

**ПАЛЕОКЛИМА ШИРЕ ОКОЛИНЕ АРХЕОЛОШКОГ
ЛОКАЛИТЕТА ЛЕПЕНСКИ ВИР (ПЕРИОД ОД 10 ДО
5 · 10³ ГОДИНА) НА БАЗИ МИЛАНКОВИЋЕВЕ
АСТРОНОМСКЕ ТЕОРИЈЕ ОСУНЧАВАЊА**

ВЛАДО МИЛИЋЕВИЋ

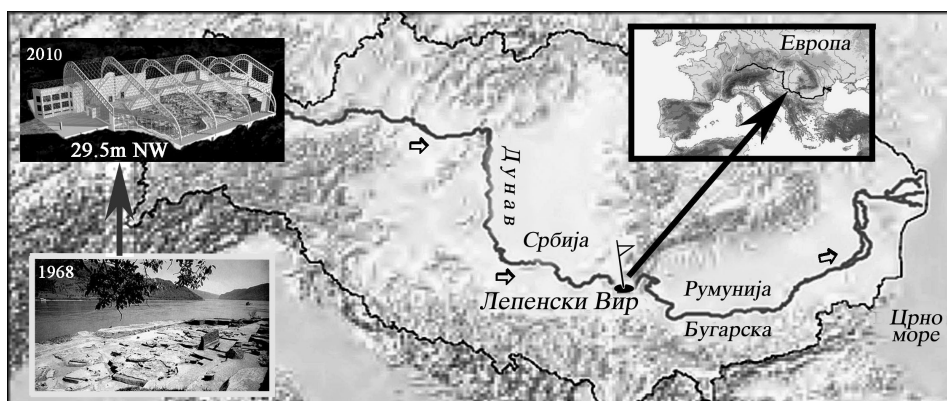
Continental Labs Ltd.,
3601-A – 21st St NE, Calgary, AB, Canada T2E 6T5
E-mail: vladomilicevic@shaw.ca

Резиме: Палеоклима археолошког локалитета Лепенски Вир и његове шире околине није детаљно упозната, иако је одиграла изузетно значајну улогу у времену од око 10.000 до око 5.000 година пре Христа. Посебно се то односи на време првих насељавања у палеолитско-мезолитском периоду када је била веома нестабилна са типичним карактеристикама постгласијала. И поред тога, Миланковићева астрономска теорија и калорична летња (посебно) и калорична зимска полугодина показале су да је на 45° северне географске ширине палеоклиматолошка стабилност била веома изражена. У том времену граница вечног снега налазила се између 4.170 м и 3.830 м, а критичну висину испод 2.000 м надморске висине достигала је само у периоду последње гласијације (last glacial maximum, LGM) пре око 25.000 година или у вирму 3. У току насељавања Лепенског Вира, од раног мезолита па до средњег неолита, клима је била виша за 1,2°C до 1,0°C у односу на данашњу, али је било и осциловања ка још топлијем палеоклиматолошком стању, што је битно утицало на постојеће погодности и организацију живота на ниским дунавским речним терасама. Покушај да се утврди утицај “хладног догађаја пре 8.200 година” (“8200 years BP cold event”) преко срачунате количине осунчавања није дао решење, јер је нађен само благи пад средње годишње температуре за око 0,8°C. Модификована Миланковићева крива осунчавања са 14 климатолошких фактора показала је да је клима била још топлија за коефицијенте корекције између 1,15 и 1,55. Палеоклима Лепенског Вира и његове шире околине имала је изражено стабилне карактеристике рефугијалног типа и то је био одлучујући фактор зашто су у Подунављу у праисторијском периоду ницала толико бројна насеља на флувијалним речним дунавским терасама са обе обалске стране.

Кључне речи: Археолошки локалитет Лепенски Вир, Миланковићева астрономска теорија осунчавања, калорична летња и калорична зимска полугодина, граница вечног снега, палеоклима, средња годишња температура, корективни ђердапско-рефугијални фактор.

