

Spremljanje temperature zraka v turistični jami Lehman Caves (Nevada, ZDA)

Stanka Šebela *

Povzetek

V obdobju od 7. 8. 2015 do 28. 9. 2016 smo v turistični jami Lehman Caves (Nevada, ZDA) na dveh mestih (GBNP 1 in GBNP 2) spremljali temperaturo zraka z urnimi meritvami. Namen je bil ugotoviti vpliv turizma na jamsko okolje. Merilno mesto GBNP 1, ki je bilo ob turistični poti, kaže letna nihanja temperature zraka v razponu od 10,7 do 11,6° C. Povprečna letna temperatura zraka na GBNP 1 je 11,15° C, dnevna nihanja poleti znašajo 0,2° C, pozimi pa ne presežejo 0,1° C. V ne-turističnem delu v podorni dvorani West Room (GBNP 2) je temperatura stabilna skozi celo leto in sicer se giblje okrog 11,1 ° C. Prvo mesto ob turistični poti (GBNP 1) je bližje delno zaprtega prvotnega vhoda v jamo, ki predstavlja krajše (<10 m) navpično brezno, zato na tej lokaciji beležimo izrazitejši padec temperature zraka v zimskem obdobju in višjo temperaturo poleti. Višjo temperaturo zraka poleti v turističnem delu jame je treba pripisati tudi povečanemu turističnemu obisku.

Ključne besede: jamska meteorologija, Lehman caves, Nevada, ZDA.

Keywords: cave meteorology, Lehman Caves, Nevada, USA.

Uvod

V okviru bilateralnega projekta BI-US/15-16-054 smo v sodelovanju z Univerzo v Las Vegasu (UNLV, Department of Civil and Environmental Engineering) in Great Basin National Park (GBNP, Nevada) opravljali raziskave jamske mikro-klime v turistični jami v Nevadi Lehman Caves, ki se nahaja v narodnem parku Great Basin. Na podlagi enoletnih (avgust 2015 - avgust 2016) meritev temperature jamske zraka so podani osnovni klimatski parametri kot podlaga nadgradnje študije v trajni monitoring jamskega okolja.

Večina Nevade pripada bazenu Great Basin, ki v hidrološkem smislu predstavlja teren iz katerega ni odtoka površinskih voda v morje. V geološkem smislu je to ozemlje sestavljeno iz dolin in gorskih grebenov, ki jo imenujejo Basin and Range. V Nevadi je več kot 400 gorskih grebenov, ki so usmerjeni v smeri S-J. Med najvišjimi vrhovi na področju Basin and Range sta Telescope Peak (Panamint Range, 3367 m) in Wheeler Peak (Snake Range, 3982 m), najvišji je Boundary Peak (4006 m) na meji med Nevado in Kalifornijo. Zemeljska skorja na področju Basin and Range je bila tektonsko dvignjena in stanjšana. Ekstenzija se je vršila v smeri Z-SZ in V-JV (Collier, 1990; Wernicke et al. 1988). Večina gorskih grebenov je bila nagnjenih proti V ali Z zaradi premikov ob prelomih. V splošnem so gorovja na zahodnem delu Basin and Range mlajša kot tista na vzhodu, saj se je prelamljanje in dviganje selilo proti zahodu.

Basin and Range se razteza preko sedmih zveznih držav ZDA in Mehike. Ekstenzija (v kenozoiku) je zajela 240 km velik teren, ki sega od Lake Mead preko Death Valley do južne Sierra Nevade in se zadnjih 15 milijonov let premika proti zahodu. V začetku je bila ekstenzija velikosti 2,5 cm/leto, v zadnjih 5 milijonih let se je zmanjšala na tretjino.

* ZRC SAZU Inštitut za raziskovanje krasi, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenija

Ekstenzija take velikosti je povezana s premikanjem kontinentov in tektoniko plošč. Basin and Range je sicer v celoti del severno Ameriške plošče. Pokrajino sestavljajo številni zmični in normalni prelomi. Večina ekstenzije v Basin and Range se vrši ob položnih normalnih prelomih. Zaradi ekstenzije je skorja pod površjem debela le 24 km. Kontinentalna skorja je na robovih debelejša, 40 km pod platojem Kolorada in 48 km pod Sierra Nevado (Collier, 1990). Današnja tektonska aktivnost se vrši ob kvartarnih prelomih v bazenih zapolnjenih z aluvijem.

