

Starost stalagmita iz tunela Ravne 3, Visoko

Piše: Amna Agić, terenski arheolog Fondacije

Tuneli Ravne 3 otkriveni su u augustu 2018. godine u sklopu volonterske sezone. Pri samom pogledu na parcelu, dr. Semir Osmanagić uočio je vidljive konglomeratne stijene. Tom prilikom otkriveno je pet ulaza u tunele Ravne 3. Fondacija "Arheološki park: Bosanska piramida Sunca", tokom 2019. godine izvršila je preliminarne arheološke istraživanja u tunelima Ravne 3 u dvije komore koje su bile otvorene. Prilikom arheoloških istraživanja, otkriven je niz različitih predmeta iz različitih vremenskih perioda, počevši od perioda neolita, rimskog doba i perioda srednjeg vijeka. Neki od najreprezentativnijih predmeta su rimski kosijer, rimska tegula ili rimski krovni crijep, dio nakita-privjesak, kao i ulomci keramičkih posuda koji dominiraju. Pronađeno je 3132 ulomka keramike, te na osnovu tog broja zaključili smo da smo pronašli barem šest različitih posuda, različitih oblika i tipova.¹ Druga sekcija, ili komora, u sebi ne sadrži arheološki materijal.



¹ Za više informacija o arheološkim istraživanjima tunela Ravne 3 tokom 2019. godine, pogledati Izvještaj o arheološkim istraživanjima u tunelima Ravne 3, Visoko

Slika 1: Tuneli Ravne 3, ulaz C3, sekcija tunela u kojoj su izvršena preliminarna arheološka istraživanja (foto: A. Agić, 2019)



Slika 2: Položaj stalagmita i stalaktita u tunelima Ravne 3, sekcija A (foto: R. Hoyle)

Stalagmiti

Sekcija A, unutar tunela Ravne 3 duga je 65 metara. Tokom preliminarnih arheoloških istraživanja 2019. godine, stručni tim Fondacije, sistamatski je ispitao 40 metara spomenute sekcije. Tačno na sredini sekcije, otkriveni su stalagmiti koji su se nalazili na površini tunela, tačnije na ploči za koju pretpostavljamo da se s vremenom obrušila sa stropa tunela. Tim Fondacije poslao je tri uzorka stalagmita na datiranje, u dvije različite laboratorije, koristeći dvije različite metode datiranja.

Stalagmiti su talozi koji s poda podzemnih prostora rastu prema gore. Različitih su oblika, a nastaju kapanjem vode sa stropa ili sa stalaktita iznad njih. Obično imaju zaobljen vrh a većega su promjera od pripadajućeg stalaktita iznad. Za razliku od stalaktita, nemaju središnji kanal. Kapljica vode koja padne sa stalaktita ili sa stropa obično sadrži nešto hidrokarbonata u otopini. Tokom pada kroz zrak, a posebno pri udaru o pod, iz kapljice se oslobađa CO_2 te se taloži CaCO_3 .²

Visina s koje kapljica pada, brzina kapanja, isparavanje i količina hidrokarbonata u otopini određuju veličinu i oblik stalagmita. Obično je potrebni i po nekoliko stotina godina da se površna pripremi, a stalagmit počne formirati. Masivniji stalagmiti nastaju pri brzom kapanju, kada se taloženje odvija i po bokovima stalagmita koji tada raste i u širinu. Kod sporijeg kapanja većina taloga ostaje na vrhu stalagmita koji postaje visok i tanak. Karbonatni slojevi okomiti su na smjer rasta stalagmita. Ovisno o promjeni sastava otopine iz koje nastaju, te o poplavnim talozima koji ih mogu povremeno prekriti, slojevi mogu biti različitog sastava i boje.

Starost stalagmita može se odrediti relativno i apsolutno. Relativna starost određuje se upoređivanjem redoslijeda rasta, iz čega doznajemo koji stalagniti ili njihovi slojevi su stariji, a koji mlađi. Apsolutna starost izražava su godinama, a određuje se najčešće mjerenjem nestabilnog (radioaktivnog) izotopa ugljika C^{14} , te odnosom izotopa uranija ^{234}U i torija ^{230}Th .

