

CAMERA OBSCURA ЕФЕКАТ У ПЕТНИЧКОЈ ПЕЋИНИ¹ НА ДАН ЛЕТЊЕ ДУГОДНЕВНИЦЕ

МИЛИЈА ЈАКИЋ

*Друштво за археоастрономска и етноастрономска истраживања
"Влашићи"*

E-mail: milijajakic2007@gmail.com

Резиме: На дан 21. јун, 2022. године, од 5.25 ч ујутру по локалном времену (ГМТ+1), до 6.05 сати, уочен је и забележен, снимљен камером мобилног телефона, феномен појаве camera obscura у Петничкој пећини, у селу Петница, поред Ваљева. Пећина је од раније позната као станиште палеолитског човека, неолитског човека касне винчанске културе, а и стари Римљани су боравили у њој. Било би корисно размотрити да ли је неко од њих виђао ове ефекте, придавао им значај, те такође евентуално да ли је активно учествовао у прављењу, или уобличавању истих.

Кључне речи: Камера обскура, Петничка пећина, летња дугодневница.

1. УВОД

Петничка пећина налази се у западној Србији, на 7,5 км југоисточно од града Ваљева. Прво помињане Петничке пећине је од Јоакима Вујића 1826. године приликом његовог путовања по Србији (Вујић 1902). Од тог доба истраживали су је многи научници укључујући Јосифа Панчића² и Јована Цвијића (1924-1926), али је већина њих више пажње посветила извору реке

¹ Кратак преглед у трајању од 3 минута се може погледати овде: https://drive.google.com/file/d/1dSeYP9_Bm3wU1B5ybJxziljb5wZZT9Jj/view?usp=sharing

Цео филм у трајању од пола сата се може погледати овде: <https://drive.google.com/file/d/14f8MvtqPOh4yWsiW-y253rxLxeknQOpu/view?usp=sharing>

² Прво Панчићево путовање са лицејима по Србији, *Наставник*, књ. 25, 1 – 2, Београд 1912.



Слика 1: Улаз у доњу пећину, речица Бања, у предњем плану две дуге оријентисане супротно једна од друге, као да формирају сочиво, фото: М. Јакић.

Бање, која је потајница (интермитентни извор), али са мало неуобичајеним понашањем и за потајницу, јер престаје да тече и поново се јавља у нерегуларним терминима, за разлику од већине других потајница. Близу пећине се налази петничка школа, црква, и Истраживачка станица у Петници захваљујући којој су документовани трагови боравка палеолитског човека (40.000-10.000. п.н.е.), неолитског човека (4000. п.н.е.), и старих Римљана (I-IV век н.е.), а недавно и позне Антике, са више од 20.000. археолошких налаза, што је чини једном од најистраженијих локалитета у Европи.

Тачне координате су: 44° 14' 42.98"Н 19° 56' 8.73"Е Надморска висина улаза Е = 187 м. Састоји се од „Доње пећине“ која је у ствари само окапина промера око 20 метара, из које истиче речица Бања (Сл. 1), и „Горње пећине“ (Сл. 5) са многобројним пећинским каналима дужине око 600 метара, дворанама, језером које је повезано са реком Бањом, воденим током и великом двораном са вигледима.

Велика дворана са вигледима се налази већ на самом улазу у горњу пећину, и заслужује свој назив, јер би се у њу могла сместити десетоспратница, са висином око 35. метара и површином 500 до 1000 м² у зависности да ли се рачунају и бочне просторије, и запремином 10.000 м³, једна је од највећих пећинских дворана у овом делу Европе (Сл. 11).



Слика 2: Вигледи близу стропа пећине, лево мањи, десно већи.

Вигледи (Сл. 2), или прозорци су народни назив за отворе на стропу или плафону пећине, велика дворана има два вигледи, али нису смештени на самом „плафону“ пећинске дворане, већ на некој позицији под косином, као

на споју између плафона и вертикалног зида. Промер мањег вигледа је око 3 x 4 метра (Сл. 6), а већег око 4,4 x 6 метара (Сл. 7) (Лазаревић 1988). Гледајући из центра велике дворане већи виглед је оријентисан ка географском северу, такође налази се под углом од 45 степени у односу на замишљену линију хоризонта. Лево од њега, и мало изнад је мали виглед, а десно и ниже се налази улаз (из тог угла гледано излаз) у горњу пећину и велику дворану. Такође под самим стропом, још лево од малог вигледа, а наспрамно од великог, налази се један бочни хоризонтални канал, дужине 10 метара.

Висина од пода пећине до већег вигледа је 27 метара, а до малог 31 метар, до бочног канала око 25 метара. Пећина је у три наврата била уређивана за туристе, тада је и пробијен канал између доње и горње пећине, и проширен улаз у горњу пећину, али сви покушаји да и буде уређена за туристе су пропали.

Светлосни ефекти које описујемо се дешавају директним продором сунчеве светлости кроз већи виглед, и пројекцијом слике спољног света, сунца које тек излази, и жуто обојеног неба око њега, на позицију између бочног канала и мало испод малог вигледа.

Прво писано помињање насеља Ваљево је у 14. веку у Државном архиву у Дубровнику (Кривошијев 2012). У Ваљеву од 1969. постоји спелеолошка група друштва истраживача "Владимир Мандић Манда" која пећину користи на редовној бази као вежбалиште за спелеолошке и алпинистичке технике.

Прво помињање механизма, или конструкције, саме *obscure* је око 1000 година пре нове ере, од стране кинеских аутора. Од тог доба читава плејада аутора се бавила том појавом укључујући Аристотела и Леонарда да Винчија, као и Кеплера, све до појаве савремених фото апарата, микроскопа, и телескопа, који се такође могу сматрати неком варијантом саме *obscure*.

2. АРХЕОАСТРОНОМСКИ НАЛАЗ:

Двадесет и првог јуна, на наведеној локацији свитање је око 4.55 ч; већ тада дневна светлост улази у пећину, кроз два вигледа и улаз, те је иста осветљена у толикој мери да се могу видети делови велике дворане са доста детаља.

Око 5.25 или 5.30 часова прво је примећена и снимљена ружичаста светлост на стени унутар пећине удаљеној пар метара од великог вигледа; скоро истовремено, на пећинском зиду који се налази насупрот (у правцу североисток - југозапад) великог вигледа удаљеном око 20 метара од вигледа, а отприлике у истој висини са њим, на самој ивици и при дну почетка бочног канала, на кречњачким стенама претежно беле и сиве боје, појавила се прво као мала тачка, која се затим шири и расплићава, светлост изразито жуте боје (Сл. 3). Боја ове светлосне флеке на зиду је очигледно другачија од беле дневне светлости која иначе улази у пећину, као и од белих и сивих стена на које се пројектује.



