziranom uzorku varijabilnost

oblika je još kompleksnija, na šta ukazuje kumulativni procenat prve dve glavne komponente, koji je manji od 50%. Grupe definisane na osnovu taksonomske pripadnosti su se u velikoj meri preklapile. Međutim, CV analiza ukazuje da se na osnovu oblika može razlikovati pet grupa, koje reflektuju taksonomsku pripadnost uzoraka. Na CV dijagramu jasno se izdvajala i podvrsta *U. s.* subsp. *deningeroides* iz drugog uzorka.

Uzorci iz Petničke pećine grupisali su se sa uzorcima koji predstavljaju vrstu *U. spelaeus*. Da bi se ispitalo da li rezultati geometrijske morfometrije zuba  $M^2$  reflektuju postojanje svih genetičkih grupa u okviru *U. spelaeus* s. l., bilo bi potrebno analizirati uzorke za koje je molekularnim analizama utvrđena podvrsta. Analiza uzoraka sa većeg broja lokaliteta u kombinaciji sa molekularnim analizama mogla bi dati odgovor na pitanje da li su uočene razlike između grupa zaista genetički uslovljene, ili su posledica razlika u ishrani i sredinskim uslovima (Caumul i Polly 2005; Eronen *et al.* 2010).

## Zaključak

Upotrebom geometrijske morfometrije, na osnovu oblika stalnih molara  $M^2$ , dobijeno je da pećinski medved iz Petničke pećina pripada vrsti