Uklanjajući dio ploče u sekciji A u tunelima Ravne 3, na kojoj su se nalazili već formirani stalagmiti, došli smo do otkrića prvog suhozida S1 u tunelima Ravne 3. Suhozid S1 nalazio se ispod sloja stalagmita koje smo prethodno datirali u dvije europske laboratorije. Prva analiza stalagmita S001 iz Kijeva (Ukrajina) radiokarbonskom metodom pokazala nam je starost od 26.200 +/- 200 godina. Radiokarbonska metoda ili C^{14} metoda, metoda za apsolutno određivanje starosti. Ugljenik (C) ima tri glavna izotopa: stabilne C^{12} i C^{13} , i radioaktivni C^{14} . Koncentracija C^{14} u atmosferi relativno je konstantna, kao i u živim bićima koja unose ugljenik u organizam (tzv. ugljenikov ciklus- biljke uzimaju ugljenik iz vazduha, biljojedi hraneći se biljkama, mesožderi hraneći se biljojedima). Uginućem organizma prestaje uništenje ugljenika, a količina radioaktivnog C^{14} postepeno se smanjuje. S obzirom na to da je brzina raspada poznata, količina C^{14} mjerljiva, može se odrediti vrijeme koje je proteklo od trenutka uginuća organizma.³ Metoda daje najbolje

² <https://bs.wikipedia.org/wiki/Stalagmit>, 25.9.2020.

³ Srejšović 1997, 866.

rezultate pri određivanju starosti od 1.000 do 50.000, a sa manjom sigurnošću i do 70.000 godina, odnosno uzoraka mlađih od 1.000 godina.⁴



Slika 3: Prvi otkriveni suhozid S1 u tunelima Ravne 3 (foto: R. Hoyle, 2019)

Uranijum- torijum metoda datiranja

⁴ Isto, 866.

Radiometrijsko datiranje, postupak je određivanja starosti stijena na osnovu radioaktivnog raspada pojedinih elemenata. U širokoj je upotrebi već više od pola vijeka. Do danas je usavršeno preko 40 različitih postupaka gdje svaki koristi različit radioaktivni element ili različitu metodu mjerenja njegovog sadržaja. Ova metoda u arheologiji poznata je i kao Uranijumov niz. Na osnovu ove metoda određuje se starost, na osnovu procesa radioaktivnog raspadanja uranija, koji sadrži radioaktivne izotope urana U^{238} i U^{235} , i torijuma Th^{232} , koji se raspadaju na seriju izotopa.⁵ Veći broj članova tog niza su izotopi s kratkim periodom poluraspada, ali je kod nekih dužina perioda poluraspada dovoljna da bi bila značajna za datovanje: u nizu U^{238} to su izotopi jonijskog uranija U^{234} (245.000 godina) i torijuma Th^{230} (75.400 godina) i u nizu U^{235} - izotop protaktinijuma Pa^{231} (32.500 godina). Metoda se može primijeniti za različite materijale.⁶

Dakle, Uranijum- torijum radiometrijska metoda temelji se na određivanju sadržaja torija i uranija. Istovremeno s rastom stalagmita, odnosno taloženjem kalcita izlučuju se u vrlo malim količinama i kompleksni uranijumovi karbonati. Radioaktivni uranij nastavit će se raspadati u torij, te će naslage, što su starije, sadržavati više torija a manje uranija. Granica za određivanje starosti naslaga ovom metodom je 350.000 do 400.000 godina, s greškom do 5%. Prosječnu starost rasta taloga moguće je odrediti na temelju njihove starosti, uzimajući u obzir manje ili veće prekide rasta.

⁵ Srežović 1997, 1076.

⁶ Isto, 1076.

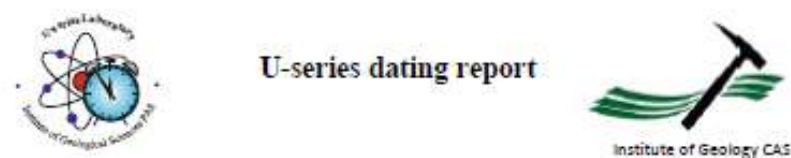


Slika 4: Primjer stalagmita S002, tuneli Ravne 3, Visoko (foto: R. Hoyle)

Druga analiza stalagmita S002 uranijum- torijumskom metodom dala nam je starost 5.900 ± 200 godina. Dakle, različite metode, na nekoliko različitih uzoraka stalagmita, dale su nam različite rezultate. Uzrok tome je vjerovatno slanje različitog uzorka stalagmita. Prilikom uklanjanja površinskog sloja stalagmita, na dubini od 20 cm ispod površine, pronalazimo još jedan sloj stalagmita. Stalagmiti, koji su pronađeni ispod površinskih, stariji su od ovih koji su se nalazili na površini

Labaratorijska analiza stalagmita US001, koji se nalazio u donjem sloju ploče, urađena na Institutu za geologiju na Akademiji nauka Češke, dala nam je starost stalagmita od 19.000 ± 1.000 godina. Uzorak stalagmita S008, datiran istom metodom, dao nam je starost od 15.000 ± 1.000 godina. Uranijum i torijum su odvojeni iz karbonske matrice koristeći hromografsku metodu sa TRU hemijskom smolom. Postupak je urađen u laboratoriji Instituta za geološke nauke Poljske Akademije nauka (Varšava, Poljska). Interni standardni uzorci istovremeno su pripremljeni za proučavanje uzoraka. Izotopsi sastav mjerenja uranijuma i torijuma izveden je na Institutu za

geologiju České Akademie nauka (Prag, Česka). U prilogu rezultati laboratorijske analize uranijum- torijum metodom datiranja.