1. УВОД

Археолошки локалитет Лепенски Вир лоциран је на географским координатама 44°33,67' северне географске ширине и 22°01,45' источне географске дужине. Климатолошки посматрано, то је веома погодан средњоширински положај, удаљен око 96 км од 45. паралеле. Оригинална локација Лепенског Вира налазила се на 64,4 м изнад нивоа мора, а данас је на око 90 м, укљештена између два планинска система, Карпата на северу и Балканида на југу у долини Дунава, граничном делу између Србије и Румуније (Слика 1). Овај веома значајан археолошки локалитет откривен је 1960. године, али од тада па све до савременог доба у његовој ужој, а ни ширијој околини нису организована палеоклиматолошка истраживања, посебно не детаљна и комплексна. Основни циљ овог рада, према томе, представља објашњење палеоклиме овог археолошког локалитета у периоду од 10.000 до 5.000 година пре Христа на бази коришћења Миланковићеве астрономске теорије осунчавања и корекције резултата за рефугијални карактер овог простора.



Слика 1: Географски положај археолошког локалитета Лепенски Вир (означено заставицом) на европском простору (мала скица, горе десно) са приказом оригиналног ископавања из 1968. године (доле лево) и садашњим музејем “Лепенски Вир” у шкољчаном облику, изграђеним 2010. године (горе лево). Оригинална локација је премештена за око 100 м ка СЗ и издигнута за 29,5 м на више (мала слика, горе лево) због изградње хидроелектране Ђердап I и зајезерења Дунава, тј. подизања нивоа реке за око 12 м.

2. КАЛОРИЧНА ЛЕТЊА И КАЛОРИЧНА ЗИМСКА ПОЛУГОДИНА

За период између 10.000 и 5.000 година пре Христа или за време развоја културе Лепенског Вири, М. Миланковић (1920, 1923, 1937, 1941, 1948) је на основу астрономских елемената срачунао средње инсолације за калоричну летњу и калоричну зимску полугодину. На основу његових прорачуна, топлотна радијација пре 10.000 година пре Христа износила је од -627 до +632 KJ (каноничних јединица), а пре 5.000 година пре Христа од -271 до +275 KJ. Негативне вредности представљају средњи износ топлотне радијације у току калоричне зимске полугодине, а позитивне примљену топлотну радијацију у току калоричне летње полугодине. Више и ниже географске ширине на северној Земљиној хемисфери у истим временским интервалима примале су количину радијације између -304 и +687 KJ, при чему је појас између 15° и 25° био изложен најмањој радијацији у току калоричне зимске полугодине и најинтензивнијој у току калоричне летње полугодине пре 10.000 година пре Христа. Исто тако, значајне су биле и незнатне осцилације на критичним географским ширинама од 65° (Табела 1).

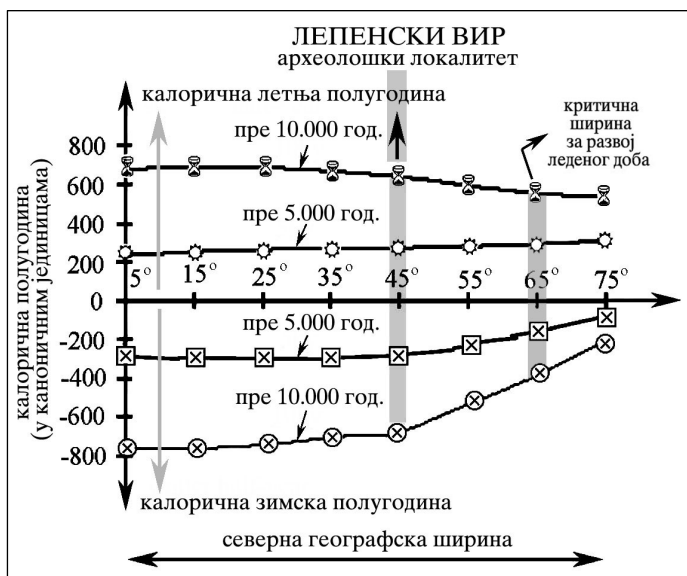
ТАБЕЛА 1

Промене у количини пријема Сунчеве радијације у периоду између 10.000 и 5.000 година пре Христа, представљено у калоричној летњој и калоричној зимској полугодина (по М. Миланковићу, 1941; дато у каноничним јединицама). Критични појасеви су осенчени, као и географска ширина Лепенског Вири од 45° северне географске ширине.