V narodnem parku Great Basin je več kraških jam, vendar je turistična jama le Lehman Caves. Jama je razvita v apnencih (Pole Canyon) iz srednjega Kambrija, ki so odloženi na Pioche skrilavce. Debelina Pole Canyon apnenca v Snake Range je 550 m.

V Great Basin National Park rastejo najstarejša drevesa na svetu Bristlecone pine, ki so lahko stara tudi 4.950 let (raslo do 1964).

Jama Lehman Caves je zgrajena iz apnencev (Pole Canyon apnenca, Kambrij), ki so delno spremenjeni v marmor. Znotraj Pole Canyon apnencev zasledimo prehajanje od svetlih do temnih, tankih do masivnih karbonatov z manjšimi kvarcitnimi in skrilavimi enotami, kot tudi dolomit, kar so določili v bližnjih gorskih grebenih (Drewes & Palmer 1957). Jama je izredno bogata s kapniki v obliki palet, ki naj bi jih bilo vsaj 300. Vhod v jamo je v nadmorski višini 2130 m pod goro Wheeler Peak (3982 m), ki jo gradijo kvarciti. V jami se poleg kalcitnih kapnikov nahajajo drobni iglasti kristali aragonita in sadre. Debelina apnencev delno spremenjenih v marmor v katerih je razvita jama je 450 m. Današnji vhod v jamo in izhod sta umetno izkopana, vendar je nekoč obstajala povezava s površjem, saj so v stranskem rovu odkrili ostanke živalskih kosti in prisotnosti ljudi. Indijanci naj bi to jamo poznali v obdobju 1000 let našega štetja. Tudi obiskovalci, ki so jamo odkrili, so vanjo prišli po navpičnem rovu iz površja. Odkritelj jame je rudar Absalom S. Lehman, ki jo je našel leta 1885 (Schmidt, 1987).

Na podlagi raziskav stabilnih izotopov kapnikov ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$) in slednih elementov (Mg/Ca, Sr/Ca) dveh kapnikov iz Lehman Caves (West Room, Inscriptions Room) so določili vlažno obdobje v Great Basin od 139.000-130.000 let, medtem ko je bilo od 130.000-128.000 let bolj suho obdobje. Glavni vzrok spremembe klime je taljenje ledenih plošč na severu. Za obdobje 84.000-81.000 let je značilno ohlajanje, kar povezujejo s severno Atlantsko klimo (Cross et al. 2015).

Raziskave Holocena v Great Basin so pokazale, da je starost dveh stalagmitov iz Lehman Caves (West Room, Civil Defence Room) 16.400-3.800 let. Vlažno obdobje je bilo od 12.700-8.200 let. Po globalnem dogodku pred 8.200 leti je klima prešla v sušne pogoje. Spremembe klime povezujejo z umikom ledu v Hudsonovem zalivu (Steponaitis et al. 2015).

Metode

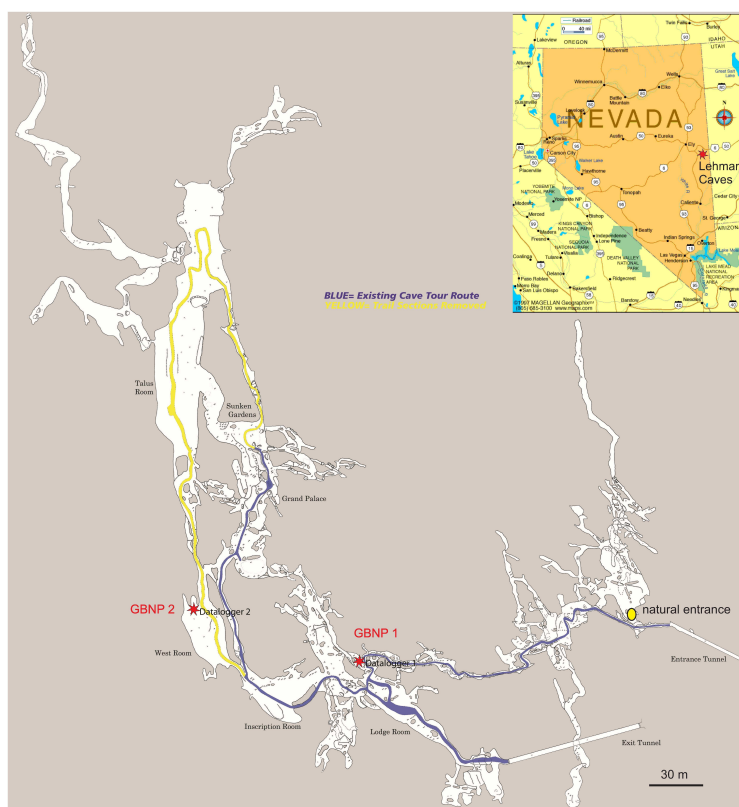
Lehman Caves se nahaja v nadmorski višini 2130 m. Povprečne padavine nad jamo so 33 cm/leto. Prenikla voda v jami, ki potuje skozi strop (30-60 m), je vezana na zimske padavine in potrebuje 1-4 tedne, da doseže rove. Meritve jamske klime v obdobju 2009-2010 kažejo skoraj 100% vlago v jami in povprečno letno temperaturo zraka 11 °C (Steponaitis et al. 2015).