Слика 3: Camera obscura ефекат у Петничкој пећини, жуто – наранџасто обојена пројекција сунчевог диска, и мањи изглед у кадру са белом дневном светлошћу, фото М. Јакић.

Пошто пар минута касније досегне свој максимални волумен (пар лучних степени), светлост полако, темпом преласка сунчевог диска преко небеског свода, путује удесно по пећинском зиду (гледано из центра велике дворане), те такође све време мења облик који заузима на зиду. Нешто касније се раздвоји на две физички неповезане светлосне флеке. У једном тренутку, око 20. минута после почетка ових догађаја деловало је да се та светлост угасила, што је искоришћено за снимање велике дворане у пећини.

Недуго потом, одигравање феномена се наставило, са још већим интензитетом. Ако је до тад светлост била загасито жуте боје, или наранџасте, током овог дела дешавања делује да је централни део једног дела

пројекције веома интензивно жуте боје, као боја сунца. Делује и као да се може видети пројекција комплетног сунчевог диска на средини тог приказа, који иначе има приближно квадратни облик.

У том тренутку и једна птица је пролетела изван пећине, а њен приказ унутар пећине на зиду. Птица је приказана у левом делу кадра да улеће нормално, усправно окренута као да лети, а онда као да заокреће и пролеће преко десног дела кадра, али овај пут као окренута “натрашке” и увеличаног приказа у односу на прво појављивање. Око 5. минута касније пошто још увек путује удесно, мењајући облик, расплињавајући се и поново сажимајући, светлостна флека се и по други пут гаси, пошто заврши на врху неке стене која по мало подсећа на људско лице.

Ружичаста светлост која се појавила на почетку овог дешавања, се такође пар пута гасила, и поново појављивала, на практично истом месту, на стени удаљеној пар метара од великог вигледа, нарочито у првих 20 минута, али није забележено у којим тачно периодима.

Ова дешавања су се завршила око 6:05 ч; боравак у пећини није продужаван после тога да би се утврдило да ли се појављује још сличних ефеката касније у току дана.

По изласку из пећине покушано је снимање позиције Сунца у том тренутку, али је утврђено да се сунчев диск што због густе шуме, што због околних стена, не види са позиције испред улаза у горњу пећину удаљене око 10. метара од великог вигледа, те да светлост повремено у малим млазевима просијава кроз шуму.

У тренутку почетка одвијања пројекције на куполи дворане са вигледима, Сунце би требало да је имало следећу позицију:

$$A = 66^{\circ} 59' 44'' \quad x = 10^{\circ} 9' 57'' \quad \delta = 23^{\circ} 29' 50''$$

(астрономски $\delta = 23^{\circ} 26' 09''$) (Stellarium 21.2)

Падина на којој се налазе вигледи има нагиб од око 45. степени, попут сипара, спуштајући се од правца југа према северу.

3. НАЛАЗИ О БОРАВКУ ЧОВЕКА, ЖИВОТИЊА И РИТУАЛНИМ АКТИВНОСТИМА

Пећина је била настањена одавно, што људима, што животињама тога доба; у њој су откривена најстарија сведочанства о животу људи у западној Србији. Прва ископавања обавили су Ћ. Јовановић (1892) и М. Валтровић (1892); били су то уједно почеци археологије код нас, пронашли су 50 костију пећинског медведа. На истој локацији копао је сонде и Ј. Цвијић (1912) 1893. и 1911: “Дно је пећине састављено од коштане бречије и пећинске глине, у којима су многе кости, и зуби пећинског медведа”, тај слој је висине 0,7 метара, испод је слој састављен искључиво од глине. Током каснијих истраживања откривена је највећа колекција свих познатих врста пећинских медведа који су живели пре 100.000. година.

У току ископавања које је вршио Н. Милошевић (1985) 1969-1970. године, испод слоја сиге високог пола метра пронађено је огњиште палеолитског човека, као и остаци, кости пећинског медведа, (пећинске) хијене, срндаћа, јелена, и још других животиња. Постоји и мишљење да на фотографијама које је забележио “нема ничега обрађеног руком палеолитског човека” (Арсих и Мрђић 1999).

У току истраживања које је обављао Жељко Жеж (1985) почев од 1980. године испитано је неолитско насеље испред улаза у пећину, културни слој је преко 3,5 метра, и живот у њему се одвијао од неолита до краја халштатског периода. Почев од најстаријег слоја (Винча В) преко Петница II и Петница III (енеолит) пронађена су многобројна оруђа, дleta, стругачи, остаци грађевина и кућа, бакарно шило. Истраживања су настављана до 1997. Нађено је: шест хоризоната: Петница 1 до 3 – Винча Б, Ц и Д, Петница 4 – старије гвоздено доба (Босутска култура), Петница 5 – развијени енеолит (Баденско – костолачка култура), Петница 6 – некропола из касноримског периода (IV век н.е.).



Слика 4: Мајорина узурпатора Ветраниона, преузето из: “Петничка пећина – Дворана са вгледима”, Радивоје Арсих, Немања Мрђић.

Сведочанстава о боравку Римљана у Ваљевском крају има мање из I и II века, а много више из III и IV века нове ере, укључујући и лепо украшену гробницу која је пронађена у Петници. У пећини су пронађени и делови војне опреме Римљана, као и коцкице за игру (или гатање) налик данашњим коцкицама за јамб, фибуле, посуде, новчићи, грнчарија, итд ... (Сл. 4).

Недавно (Август 2022.) у Петничкој пећини, захваљујући географу Александру Петровићу, математичару Милошу Исићу, археологу Владимиру Пецикози, и младим истраживачима, у подводном каналу који се протеже у продужетку језера, пронађена је неувобичајена подземна и подводна колективна гробница из периода позне антике, јединствена таква на тлу Европе за сада, о којој се прецизнији резултати још чекају.

4. МОГУЋЕ РЕФЕРЕНЦЕ НА ПЕЋИНУ КРОЗ ИСТОРИЈУ:

С обзиром на 600. година историје града, 200. година од како се зна за пећину, и неколико деценија током којих је истраживачи посећују на редовној бази, занимљиво је да су ови ефекти остали непримећени до сада, или примећени, али им се није придавао значај. Можда зато што се одвијају

високо, 20. метара изнад глава посматрача, под плафоном, рано ујутру, и само на одређене дане.

Легенде:

За пећину је везана легенда да у њој живи змај, због реке Бање која када пресуши, истовремено са језером, и поново потече, прави буку која звучи као “рика, кршење, ломљење, такво да те стра’ боравити испред” (Јоаким Вујић), па народ то тумачи као да змај или аждаја пије воду из језера унутар пећине. Постоје два различита описа, објашњења звукова: кад аждаја пије воду, и кад млати репом по површини воде. Осим звукова које је описао Ј. Вујић, чује се понекад и звук срцања испред улаза у горњу пећину, и звуци који подсећају на неразговетан шапат унутар велике дворане.