Samples quantity: 2

Material: calcite powder

Method description:

Chemical procedure of uranium and thorium separation

After thermal decomposition of organic matter a ^{233}U - ^{232}Th spike is added to samples before any further chemical treatment. Sample is dissolved in nitric acid. Uranium and thorium is separated from carbonate matrix using chromatographic method with TRU-resin. Chemical procedure has been done in U-series Laboratory of Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences (Warsaw, Poland). Internal standard sample and blank sample were prepared simultaneously any series of studied samples.

Measurement

Isotopic composition of U and Th measurement has been performed in Institute of Geology of the CAS, v. v. i. (Prague, Czech Republic). Measurements were performed with a double-focusing sector-field ICP mass analyzer (Element 2, Thermo Finnigan MAT). The instrument was operated at a low mass resolution ($m/\Delta m \geq 300$). Measurement results were corrected for counting background and chemical blank.

Results:

Lab. no.	Sample	U cont. [ppm]	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ A/R	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ A/R	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ A/R	Age [ka]	*Corrected age [ka]	**Initial $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ A/R
1518	US001	0.0277±0.0003	1.2743±0.0053	0.2281±0.0053	1.823±0.037	32.38±0.76	19±1	1.289±0.068
1519	S008 (a)	0.0498±0.0002	1.2334±0.0049	0.2308±0.0050	1.696±0.037	28.54±0.71	15±1	1.243±0.083

Calculations use the decay constant of Jaffey et al., 1971 (^{238}U), Cheng et al., 2013 (^{234}U and ^{230}Th) and Holden, 1996 (^{232}Th). Ages do not include uncertainties associated with decay constants.

A/R – activity ratio.

* Corrected ages using typical silicate activity ratios $^{230}\text{Th}/^{234}\text{Th} = 0.93 \pm 0.42$ derived from the $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ activity ratio = 1.21 ± 0.6 , $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ activity ratio = 1.8 ± 0.1 , and $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratio = 1.0 ± 0.1 (e.g., Cruz et al., 2005).

** Calculated based on $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ A/R corrected for detrital contamination and corrected age.

Cheng H, Edwards RL, Shen C-C, Polyak VJ, Aarnes Y, Woodhead J, Hellstrom J, Wang Y, Kong X, Sy C, Wang X, Alexander JC. 2013. Improvements in ^{230}Th dating, ^{230}Th and ^{234}U half-life values, and U-Th isotopic measurements by multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry. *Earth and Planetary Science Letters* 371-372: 82-91.

Cruz Jr., P., Burns, S.J., Karmann, I., Sharp, W.D., Valle, M., Cardozo, A.O., Ferrari, J.A., Dias, P.L.S., Viana Jr., O., 2005. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 136,000 years in subtropical Brazil. *Nature* 434, 63–68.

Holden, N.E., 1990. Total half-lives for selected nuclides. *Pure and Applied Chemistry*, 62: 941-958.

Jaffey, A.H., Flynn, K.F., Glendenin, L.E., Bentley, W.C., Essling, A.M., 1971. Precision measurement of half-lives and specific activities of U-235 and U-238. *Physical Review C* 4: 1889-1905.

Slika 5 : Izvještaj uranijum- torijumske analize stalagmita US001 i S008 (Institut za geologiju, Česka akademija nauka, Prag)

Obzirom na veliki broj stalagmita pronađenih u tunelima Ravne 3, koji su i dalje ostaju in situ u sekciji A, pa tako i u sekciji A2, buduće laboratorijske analize su neophode za razumijevanje hronologije antropogene aktivnosti pa tako i razumijevanje hronološkog slijeda unutar tunela Ravne 3.

Reference

AGIĆ 2019.: Amna Agić, *Izveštaj o arheološkim istraživanjima u tunelima Ravne 3*, Visoko, Fondacija "Arheološki park: Bosanska piramida Sunca"

HOYLE 2020.: Richard Hoyle, *Geochronology of Ravne 3 Speleothems: Samples; S008 & US001*, BPS Foundation

SREJOVIĆ 1997.: Dragoslav Srejskić, *Arheološki leksikon- preistorija Evrope, Afrike i Bliskog istoka, grčka, etrurska i rimska civilizacija*, Savremena administracija, Beograd

Elektronski izvori:

- <https://bs.wikipedia.org/wiki/Stalagmit>, pristupljeno: 25.9.2020.