Године пре Христа	Географске ширине (северна Земљина хемисфера)							
	5°	15°	25°	35°	45°	55°	65°	75°
Калорична летња полугодина								
5.000	+231	+253	+264	+271	+275	+277	+288	+311
10.000	+672	+687	+685	+667	+632	+589	+553	+530
Калорична зимска полугодина								
5.000	-288	-304	-304	-294	-271	-234	-170	-80
10.000	-752	-760	-742	-700	-627	-528	-387	-203

На основу података из Табеле 1 приказан је дијаграм зависности примљене количине Сунчеве топлоте у функцији географске ширине (Слика 2). Разлике у количини осунчавања су веома изражене: пре 10.000 година калорична летња полугодина била је изузетно топла, а томе је допринела и блага калорична зимска полугодина. Ово се посебно уочава на вишим географским ширинама (од 45° до 75° с.г.ш.) где се пријем топлотне радијације драстично изменио са -627 KJ (на 45° с.г.ш.) на -203 KJ (на 75° с.г.ш.). На истим географским ширинама количина осунчавања је опала само за 102 KJ - са +632 KJ (на 45° с.г.ш.) на +530 KJ (на 75° с.г.ш.).

И пре 5.000 година зимска калорична полугодина карактерисала се благим осунчавањем. Летња калорична полугодина није имала наглашено топле интервале као пре 10.000 година, али је зато задржан константан пријем топлотне количине – чак је на 75° с.г.ш. за 80 KJ било интензивније осунчавање него на 5° с.г.ш. До сличних сазнања за обе наведене географске ширине дошло се путем проучавања избушених узорака леда са Гренланда (Johnsen et al, 2001; NGRIP Members, 2004; Svensson et al., 2005; Vinther et al., 2006) или приближним (проху) палеоклиматолошким методама (Suess & Linick, 1990; Gamble, 1999; Hughen et al., 2004; Burroughs, 2005).



Слика 2: Дијаграм осунчавања за географске ширине од 5-75° северне Земљине хемисфере пре 10.000 и 5.000 година у току калоричне летње (горе) и зимске (доле) полугодине.

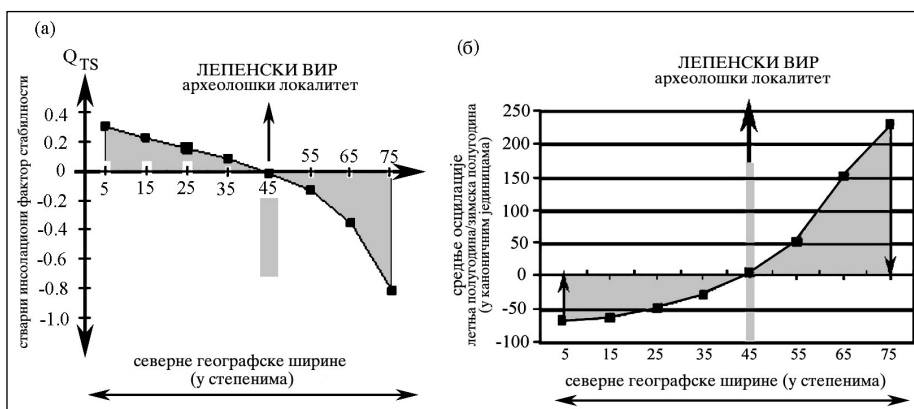
Однос између летње и зимске калоричне полугодине на посматраним географским ширинама износио је од 2,3 до 2,4. Ово може да се назове *псеудо инсолационим фактором стабилности* (Q_{PS}). *Стварни инсолациони фактор стабилности* (Q_{TS}) добија се из разлике количника средњих вредности калоричне летње и калоричне зимске полугодине посматрано по различитим географским упоредницима (Табела 2). Оваквом аналитичком поступку приступило се зато што се из Табеле 1, а посебно са Сlike 2, не може директно уочити изражена климатска стабилност на 45° северне Земљине хемисфере. За наведену географску ширину желимо посебно да истакнемо ову чињеницу с обзиром на истоветан положај Лепенског Вира и показатеље стабилности средње годишње температуре.