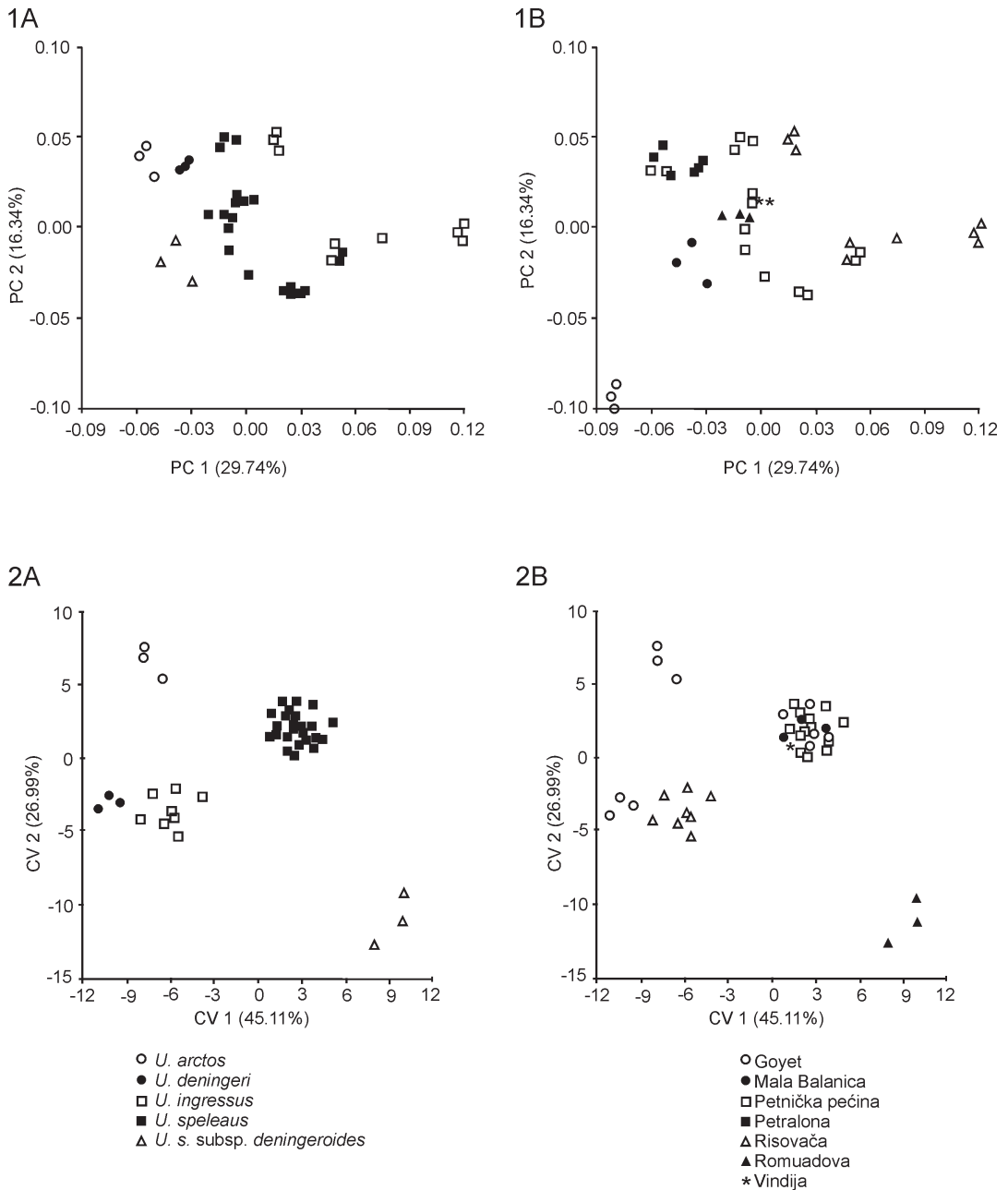


Slika 2.

Analiza glavnih komponenti (PCA) oblika stalnih zuba pećinskog medveda  $M^2$  nađenih u Petničkoj pećini

Figure 2.

Principal Component Analysis (PCA) of cave bear permanent teeth  $M^2$  from Petnica cave



Slika 3. Analiza glavnih komponenti (gore) i Kanonijsla analiza (dole) oblika stalnih zuba  $M^2$  četiri izumrla taksona pećinskog medveda (*Ursus deningeri*, *U. ingressus*, *U. speleaus* subsp. *deningeroides*, i *U. speleaus*) i jednog recentnog taksona medveda (*U. arctos*) (A) nadenih u sedam pećina u Evropi (B)

Figure 3. Principal Component Analysis (above) and Canonical Variate Analysis (bellow) of cave bear permanent teeth  $M^2$  shape representing four extinct cave bear taxa (*Ursus deningeri*, *U. ingressus*, *U. speleaus* subsp. *deningeroides*, and *U. speleaus*) and one recent bear taxon (*U. arctos*) (A) from seven caves in Europe (B)

*Ursus spelaeus*, što je utvrđeno i metodama klasične morfometrije (RGF 1992, 1994). Na osnovu izdvajanja uzoraka koji predstavljaju *U. s.* subsp. *deningeroides*, može se pretpostaviti da se geometrijska morfometrija zuba  $M^2$  može koristiti čak i za odeđivanje taksona do nivoa podvrste. Međutim, na osnovu trenutno raspoloživih podataka, ne može se odrediti podvrsta kojoj pripadaju uzorci iz Petničke pećine.

Pored *Ursus speleus* subsp. *Deningeroides*, trebalo bi uključiti i uzorke *U. s.* subsp. *spelaeus*, *U. s.* subsp. *eremus* i *U. s.* subsp. *ladinicus*, kako bi se moglo ispitati da li rezultati geometrijske morfometrije zuba  $M^2$  reflektuju postojanje svih genetičkih grupa u okviru *U. spelaeus* s. l.

**Zahvalnost.** Zahvaljujem se dr Vladimiru Jovanoviću sa Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković” iz Beograda koji mi je svojim stručnim savetima i smernicama u toku istraživanja pomogao u izradi ovog rada.

## Literatura

Athen K. 2006. Biostatistical investigation of long bones and metapodial bones of *Ursus spelaeus* and *Ursus deningeri*. *Scientific annals, School of Geology, Spec. volume* **98**: 159.

Baryshnikov G., Germonpré M., Baryshnikova S. 2010. Cave bear (*Ursus spelaeus*) from Chamber B of the Goyet Cave in Belgium. *Russian Journal of Theriology*, **9** (2): 93.

Caumul R., Polly P. D. 2005. Phylogenetic and environmental components of morphological variation: skull, mandible and molar shape in marmots (*Marmota*, Rodentia). *Evolution; international journal of organic evolution*, **59** (11): 2286.

Cvetković N., Dimitrijević V. 2014. Cave bears (Carnivora, Ursidae) from the Middle and Late Pleistocene of Serbia: A revision. *Quaternary International*, 339-340: 197.

Eronen J. T., Evans A. R., Jernvall J., Fortelius M. 2010. The impact of regional climate on the evolution of mammals: a case study using fossil horses. *Evolution; international journal of organic evolution*, **64** (2): 398.

Grandal-D'anglade A., Vidal Romaní J. 1997. A population study on the cave bear (*Ursus spelaeus*) from cova eiros (Triacastela, Galicia, Spain). *Geobios*, **30**: 723.