V jami Lehman Caves sta bila od 7. avgusta 2015 nameščena dva merilnika za zvezno merjenje temperature zraka in zračnega tlaka (Van Essen). Merilnika smo po pošti poslali iz Postojne. Naš namen je bil enoletno spremljanje urnih podatkov na dveh lokacijah v jami (ena ob turistični poti GBNP 1, druga stran od turistične poti v podorni dvorani West

Room GBNP 2) ter primerjava z zunanjimi meteorološkimi podatki in številom obiskovalcev. Za opravljanje teh meritev v jami smo potrebovali dovoljenje, ki smo ga dobili s strani National Park Service (GRBA-2015-SCI-0015; začetek raziskav 10. julij 2015, konec raziskav 19. julij 2016) z naslovom: Climatic monitoring in show caves: comparison of conditions from Slovene karst caves with karst areas of Southern Nevada USA. Namen raziskave je ugotoviti vpliv turizma na jamsko klimo, predvsem na temperaturo zraka v jami, hkrati pa tudi razumevanje povezave jamske klime z zunanjo. Podobne raziskave se na primeru slovenskih jam kot sta Postojnska jama in Predjama vršijo že od leta 2009.

Rezultati

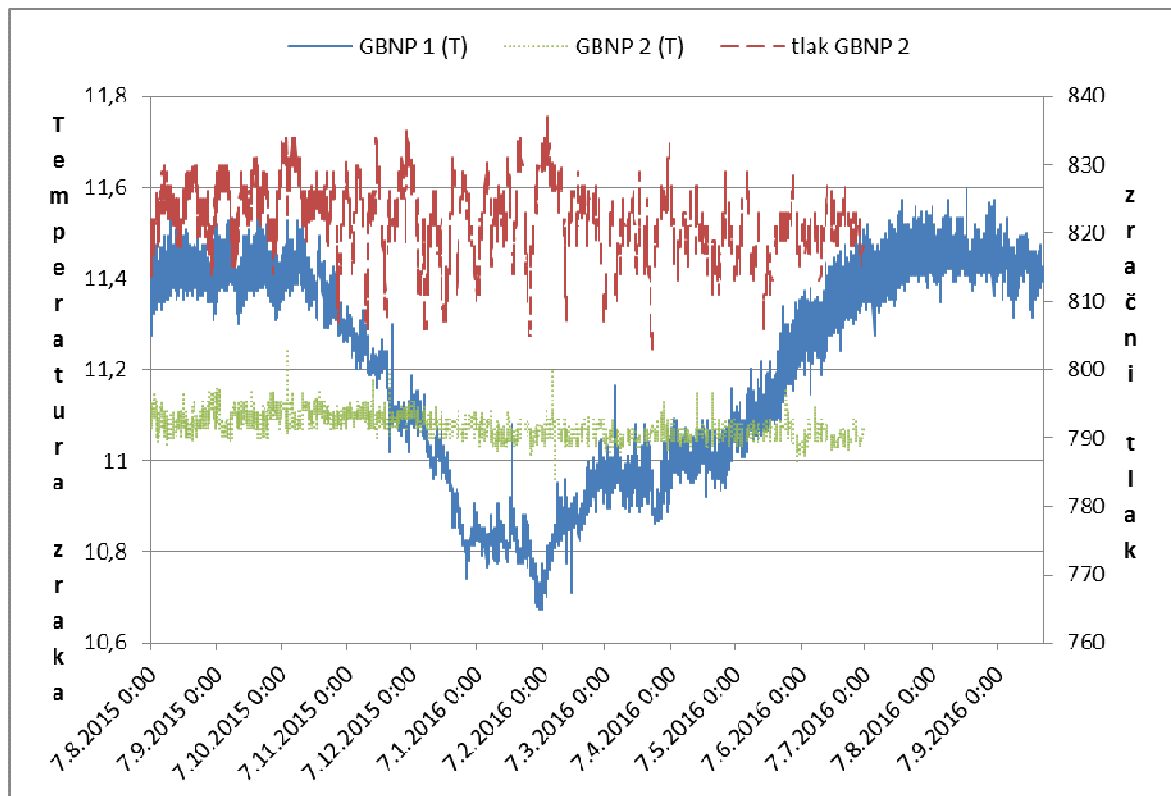
V jami smo med obiskom ZDA 24.6.-13.7.2016 odčitali podatke iz dveh inštrumentov (Sliki 1 in 2). Prvi inštrument (tik ob turistični poti) za merjenje temperature zraka in zračnega tlaka je stalno beležil urne podatke, drugi (izven turistične poti), ki je bil nameščen v podorni dvorani West Room (50 m pod površjem, Steponaitis et al. 2015), pa je le delno beležil podatke, zato smo ga 6. julija 2016 odstranili iz jame. Prvi inštrument je v jami beležil podatke do 28. septembra 2016.