На основу прича локалног становништва да је постојао пролаз између горње и доње пећине, а и због туриста, осамдесетих година прошлог века прокопан је канал који их сада спаја. Такође постоји прича да је из села Жабари удаљеног око 10. км, из једне јаме звекаре, могуће стићи, идући све време испод земље кроз пећинске канале, све до Петничке пећине. Река Бања највероватније се напаја водом из потока Златар, који у селу Жабари понире у једну сурдупину. Забележен је и ранији назив за пећину: Петњичка. Река Бања је име добила по термалним изворима у близини.

Палеолит:

Неки људи мисле да је палеолитски човек знао за camera obscura ефекат, своје мишљење су изградили на чињеници да су неки пећински цртежи датирани на палеолит, окренути “натрашке” тј. у обрнутом правцу у односу на остале, баш као што камера опскура изврће и ротира слику. Експерименти које су урадили дали су пројекције на заслоне колиба веома сличне и на сличан начин деформисане, изобличене као неки пећински цртежи који су раније тумачени као да су насликане животиње фертилне. У том случају Петничка пећина би била потврда да је палеолитски човек евентуално могао да види camera obscura ефекат (Gatton 2009, Gatton et al. 2017).

Неолит:

На неолитској локацији Лепенски вир забележени су специфични светлосни ефекти на дан летње дугодневнице (Бајић и Павловић 2015, 2018, 2019); имајући то у виду, Петничка пећина би била већ друга неолитска локација на малом географском простору, или на простору цивилизације подунавља, која на неки себи својствен начин бележи дан летње дугодневнице, а што је неопходно ради тачног бројања колико дана има у години, и за конструкцију што тачнијег календара.

Период престанка културе Лепенског вира и почетка културе Винче (5500. п.н.е.), поклапа се скоро у годину са старим српским, византијским, календаром по коме је данас 7531. година ($5500 + 2023 = 7523$, разлика 8. година), а евентуална конструкција веома тачног календара у том периоду, са неолитском револуцијом, и преласком човека са фазе ловца сакупљача, на фазу сточара, ратара. За бављење сточарством и ратарством неопходан је што тачнији календар, који говори које је доба године, без обзира на временске прилике и неприлике у том тренутку.

Неке од сцена током приказа прилично подсећају на лисицу из неолитске локације Гобекли Тапе у Турској. Са друге стране неки од артефакта из Гобекли Тепе подсећају на сцене Сунца које просијава кроз виглед.

Стара Грчка:

Сократ је наводно чуо за пећину у којој се кроз мали отвор на зиду слика из спољног света пројектује на зид пећине.

Платон у свом делу “Држава” има део који се зове Алгоритија пећине, претходе му Алгоритија подељене линије и Алгоритија Сунца.³ Све три алгоритије су прилично апстрактне, говоре о свету реалности, свету сенки, свету приказа, идеја; све заједно делује као да је од некуд чуо за такву пећину и дешавања у њој, али препричано од неког другог.

Аристотел је питао зашто и квадратни отвор на camera obscuri даје пројекцију округлог облика. Camera obscura ефекат у Петничкој пећини је у том смислу нестандардан за такву врсту појаве, јер већи део времена светлосни приказ мења свој облик, а у централном тренутку дешавања је облика квадрата.

Језеро у пећини мења ниво за један метар с времена на време, кад се ниво воде у језеру смањи и река Бања у тим тренутцима пресуши. Јован Цвијић је, посматрајући једну другу потајницу, покушао да објасни појаве овог типа као “криву натегу” и “двоструку криву натегу”, мада би и Питагорина чаша умерености (Pythagorean cup) могла можда пре да послужи у ту сврху, јер се она празни сама од себе кад течност досегне одређени ниво, а натегу мора човек, или неки додатни механизам да активира.

С обзиром на интензивно жуту боју, као и неке кадрове током пројекције можда је могла да послужи као инспирација за легенду о златном руно.⁴ И златно руно је у легенди окачено високо на неко дрво, као што се светлосни приказ жуте боје одиграва високо под сводом пећине, за разлику од тумачења о испирању злата уз помоћ руна овце које је у тим приликама потопљено у воду.

³ Платон, Држава (Политеија), књ. II – X.

⁴ The Project Gutenberg, text of: The Golden Fleece and the Heroes Who Lived Before Achilles

У легенди о златном руну помиње се ситуација да неко сеје зубе, а из њих расту ратници, с обзиром на многобројне зубе пећинског медведа нађене у пећини, и ово је могла бити инспирација за настанак легенде.

Река Бања, која је и понорница и потајница, могла је да послужи као инспирација за митску реку Стикс, у у подводном каналу који води од језера према извору Бање пронађена је касноантичка колективна гробница.

Рим и рано хришћанство:

Двадесет и првог јуна, у Српској православној цркви слави се Свети ратник Теодор Стратилат. Занимљива је прича о томе како се од римског војника и војводе, који се истакао храброшћу тако што је “У једном понору убио дракона” (змаја) одлучио да постане хришћанин: Имао је визију: “Да се кров од куће обрушио, и да му је светлост пала право на лице” па је знао да је дошло време да одбаци оружје, и пострада за Христа (Велимировић 2007). У Петничкој пећини једна од претпоставки је да се њен плафон обрушио још за време леденог доба (Ј. Цвијић), а и светлост продире кроз вигледе, завршетак светлосних ефеката је кад светлост дође до “чела” једне стене која из тог угла гледано подсећа на људско лице са крилима, као што изгледају у хришћанству виши редови анђела: Херувими и Серафими. Теодор је погубљен 319. године, 8. фебруара по старом календару, у “три сата поподне”.

Теодора је погубио римски цар Лициније, њему нису били непознати ови крајеви: Рођен у Дакији или Горњој Мезији, био је сељачког порекла, највероватније из античког, дачког племена Трибала, које је живело на подручју данашње Србије. Иако је потписао Милански едикт, прогањао је хришћане. У тадашњем Сингидунуму (Београду) погубио је 306. године Теодора Тирона, такође светог ратника, доживео пораз код Цибалије (данашњи Осијек), склопио мир у Сердики (данашњој Софији), умро у Солуну (Тесалоники). Једна његова биста је у Виминацијуму, а сребрни тањир који слави 10. година владавине су нађени у Нишу (Наисус).