Када се Q_{TS} представи у функцији географске ширине, запажа се да је његова вредност најмања на 45° (Слика 3а). Сличан поступак примењен је за однос количника калоричне летње и калоричне зимске полугодине (Слика 3б). И у овом случају се показало да су најмање климатске осцилације на средњоширинском појасу. Средња осцилација летње и зимске калоричне полугодине само је на 45° северне хемисфере приближна нули, док северно и јужно срачунате вредности расту и доказују израженију климатску нестабилност. Нулта вредност Q_{TS} -а готово је идентична са географским положајем археолошког локалитета Лепенски Вир, што је од посебног значаја.

ТАБЕЛА 2

Промена стварног инсолационог фактора стабилности (Q_{TS}) од 5° до 75° с.г.ш. за период између 10.000 и 5.000 година пре Христа.

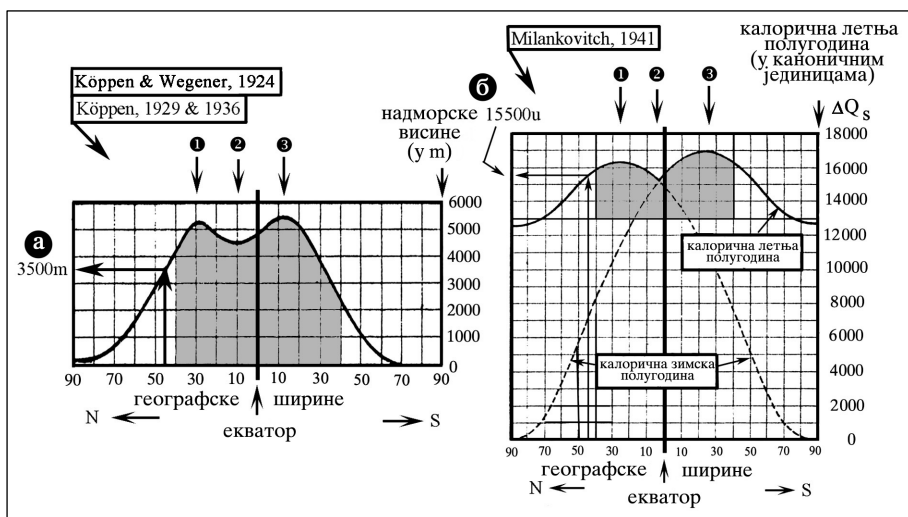
$Q_{SPS}/$ Q_{WPS}	Географске ширине (северна Земљина хемисфера)							
	5°	15°	25°	35°	45°	55°	65°	75°
	Летњи псеудо инсолациони фактор стабилности (Q_{SPS})							
$Q_{10.00}/$ $Q_{5.000}$	2,909	2,715	2,595	2,461	2,298	2,126	1,920	1,704
	Зимски псеудо инсолациони фактор стабилности (Q_{WPS})							
$Q_{10.00}/$ $Q_{5.000}$	2,611	2,500	2,441	2,381	2,314	2,256	2,276	2,537
	Стварни инсолациони фактор стабилности (Q_{TS})							
$Q_{TS} =$ $Q_{SPS} -$ Q_{WPS}	+0,298	+0,215	+0,154	+0,080	-0,016	-0,130	-0,356	-0,833



Слика 3: Дијаграм стварног инсолационог фактора (а) и средње осцилације калоричне летње и калоричне зимске полугодине (б) у функцији географских ширина северне Земљине хемисфере (по прорачунима М. Миланковића, 1941). Подаци су приказани за временски период од 10.00-5.000 година пре Христа, као и положај археолошког локалитета Лепенски Вир према представљеном инсолационом фактору и средњим осцилацијама.