Slika 1: Lehman Caves (Nevada) – položaj merjenja temperature zraka (°C) in zračnega tlaka v obdobju od 7.8.2015 do 28.9.2016. Datalogger 1 (GBNP 1), datalogger 2 (GBNP 2).

Nizke vrednosti radona in ogljikovega dioksida v jami kažejo na ventilacijo in izmenjavo zraka z zunanostjo. Letno število obiskovalcev v Lehman Caves je bilo v

obdobju julij 2015 do julij 2016, 40.600, pri čemer je bilo julija 2016, 7800 obiskovalcev. Dnevni obiski so omejeni na manjše skupine. Jamska temperatura zraka na mestu GBNP 1 ob turistični poti (Slika 3) je bila v obdobju od avgusta 2015 do 28. septembra 2016 v razponu 10,7 do 11,6° C (Slika 4). V ne-turističnem delu v podorni dvorani West Room (GBNP 2, Slika 2) je temperatura bolj konstantna skozi celo leto in sicer okrog 11,1 ° C. Prvo mesto ob turistični poti (GBNP 1, Slika 1) je bližje delno zaprtega prvotnega vhoda v jamo, ki predstavlja krajše (<10 m) navpično brezno, zato na tej lokaciji beležimo izrazitejši padec temperature zraka v zimskem obdobju in višjo temperaturo poleti. Letni razpon temperature je 0,9° C na lokaciji GBNP 1. Dnevna nihanja na GBNP 1 so poleti 0,2° C, pozimi pa $\leq 0,1^{\circ}$ C. Povprečna letna temperatura zraka na GBNP 1 znaša 11,15° C (7 avgust 2015 do 7 avgust 2016).



Slika 2 – Temperatura zraka (°C) na dveh mestih (GBNP 1 in 2) in zračni tlak v Lehman Caves (Nevada) za obdobje od 7.8.2015 do 28.9.2016.

Tudi število obiskovalcev vpliva na dvig temperature zraka na mestu GBNP 1, kar je razvidno na Sliki 2. Temperatura zraka v avgustu in septembru 2015 je za 0,1° C nižja od enakega obdobja v letu 2016. Julija 2015 je bilo v jami 6400 obiskovalcev, julija 2016 pa 7800.

Nizke zimske temperature zraka (januar do marec 2016), kljub nizkemu številu obiskovalcev (januarja 100, februarja 200 in marca 1900) na mestu GBNP 1 kažejo na dotok hladnega zunanega zraka (skozi naravni vertikalni vhod ali/in skozi umetna tunela), saj sicer temperatura pozimi ne bi smela pasti pod stabilno letno temperaturo v West Room (GBNP 2).