Прича о Теодору Тирону се преплиће са причом о Теодору Стратилату, толико да неки мисле да је иста особа била у питању. Док је чекао на погубљење, у тамници: “јавило му се мноштво анђела, тако да је цела тамница била осветљена.” Од 16. века његове мошти се налазе у манастиру Ново Хопово на Фрушкој Гори, мада његов гроб постоји и у Венецији. Култ о њему био се прилично раширио у 4. и 5. веку, укључујући једну од Нотр Дам катедрала у Шартру, Риму и Венецији, све до Египта код платоа Гизе, и Синајске горе где такође постоје што цркве, што фреске посвећене њему.

Теодор Комонговински је трећи Теодор у овој причи, слави се заједно са Тироном на Теодорову суботу, прву суботу у васкршњем посту.

У црквеном календару под одредницом за Теодора Стратилата пише погледати и 18. мај (стари календар). Ту је описан Теодот, крчмар, који је

помагао хришћанима у време прогона. Добио је задатак да седам хришћанских мученица које је неко утопио у језеру, извади одатле и достојно сахрани, то је и урадио, био оптужен због тога, мучен и погубљен.

У расправи са Лицинијем, Стратилат му каже, моје име је Тео-дор што значи Божји дар, а твоје је Лициније што значи отпадник. У Ваљевском крају још увек постоје имена Теодор, Теодора, Тодор, презимена Теодоровић, Теодосић, (чувени кошаркаш Милош, популарни Тео је из тог краја), Тодоровић. Сестра Живојина Мишића, родом из Мионице поред Ваљева, звала се Теодора, а двојица браће Теодор, и Теодосије. У непосредној близини Петнице у селу Рајковић постоји мање породично гробље на којем су сва презимена Тодоровић. Познат је случај владике Теодора Вршачког који је страдао 1594. године током устанка. Игром случаја приликом недавног вађења остатака из подводног и подземног дела језера, један од чланова екипе младих истраживача звао се баш Тодор Гајић.

Интересантно је да је слава града Ваљева Духовски понедељак, т.ј. други дан Духова, или Педесетнице, коју католици зову Пентекост. Први дан педесетнице (Духова) је педесет дана после Ускрса и најчешће је близак дугодневици, мада не увек, јер је Ускрс „покретан“ празник, везан на одређене дане Месечевог синодичког циклуса.

5. ДИСКУСИЈА:

Одлазак у пећину је обављен са намером да се провери да ли ће светлост, на дан кад Сунце излази најсеверније, успети да просија кроз видлед директно, с обзиром на генералну оријентисаност видледа према северу, оно што је забележено мало је и превазишло очекивања.

Ипак посматрање је вршено само тај дан, није проверено да ли се светлосни ефекти дешавају и који дан пре, или после наведеног датума, а што није немогуће с обзиром на позицију и оријентисаност видледа. Ово опет можда и није толико лоше, јер обезбеђује да на основу претпоставки и предвиђања можемо прецизније да одредимо вероватноћу да ли је неки ранији човек знао, или учествовао у уобличавању ефеката, или није.

На пример ако би се ефекти дешавали искључиво на дан летње дугодневнице то би повећало вероватноћу да је човек хтео том конструкцијом да забележи овај датум, било да је направио, или само интервенисао на облику видледа, и да је то урадио са завидном прецизношћу за то време.

Ако би се ефекти дешавали и неки дан раније и касније, али са највећим интензитетом на дан дугодневнице, опет би могло да се сматра да је човек желео да забележи тај датум, али овај пут да није имао довољно знања или техничких средстава да то уради са озбиљнијим нивоом прецизности.

Није искључена ни опција да се неколико дана за редом ефекти дешавају са истим нивоом интензитета, али ако би рецимо само на дан летње дугодневнице био краћи прекид дешавања негде око половине догађаја, то

би се поклопило са двострукошћу ефеката који су забележени на Лепенском виру (тамо Сунце изађе, па зађе за планину, па поново изађе, видљиво искључиво са неолитске локације Лепенски вир). Опет, требало би имати опреза са доношењем закључака, јер ово није једина “двострукост” везана за обе локације, наиме на обе локације су боравили и Римљани, у Лепенском виру на месту ушћа Бољетинске реке у Дунав. Оно што иде у прилог неолиту је да се светлосни ефекти виде искључиво са места Лепенски вир, а не и са ушћа Бољетинске реке.

Међутим, ако би се ефекти дешавали неколико дана за редом, али са пиком дешавања, највећим интензитетом у два дана који су подједнако одмакнути календарски од дана летње дугодневнице, то јест да је видљивост гледан из неког другог угла најшири, а тај угао ближи правцу истока него северу, тј. не из угла места изласка Сунца 21. јуна, могло би да се сматра да је само обележен тај веома кратак период у години око дугодневнице, као и да је појава могла настати сасвим случајно, природним процесима, без икакве интервенције човека, поготово с обзиром да се на оба вигледа, осим пар равних ивица стене, не могу уочити трагови интервенције људском руком.

Треба напоменути да camera obscura ефекат хоће и може да се створи и сам од себе, без икакве интервенције човека, на пример по врелом летњем дану, кад је сунце високо на небу, и сија кроз крошњу дрвета, на земљи у хладу испод дрвета некад можемо уочити мноштво округлих светлих умањених приказа сунчевог диска, што је последица camera obscura ефекта.

У свим овим разматрањима не треба испустити из вида природне процесе ерозије који су се одвијали на ивицама вигледа од леденог доба до данас, као и промену нагиба земљине осе од тог периода од око 0,8 угаоних степени.

Са друге стране утврђено је и познато да људи јесу својим активностима продубљивали и проширивали пећину; није цела настала искључиво деловањем крашке ерозије, и сличним додатним природним процесима.

Ружичаста светлост која се појављује на стенама у близини вигледа, а на директној путањи сунчевих зрака према зиду пећине где се одвија већи део дешавања такође може да заслужи пажњу, с обзиром да је могла настати само на два начина: Или тај део камера obscura конструкције кадрира само ружичасти део неба приликом свитања, и тај део кадра се пројектује на стене, или се видљивост понаша као њутнова призма па разлаже светлост на боје спектра.

Друга опција није немогућа због скоро сталне температуре у великој дворани у пећини током целе године, око девет степени целзијуса, која не зависи много од временских прилика изван пећине, па ако је изван пећине друга температура ваздуха у односу на ону у пећини, ту би можда могло да дође до неких појава познатих из оптике, неке појачане (или умањене) рефракције на пример. Дубље у пећинским каналима, пошто се једним делом пружају узбрдо, стална температура је још већа, око 15 степени током целе

године, имајући у виду да се топао ваздух пење на горе имало би смисла измерити температуре и у близини вигледа који су на висини 25-30 метара.

Требало би нагласити да иако је температура у пећини скоро константна током целе године, ипак, ако изван пећине у дужем временском периоду потрају исте временске прилике, температура ваздуха у пећини има тенденцију да се полако приближава температури ваздуха изван пећине.