Ivanović A., Kalezić M. 2009. *Evoluciona morfologija – teorijske postavke i geometrijska morfometrija*. Beograd: Biološki fakultet

Kurtén B. 1971. *The Age of Mammals*. Littlehampton: Columbia University Press

Knapp M., Rohland N., Weinstock J., Baryshnikov G., Sher A., Nagel D., Rabeder G., Pinhasi R., Schmidt H. A., Hofreiter M. 2009. First DNA sequence from Asian cave bear reveal deep divergences and complex phylogeographic patterns. *Molecular Ecology*, **18**: 1225.

Peigné S., Goillot C., Germonpré M., Blondel C., Bignon O., Merceron G. 2009. Predormancy omnivory in European cave bears evidenced by a dental microwear analysis of *Ursus spelaeus* from Goyet, Belgium. *PNAS*, **106** (36): 15390.

Rabeder G., Tsoukala E., 1990. Morphodynamic analysis of some cave-bear teeth from Petralona Cave (Chalkidiki, N. Greece). *Beiträge zur Paläontologie von Österreich*, **16**: 103.

RGF 1992. Izveštaj sa terenske nastave studenata paleontologije održane u Petnici 9-15. aprila 1992. Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd

RGF 1994. Izveštaj sa terenske nastave studenata paleontologije održane u Petnici 24-30. aprila 1994. godine. Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd

Rohlf F. J. Slice D. 1990. Extensions of the Procrustes Method for the Optimal Superimposition of Landmarks. *Systematic Biology*, **39**: 40.

Rohlf F. J. 2009. tpsDig. Version 2.14. Department of Ecology and Evolution, State University of New York. Dostupno na <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>

Seetah K., Cardini A., Preston M. 2012. Can morphospace shed light on cave bear spatial-temporal variation? Population

dynamics of *Ursus spelaeus* from Romualdova pecina and Vindija, (Croatia). *Journal of Archaeological Science*, **39**: 500.

Sheets HD. 2000. Integrated morphometrics package (IMP). Dostupno na <http://www3.canisius.edu/~sheets/moremorph.html>

Zelditch M. L., Swiderski D. L., Sheets D. H., Fink W. L. 2004. *Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer*. San Diego: Elsevier