Slika 3 – Lehman Caves (Nevada) – položaj merjenja temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) in zračnega tlaka (GBNP 1). Foto: S. Šebela



Slika 4 – Lehman Caves (Nevada) – položaj merjenja temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) in zračnega tlaka v West Room (GBNP 2). Foto: B. Luke



Slika 5 – Lehman Caves (Nevada) – razpoka v stebru, višina stebra je okrog 1,2 m.
Foto: S. Šebela.

V jami je bogata favna (npr. psevdoškorpijoni). Iz jam v Nevadi so poročali (Disney et al. 2011) tudi o najdbi 5 novih vrst muh (Diptera: Phoridae). Največji problem v jami zaradi obiskovalcev je povečan vnos »kosmov« oblačil, ki se nabirajo na kapnikih, kot tudi v vhodnem in izhodnem umetnem tunelu. Upravljavec jame organizira prostovoljno čiščenje. Zaradi razsvetljave je na nekaterih mestih prisotna lampenflora. Nekateri kapniki so zlomljeni zaradi nevednosti (ali podjetnosti) prvih obiskovalcev. V jami so tudi stari podpisi.

Od naravnih pojavov je potrebno omeniti razpoke (npr. na stebru; Slika 5) in zlomljeno paleto, kar kaže na aktivne tektonske premike.

Zaključek

V okviru bilateralnega projekta med Slovenijo in ZDA sem v letu 2016 imela predavanje na tuji univerzi (UNLV), opravili smo terensko delo v Great Basin National Park (Lehman Caves), odčitali celoletne podatke temperature zraka v jami in zračnega tlaka ter pridobili pomembne podatke za nadaljnjo obdelavo in skupno objavo. Podatki so uporabni tudi za upravljavce (Great Basin National Park) turistične jame Lehman Caves. Projekt se je od prvotne ideje (aktivna tektonika in kras) oddaljil zaradi razmer na terenu in časovne omejitve terenskega dela in se približal razumevanju jamske mikro-klime v turistični jami Lehman Caves in primerjavi z razmerami v turističnih jamah v Sloveniji (npr. Postojnska jama in Predjama).

Raziskava je bila del programa Raziskovanje krasa (P6-0119) in projektov Okoljske spremembe in trajnost v kraških sistemih (IGCP UNESCO projekt 598), Climatic monitoring in show caves: comparison of conditions from Slovene karst caves with karst areas of Southern Nevada USA (GRBA-2015-SCI-0015) in Meritve aktivnih tektonskih mikro premikov, primerjava razmer v slovenskih kraških jamah s kraškimi področji v južni Nevadi ZDA (BI-US/15-16-054).

Literatura

- Collier, M. 1990. An Introduction to the Geology of Death Valley. Death Valley National History Association, 1-50 str., Death Valley.
- Cross, M., McGee, D., Broecker, W. S., Quade, J., Shakun, J.D., Cheng Hai, Lu Yanbin in Edwards, R. L. 2015. Great Basin hydrology, paleoclimate, and connections with the North Atlantic: A speleothem stable isotope and trace element record from Lehman Caves, NV. *Quaternary Science Reviews*, 127, 186-198.
- Disney, H.R., Taylor, S., Slay, M.E. in Krejca, J.K. 2011. New species of scuttle flies (Diptera: Phoridae) recorded from caves in Nevada, USA. *Subterranean Biology*, 9, 73-84.
- Drewes, H. in Palmer, A.R., 1957. Cambrian Rocks of Southern Snake Range, Nevada. *AAPG Bulletin*, 4, 1, 104-120.
- Schmidt, J. 1987. Lehman Caves. Great Basin National History Association, 1-33 str., Salt Lake City.
- Steponaitis, E., Andrews, A., McGee, D., Quade, J., Hsieh, Yu-Te, Broecker, W.S., Shuman, B.N., Burns, S.J. in Cheng Hai, 2015. Mid-Holocene drying of the U.S. Great Basin recorded in Nevada speleothems. *Quaternary Science Reviews*, 127, 174-185.
- Wernicke, B., Axen, G.J. in Snow, J.K. 1988. Basin and Range Extensional Tectonics at the Latitude of Las Vegas, Nevada. *Geological Society of America Bulletin*, 100, 1738.