Вигледи сами заслужују своју пажњу у астрономском смислу. Гледајући из центра велике дворане, већи виглед је оријентисан према северу и под углом од 45 степени у односу на линију хоризонта, пошто се пећина налази близу 45 паралеле, што значи да је неки посматрач могао да у оквиру вигледа фиксира за посматрање део неба, или циркумполарну звезду као што је северњача, ма која звезда била то у том тренутку. Пошто би циркумполарна звезда била фиксирана, као и део ноћног неба око ње, кроз мањи виглед је могао да прати које звезде промичу у том делу погледа на ноћном небу.

Из бочног канала под стропом пећине се такође, а под другачијим углом, азимут око 75. степени, види већи виглед, и део неба кроз њега.

Многобројни остаци медведа у пећини, као и легенда о змају, можда су могли послужити за именовање неких сазвежђа, као што су велики и мали медвед, и сазвежђе змаја, чије су звезде опет, вероватно могле да се кадрирају кроз већи виглед пре 5000. година, с обзиром да су оне тад биле циркумполарне. Имена ових сазвежђа забележио је старогрчки астроном и географ Птоломеј.

Иако су једноставни механизми у питању, и без покретних делова, ипак треба приметити да некако испада да је ово пећина са бар два механизма, сатема *obscura* и Питагорина чаша умерености (или крива натеза) који свој посао раде већ хиљадама година, бележе дан летње дугодневнице, и пуне и празне језеро у пећини. Трећи механизам би био онај који ствара чудне звукове приликом пуњења и пражњења језера, јер ни звуци неће да се створе сами од себе, обично су потребни гласне жице, или нека затегнута струна, мембрана која вибрира, или писак, а ништа од тога не постоји у пећини, већ само голи зидови.

“Механизам” за одржавање сталне температуре преко године ипак не можемо ту сврстати, јер то се подразумева, и важи скоро за сваку пећину.

Camera obscura је једноставна направа, али ипак има своја правила, која морају да се задовоље да би функционисала. Један од најбољих описа дао је Леонардо да Винчи, током средњег века. Најчешћа варијанта је била: мрачна комора на чијем зиду постоји мала рупица, сцена изван а у правцу рупице је добро осветљена, светлост улази кроз рупу, а на супротном зиду формира се приказ сцене, обрнут натрашке (по вертикали) и заротиран за 180 степени (по хоризонтални) у односу на оригинал (или само ротирана за 180 степени по 3 оси тј. оној у правцу погледа посматрача), облици и боје се задржавају у оригиналу, а за то је пожељно да зид на којем се врши пројекција буде беле боје.

Да би се све ово постигло неопходно је да удаљеност заслона и величина рупице буду у одређеном односу, они који су правили *Camerae obscure*, или конструкцију за *pin hole* фотографију, која почива на истим принципима само што је још додат и фото осетљив папир, да се на њему формира фотографија, знају да морају посебну пажњу да посвете ивицама рупице, и да је посебно ишмирглају и поравнају. Приликом прављења конструкције за *pin hole* фотографију од лименке неког пића, рупа мора да буде димензија испод једног милиметра. По формули за величину рупе у односу на удаљеност заслона, величина рупе или пукотине кроз коју пролази светлост у петничкој пећини би требало да буде око 3 до 5 cm због око 20. метара удаљености до заслона. Мада би по неким изворима могла бити и 1/100 раздаљине до заслона, у том случају величина рупе би могла бити до 20 cm. Димензије већег вида су 4,4 x 6 метара гледано управно на њега, али изгледа да га светлост погађа под таквим углом, да из тог угла спољња десна и унутрашња лева ивица вида (гледано из пећине) делују као уска пукотина са размаком између од приближно 5 cm.

Осим рачунице 1/100 једна од најтачнијих рачуница је:

$$d = \sqrt{2.44} * \sqrt{f \lambda} = 1.562 * \sqrt{f \lambda} = 0.0366 * \sqrt{f}$$

где је d – дијаметар отвора, f – раздаљина до заслона, d и f изражено у милиметрима, и λ таласна дужина светлости 550 nm = 0.00055 mm за жуто зелени део спектра.

Вреди напоменути да су аутори ових формула пратили уобичајени начин прављења *camerae obscure*, тј. да пошавши од мрачне коморе коју имају на располагању рачунају дијаметар прореа који би требало да отворе на зиду. Важи и обрнуто, ако већ имамо отвор на зиду, формула говори колико далеко би заслон требало да буде постављен. Стиче се утисак да овако објашњене величине између осталог говоре да из угла гледања посматрача, који би се налазио на месту заслона, отвор тј. рупа на зиду би требало да заузима мањи угао него сунчев диск на небу.

Ова *camera obscura* је мало нестандардна у односу на оне из описа. Да је пећински зид много тањи, и на њему мала рупа, ова камера би се понашала као и све остале, светлост би се радијално ширила од отвора, и пројектовала сцену преко целог супротног зида. Пошто је дебљина пећинског зида на том месту око 2. метра отприлике, док путује између спољње десне и унутрашње леве ивице вида (гледајући из центра велике дворане) усмереност сунчевих зрака се редукује, тако да се уместо сцене преко целог супротног зида, види само мала светлосна пројекција веома ограниченог радијуса, око 0,5 метара максимално.

Ова пројекција у свом централном и најинтензивнијем делу поприма скоро правилан квадратни облик (Сл. 9), и ово се да објаснити са мало геометрије: ако би већи вид замислили као правилан осмоугаоник, на шта и личи из неких углова гледано са пећинског пода, мало издужен по једној

оси, као у односу 4,4 према 6, затим оборен својим горњим делом према посматрачу, па заротиран за око 20. степени, пећински зидови и унутрашњи зидови изгледа остављају на средини тог приказа само један мањи ромб за пролаз светлости. Уз мало скидања материјала са стране тај ромб се лако да преправити на квадрат, а место скидања материјала не би било лако уочљиво на иначе прилично нерегуларно формираним пећинским зидовима.

Аристотел се запитао зашто и camera obscura са квадратним отвором даје сцену округлог облика, али изгледа да је био упознат само са уобичајеним варијантама камере obscure. Опет, могуће је да је и до њега стигла прича о овој пећини, или некој сличној конструкцији, јер би иначе његово питање могло бити другачије конципирано, на пример зашто и камере obscure са троугластим отвором, ромбоидним, петоугаоним, звездастим итд ... тј. независно од облика отвора, дају пројекцију кружног облика.