3. ГРАНИЦА ВЕЧНОГ СНЕГА

Граница вечног снега је највеће удаљење до кога снежни покривач доспе у току леденог доба, епизодних захлађења или краткотрајних сезонских промена. В. Кепен и А. Вегенер (1924) и В. Кепен (1929 и 1936) представили су ту границу у зависности од географских ширина места за обе хемисфере (Слика 4а). М. Миланковић (1941) је доказао да граница вечног снега углавном зависи од интензитета летње калоричне полугодине (Слика 4б). У оба случаја нађено је да је крива границе вечног снега асиметрична са врховима између 20° и 30° на обе хемисфере, “екваторијалним улегнућем” и калоричним екватором помереним за 3° ка северној Земљиној хемисфери.



Слика 4: Садашња граница вечног снега по В. Кепену и А. Вегенеру (1924) и В. Кепену [(1929 и 1936, означено под (а)) и пријем различите количине топлоте по М. Миланковићу [1941, означено под (б)].

Објашњење ознака: ❶ - највиша тачка на северној хемисфери, ❷ - “екваторијално улегнуће” или “седласти” део криве и ❸ - највиша тачка на јужној хемисфери.

Користећи једначину

$$\Delta H = \Delta Q_s \quad (1)$$

где је:

ΔH – секуларно померање границе вечног снега и

ΔQ_s – секуларно колебање летње количине осунчавања

М. Миланковић (1941) је добио податак да је садашња граница вечног снега на висини од 3.294 м за 45° северне географске ширине. У току последње

гласијације граница вечног снега спуштала се за 1.010 м наниже (по Миланковићевим прорачунима), а то значи да је била на 2.284 м. М. Миланковић (1941) је усвојио да једној каноничној јединици одговара померање границе вечног снега од 1 м. Једначина (1) је у овом случају нешто модификована, па је коришћена у облику $\Delta H = 1,1 \Delta Q_s$, што значи да је 1 канонична јединица = 1,1 м померања наниже, тј. 1.111 м или граница у току последњег гласијалног максимума била је на 2.183 м. Већина гласијолога усваја да је у последњем гласијалу била на око 2.000 м на 45° северне географске ширине с обзиром на додатне секундарне утицаје [температура ваздуха, количина падавина, развијеност вегетације, близина океана и мора, рељеф и оријентација терена, рефлексiona моћ површине терена (Estilow et al., 2015; Kukla, 1979), временско трајање снежног покривача, географска ширина места итд.]. Ј. Цвијић (1900, 1903а, 1903б, 1908 и 1917) је на основу геоморфолошких проучавања циркова и чеоних морена дошао до закључка да је снежна линија на Карпато-балканским планина била на око 2.100 м надморске висине.

Представљене основе искоришћене су за рачунање границе вечног снега за ширу околину археолошког локалитета Лепенски Вир као и њен палеоклиматолошки значај. Најзначајније планине из околине археолошког локалитета Лепенски Вир дате су у Табели 3.

ТАБЕЛА 3

Најближи планински врхови археолошком локалитету Лепенски Вир и њихов значај по питању границе вечног снега.