---

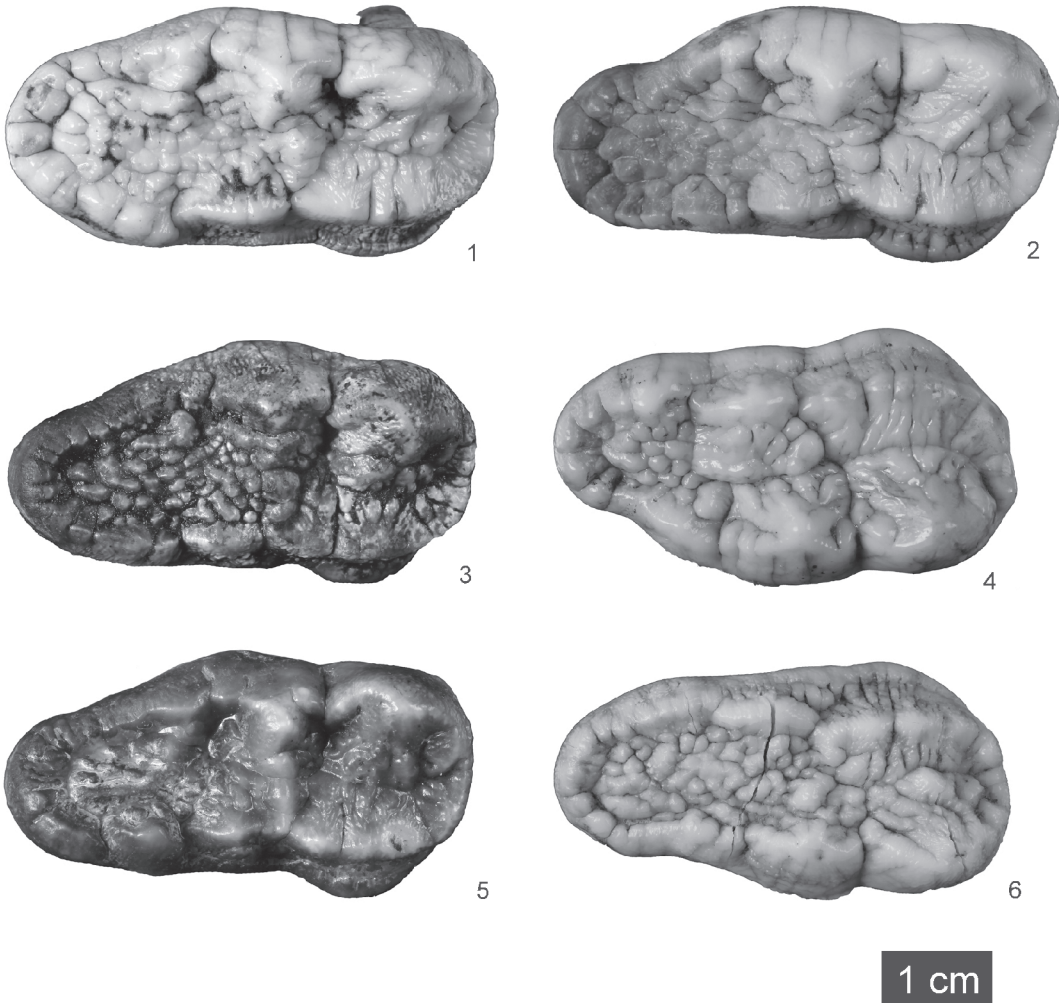
Radmila Nikolić

## Identification of the Taxonomical Position of Cave Bear (*Ursus spelaeus*) from Cave Petnička Pećina Based on the Shape of the Permanent Upper Teeth M<sup>2</sup>

Cave bear (*Ursus spelaeus*) was widespread in Europe occupying various habitats. Therefore, adaptations to diet in different local conditions are expected. Like in other karst areas of Europe, the cave bear is a dominant member of the fauna of large mammals in Pleistocene cave deposits in Serbia, in particular in cave Petnička pećina, in western Serbia. During archaeological excavations in 1992 and 1994 a large number of remains of cave bears were found. The aim of this study was to determine the variability of upper permanent second molars of cave bear samples found in cave Petnička pećina, as well as to test whether the shape of the permanent upper molars can be used to determine the taxonomic position of the samples. For this study we used 16 permanent upper molars (M<sup>2</sup>), six of them from the basic collection of teeth which were found in cave Petnička pećina and are now part of the Petnica Science Center archaeological collection (photos given in Appendix), and the photos of upper molars from six other caves (Mala Balanica and

Risovača in Serbia, Romualdova and Vindija in Croatia, Goyet in Belgium and Petralona in Greece), which represent the four extinct taxa (*Ursus spelaeus* subsp. *spelaeus*, *U. spelaeus* subsp. *deningeroides*, *U. ingressus* and *U. deningeri*) and one recent (*U. arctos*) published in literature (Baryshnikov *et al.* 2010; Cvetković and Dimitrijević 2014; Seetah *et al.* 2012). We chose the 12 landmarks that provide an adequate summary of specific aspects of teeth occlusal surface shape. To analyse sexual dimorphism in ventral cranium size and shape, we applied Procrustes-based geometric morphometrics. A generalized Procrustes analysis (GPA) was applied to obtain a matrix of shape co-ordinates from which differences due to position, scale and orientation were removed. The GPA was performed using CoordGen6, IMP series. The geometric measure of size was computed as centroid size (CS), which is a measure of the dispersion of landmarks around the centroid of the landmark configuration. Variations in CS among taxa and localities were analyzed using ANOVA. To provide a visual summary of shape variation and group differences, scatter-plots were produced by projecting shape coordinates of specimens onto either the main axes of overall sample variance regardless of groups in a principal component analysis (PCA), or onto the axes that provide the best discrimination of a priori groups relative to within-group variance in a canonical variate analysis (CVA). Principal Component Analysis showed great variability among the samples from cave Petnička pećina and even greater among all samples. On the other hand, Canonical Variance Analysis clearly differentiates five taxa. Although the number of analyzed samples is small, the results of this study indicate that the shape of permanent molars M<sup>2</sup> occlusal surface can be used for identification of species, and even subspecies of cave bears, and that samples of teeth from cave Petnička pećina belong to the *U. spelaeus*, as determined with traditional morphometry.

## Prilog



Fotografije zuba iz Petničke zbirke

Inventarske oznake: 1 – PE/92/2/5, 2 – PE/92/2/7, 3 – PE/92/5/76, 4 – PE/94/2/136, 5 – PE/92/5/179, 6 – PET bib (bez inventarskog broja) (foto: R. Nikolić)

Photographs of teeth from the Petnica archaeological collection

Inventory numbers: 1 – PE/92/2/5, 2 – PE/92/2/7, 3 – PE/92/5/76, 4 – PE/94/2/136, 5 – PE/92/5/179, 6 – PET bib (no inventory number) (photo: R. Nikolić)