Око хиљадите године нове ере Ibn-al-Haytam је правилно описао camera obscura ефекат. Тек око 16. века људи су у конструкцију камере obscura увели сочиво, али је слика и даље била извртута, "Податак да је у камери obscuri унето огледало ради довођења слике у исправан положај среће се већ у делима Јохана Кеплера, затим и Атанасијуса Кирхера. Али најранији технички опис рефлексне камере obscure, са илустрацијама, дао је Јохан Штурм 1676. године. Ту се помиње да је у унутрашњости кутије, иза сочива, унето огледало под углом од 45. степени".

Међутим како је дошло до тога да у једном делу кадра птица која је летела изван пећине делује као да је усправно окренута, а у другом делу кадра ротирана за 180. степени, као да лети натрашке, а све то без огледала, није баш лако објаснити. Приликом једне посете пећини, у самом изгледу на зидовима пећине затечена је шумска сова (*Strix aluco*) како спава (Сл. 8), ако је она полетела приликом одвијања светлосних ефеката са локације испред тачке где се линије светлости укрштају, могла је бити уснимљена да лети усправно, а касније кад излети из изгледа, и иза тачке где се светлосни зраци укрштају, забележена на начин како камера иначе бележи, а то је извртута слика.

Опет, зашто или како ова два кадра коегзистирају један поред другог у истом тренутку на зиду пећине није јасно, једино ако разлика у температуре ваздуха унутар и изван пећине са границом на изгледу прави неки додатни оптички ефекат. За појаву фатаморгане у пустињи, или изнад врелог асфалта, довољно је да разлика између врелог тла и ваздуха близу њега, те ваздуха у вишљим слојевима буде око 10 степени целзијуса, па ако је таква појава изместила или дуплирала тачку где се укршта светлост, или зраке светлости који се пружају од ње.

Још пре 300 година забележено је да је Петница била станиште шумске сове. Пошто је то остало непромењено до данас, можемо претпоставити да је то била и много година пре. Можда данас имамо прилику да гледамо идентичну сцену коју су неки људи гледали у прошлости, силуету сове на квадратној основи. Са друге стране, у временима са много мање писмености,

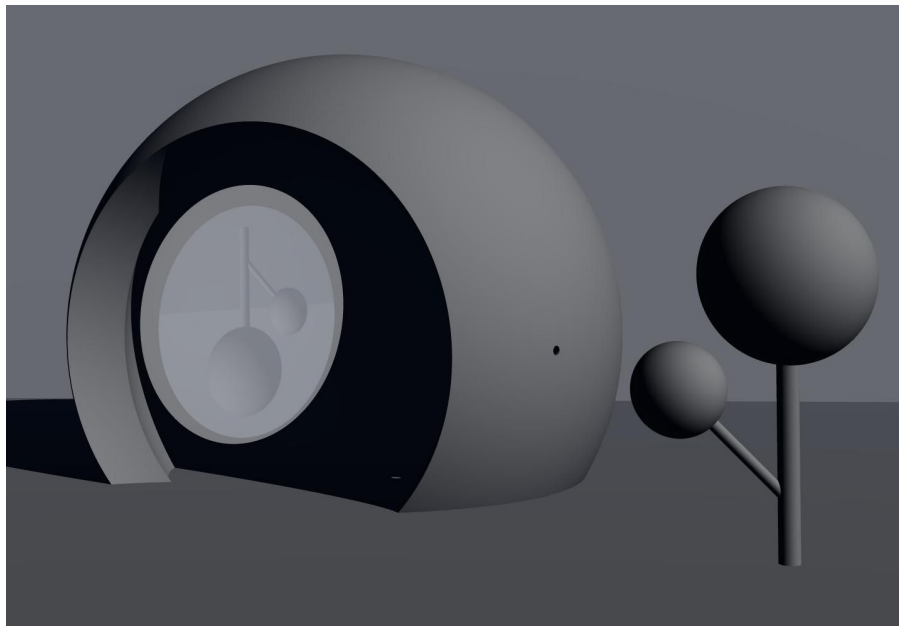
на кованици, атинској тетрадрахми, је можда било својеврсно упутство за прављење самога *obscura* ефекта: Новчић је кружног облика, квадрат - отвор је мањи од видљивог радијуса Сунца, те унутар њега можемо видети сову.

На атинској тетрадрахми, новчићу кованом пре нове ере забележена је сцена сове унутар квадрата. Сова је симбол Атине, богиње мудрости, а са причом о њој има извесних поклапања са сценама које се одвијају на зиду пећине, први део сцене пројекције подсећа на леву половину човечијег лица, а завршава се на стени која личи на десну половину лица, по легенди, Атина је рођена тако што је Хефест располутио Зевсову главу, а Атина у пуној ратној опреми искочила из ње. У Индији се сова доводи у везу са ковачима, као што је био Хефест, а у Кини са дугодневницима. Иако богиња мудрости, Атина кад крене у рат побеђује и Ареса, бога рата, баш као што сова некад растргне јастреба. Приказивање сцена из живота богова, краљева, светаца, као и небеских прилика, на површини новчића, кованица, у том периоду није било неуобичајено (Димитријевић 2007).

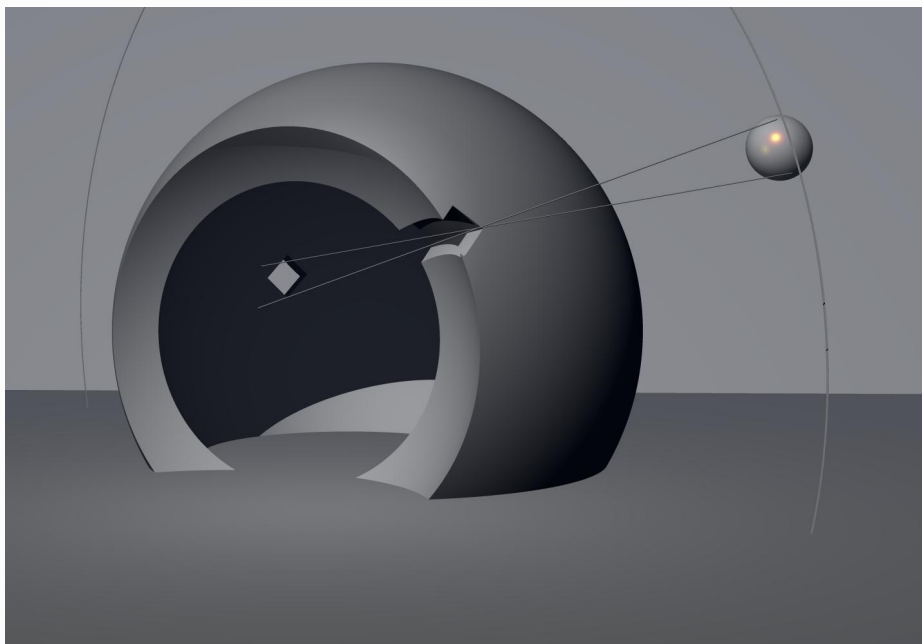
У Србији и околини, сцена са кружницом која представља сунце, и квадратом који представља отвор на зиду, можда је сачувана у изгледу славског колача, који је округлог облика, са квадратним печатом на средини, и словима IC/XC.

С обзиром на отвореност и оријентисаност вгледа према северу, и тога што сунце излази најсеверније приликом дугодневнице, могло би се закључити да је 5000. година раније, а због другачијег нагиба Земљине осе у то време, сунце више обасјавало унутрашњост пећине, можда чак и више дана. Али и овде би требало бити опрезан са закључцима. Наиме из разлога што током ове пројекције светлосна пројекција на зиду путује лагано удесно, и у току од пола сата пређе пар метара, можемо претпоставити неколико ситуација које не описују овакво понашање, и једну која би могла да послужи као опис: Да је зид пећине био танак, са једном малом рупом, самога *obscura* би се понашала уобичајено, пројектовала би сцену која се налази изван пећине, преко целог супротног зида, а и вероватно већи део дана, све док је сцена испред добро осветљена.

Пошто је зид пећине на месту где је вглед промера близу два метра, када би у њему постојала рупа у виду једног усмереног тунела, према месту где сунце излази, светлосни ефекти би се појавили на редукованој површини, а не преко целог зида, али би цео догађај вероватно трајао само четири минута, колико је потребно Сунцу да испред такве једне тачке пређе преко небеског свода.

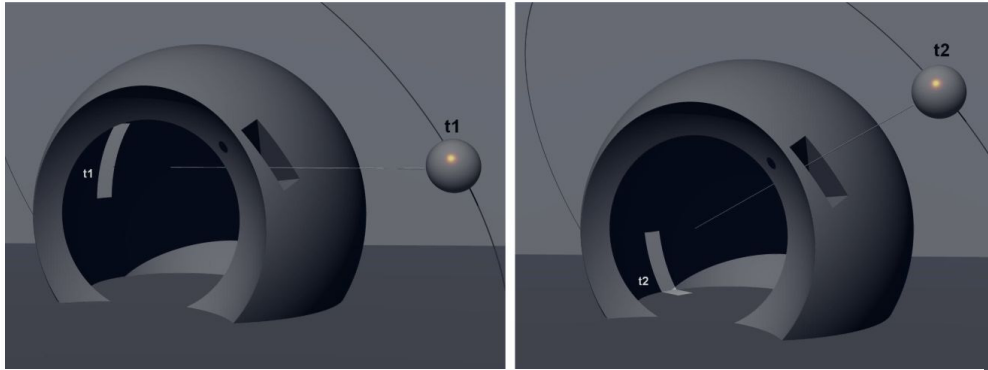


Илустрација 1: Танак зид пећине, и мали дијаметар отвора на зиду, пројекција обрнута, умањена, кружног облика, преко целог супротног зида, већи део дана.



Илустрација 2: Већи промер зида, и већи отвор усмереног тунела, приказ редукованог радијуса, прати облик отвора, али у краћем трајању од забележеног током дешавања.

Ако је зид дебео два метра, и у њему постоји пукотина, или зидови вгледа гледано из угла Сунца у том тренутку заузимају положај као да је пукотина у питању, а која прати угао од 45. степени, по којем се Сунце диже на небеском своду, онда би Сунце све време просијавало кроз целу такву пукотину, правећи на супротном зиду приказ облика те пукотине, као светлосне траке, који би, како се Сунце полако диже по небеском своду, исто тако полако, у истом темпу, силазио наниже и под косином од 45. степени низ пећински зид.

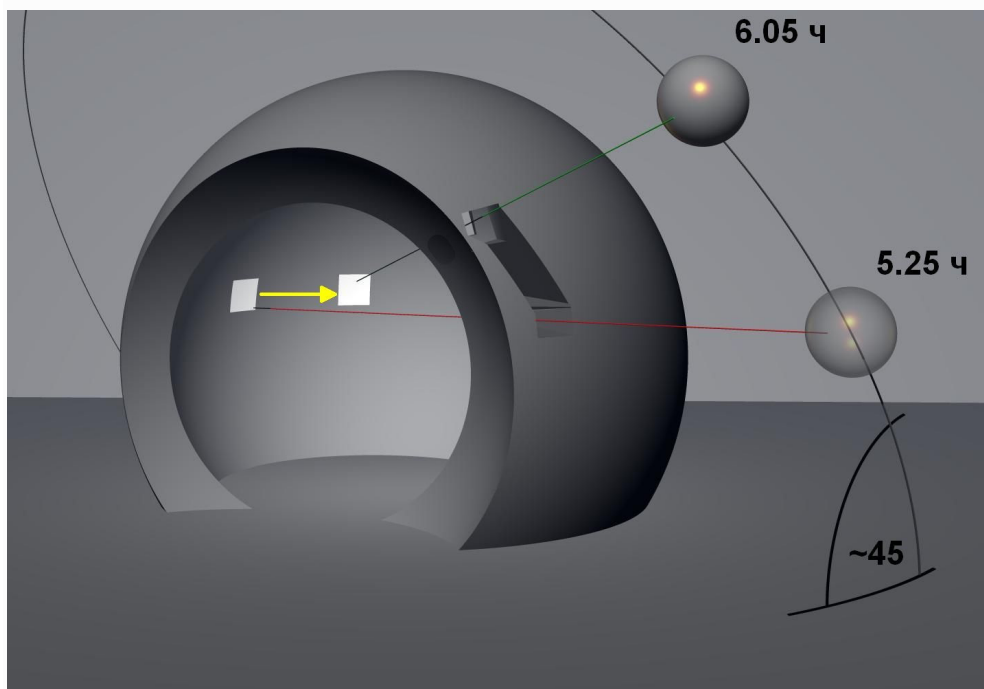


Илустрација 3: Пукотина у зиду пећине која својим правцем прати правац дизања Сунца по небеском своду, пројекција је светлосна трака која силази на доле како се Сунце диже на горе.

Једина ситуација која одговара путовању светлосне пројекције удесно по пећинском зиду, је да су ивице вгледа тако увијене, као да је пројектована права линија према позицији Сунца у тренутку почетка дешавања, и још једна права линија у тренутку краја дешавања, према Сунцу у том тренутку, а из тачке која се налази пар метара удесно од прве, такве две пројектоване линије не би биле паралелне, нити у истој равни, већ би се мимоилазиле, па да обе ивице вгледа поред којих пролази светлост, унутрашња и спољашња ивица, повезују те две тачке својим увијеним, али правилним путањама, све време на релативном међусобном размаку од око 5 цм, кроз пећински зид.

У том случају, и поред генералне оријентисаности отвора вгледа према северу, не мора да значи да би унутрашњост пећине била више осветљена у давним временима, јер и поред мањег азимута под којим је излазило Сунце није морало да гађа пукотину под одговарајућим углом за пролаз светлости у унутрашњост пећине, па чак ни да су се ови ефекти уопште дешавали на тај датум или било који други. Али највероватније да су се слични ефекти дешавали на неки други датум, кад је Сунце заузимало путању као у данашње време али на одговарајући дан, са разликом у појавама колико је разлика у углу путање Сунца по небеском своду између та два различита дана. Такође је могуће да је Сунце више осветљавало пећину, али да није

постојао ефекат camera obscura у тим данима, јер би био различит однос, то јест размак који су правиле две ивице вгледа, гледано из угла под којим светлост Сунца продире у пећину. Идеално би било кад би имали прецизан 3Д модел пећине са окружењем, па проверити све на таквом моделу.



Илустрација 4: Пукотина, прорез у зиду пећине, таква да у периоду од пола сата прати позицију Сунца, али у исто време тако увијена да својим ивицама усмерава светлосне зраке да падају све време све више удесно, удаљено од почетне позиције. Правци од места пројекција према позицији Сунца у тим тренутцима се мимоилазе.

6. ЗАКЉУЧЦИ:

Без додатних посматрања незахвално је закључивати било шта, пећина постоји и ефекти су забележени на дан летње дугодневнице, али да ли се дешавају само на тај дан за сада не знамо.

У случају да се утврди да се светлосни ефекти дешавају само на дан летње дугодневнице, или најинтензивније на тај дан, или истим интензитетом више дана али са прекидом на средини дешавања на тај дан, све то повећава вероватноћу да је човек учествовао у прављењу или уобличавању тих ефеката. У случају да је највећи интензитет дешавања у два дана подједнако календарски одмакнута од дана дугодневнице, то повећава

вероватноћу да је до свега дошло случајно, природним процесима, без интервенције од стране човека.

Занимљиве паралеле са старом Грчком и Римом, али у домену спекулације, без чвршћих доказа.

Пећина је продубљивана људском руком, али осим пар равних ивица, без уочљивих таквих трагова на самим вигледима.



Слика 5: Улаз у горњу пећину.



Слика 6: Мањи виглед.



Слика 7: Већи виглед.



Слика 8: Шумска сова у већем вигледу.

У прилог да је неко учествовао у прављењу, или уобличавању ових феномена иде само то што се гомила неуобичајених, ретких и јединствених појава скупила на једном месту, те необична геометрија самих вигледа и пећине.

Без обзира да ли је човек правио, учествовао у уобличавању, или све настало потпуно природним путем, пећина је могла служити као својеврсна опсерваторија, с обзиром на оријентисаност великог вигледа према географском северу, отклон од линије хоризонта од 45. степени, као и зато што се из бочног канала види део неба кроз велики виглед.



Слика 9. Централни део пројекције. **Слика 10.** Мањи виглед, бочни канал, и стена на којој се завршава пројекција.



Слика 11: Велика дворана петничке пећине са вгледима, фото: М. Јакић.

Литература

- Арсиић Радивој, Мрђић Немања: 1999, Петничка пећина – Дворана са вгледима, Радови полазника образовних програма, ментор: А. Старовић, *Петничке свеске*, Ваљево.
- Бајић Александра, Павловић Христивоје: 2015, *Сунце Лепенског вира* (археоастрономска анализа локалитета), Београд: Друштво “Влашићи”, стр. 1 – 156.
- Бајић Александра, Павловић Христивоје: 2018, Сунце у Лепенском виру, (Археоастрономска анализа локалитета), Публ. Астр, друштва “Руђер Бошковић”, 17, 475 – 499.
- Bajić Aleksandra, Pavlović Hristivoje, 2019, Proceedings of the conference: The Summer solstice Sun at Lepenski Vir, SEAC 26th, *Harmony and Symmetry, Celestial regularities shaping human culture*, in press.
- Валтровић Михаило: 1892, Преисторијски споменици у Подринском и Ваљевском округу, *Старинар* IX, 2.
- Велимировић Николај: 2007, *Охридски пролог*, Епархија Ваљевска и манастир Лелић, према првом издању из 1928. године. стр: 99, 352, 407.
- Вујић Јоаким: 1902, *Путешествија по Србији* II, Српска књижевна задруга, бр. 72, Београд.
- Gatton Matt: 2009, “First Light: Inside the Palaeolithic camera obscura” in *Acts of Seeing: Artists, Scientists and the History of the Visual* — a volume dedicated to Martin Kemp (Assimina Kaniari and Marina Wallace, eds.). London: Zidane.
- Gatton Matt, Ackerman Michael, Ackerman Jennifer, Brock Walter, Brock Dylan: 2017, “Conventionalized Distortions in Upper-Palaeolithic Cave Art: Calculations of the keystone effect”, *APLIMAT, Journal of Applied Mathematics*.
- Димитријевић Милан С.: 2007, Космички мотиви у средњовековној српској нумизматици, Публ. Астр, друштва “Руђер Бошковић”, 7, 461 – 476.
- Јеж Жељко: 1985, *Преглед неолитских и енеолитских култура горње Колубаре*, Саопштења са 6. скупа археолога Србије, Ваљево.
- Јовановић Ђорђе П.: 1892, Петничка пећина, *Старинар* IX, 2.
- Кривошејев Владимир: 2012, *Ваљево настанак и развој града*, Радна књига, Народни музеј Ваљево, Историјски музеј Ваљево, Завод за заштиту споменика културе Ваљево.
- Лазаревић Раденко: 1988, *Петничка пећина*, Туристички завод општине Ваљево.
- Милошевић Новак: 1985, *Палеолитска станица у Петничкој и Високој пећини код Ваљева*, Истраживања II, Саопштења са 6. скупа археолога Србије, Ваљево.
- Цвијић Јован: 1912, Петничка пећина, *Гласник Српског географског друштва*, св. I, Београд.
- Цвијић Јован: 1924-1926, *Геоморфологија* I, II, Београд.

CAMERA OBSCURA EFFECT IN PETNICA CAVE ON THE DAY OF THE SUMMER SOLSTICE

On June 21, 2022, from 5:25 a.m. local time (GMT+1) to 6:05 a.m., the phenomenon of the appearance of a camera obscura in the Petnica cave was recorded, in the village of Petnica, next to the city Valjevo. The cave has long time been known as the habitat of Paleolithic man, Neolithic man of the late Vinča culture, and the ancient Romans stayed there. It would be useful to consider whether any of them saw these effects, considered them as important, and also possibly whether they actively participated in creating or shaping them.

Key words: Camera obscura, Petnička cave, summer solstice.