Бр.	Назив планине	Надморска висина (у м)	Растојање од Лепенског Вира (у км)	Оријентација у односу на Лепенски Вир	Општи правац (азимут у степенима)
Десна обалска страна Дунава (Србија)					
1	Шомрда	803	4.8	S-SE	158
2	Лишковац	803	13.2	S	175
3	Мироч (Велики Штурац)	768	21.0	E	82
4	Дели Јован (Црни врх)	1136	40.8	S-SE	162
5	Стара планина (Миџор)	2169	139.2	S-SE	160
Лева обалска страна Дунава (Румунија)					
6	Мунци Алмажулуј (Трескавац)	647	2.2	E-NE	67
7	Мунци Алмажулуј (Коприва)	913	8.4	NE-E	58
8	Мунци Алмажулуј (Свинеча Маре)	1226	28.2	N-NE	22

Да би се за сваку представљену планину срачунала граница вечног снега у време развоја културе Лепенског Вира било је потребно да се познаје секуларна количина летње калоричне полугодине ΔQ_s . М. Миланковић (1941) је срачунао за времена од 10.000 и 5.000 година за средњу географску ширину од 45° . Прорачун ΔQ_s изведен је и за 8.200 година због тога што је у то време дошло до краткотрајног захлађења које је трајало око 300 година (Alley et al., 1997; Alley & Ágústsdóttir, 2005; Wagner et al. 2002; Kobashi et al., 2007). Паралелно са тим дати су и прорачуни за последњу глацијацију као доба највећег климатолошког колапса (Табела 4).

ТАБЕЛА 4

Граница вечног снега за најближе планине археолошком локалитету Лепенски Вир између 10.000 и 5.000 година и за последњу глацијацију пре 25.000 година. ΔQ_s – секуларно колебање границе вечног снега (у КЈ – каноничним јединицама); ΔH – висина границе вечног снега (у м).

Планине	Граница вечног снега (време пре Христа)			
	10.000	8.200	5.000	25.000 (последња глацијација)
	$\Delta Q_s = +880\text{KJ}$ $\Delta H = 4.174 \text{ м}$	$\Delta Q_s = +790\text{KJ}$ $\Delta H = 4.163 \text{ м}$	$\Delta Q_s = +490\text{KJ}$ $\Delta H = 3.833 \text{ м}$	$\Delta Q_s = -1111\text{KJ}$ $\Delta H = 2.183 \text{ м}$
Шомрда	3.371	3.360	3.030	1.380
Лишковац	3.371	3.360	3.030	1.380
Мироч (Велики Штурац)	3.406	3.395	3.065	1.415
Дели Јован (Црни врх)	3.038	3.027	2.697	1.047
Стара планина (Миџор)	2.005	1.994	1.664	14
М. Алмажулуј (Трескавац)	3.527	3.516	3.186	1.536
М. Алмажулуј (Коприва)	3.261	3.250	2.920	1.270
М. Алмажулуј (Свинеча Маре)	2.948	2.937	2.607	957

Археолошком локалитету Лепенски Вир најближе планине су Шомрда и Лишковац (десна обалска страна Дунава) и Трескавац и Коприва (на левој страни), максимално до 13 км удаљења. Сви ови врхови су испод 1.000 м надморске висине и на који начин *не могу постати* центри заглечеравања.

Само на Старој планини (Миџор) могуће је да се оформи ледник (Табела 4) и то под условом да ледено доба има сличне карактеристике као *рис 1* (пре 230.000 година када је пад средње годишње температуре износио $4,0^\circ\text{C}$, а ΔQ_s било -1540 KJ , померање границе вечног снега спуштало се за 1.693 м наниже) или *вирм 1* (пре 115.000 година са падом средње годишње

температуре од $3,3^{\circ}\text{C}$, ΔQ_s износило -1320 КЈ, а померање границе вечног снега било 1.451 м наниже) и делимично *рис 2* (пре 187.500 година са падом средње годишње температуре од $2,8^{\circ}\text{C}$, ΔQ_s било -1190 КЈ, померање границе вечног снега износило 1.308 м наниже). Већ за ледена доба *миндел 2* (пре 435.000 година: пад средње годишње температуре био је $3,1^{\circ}\text{C}$, ΔQ_s -1140 КЈ, а померање границе вечног снега износило 1.253 м наниже) и *вирм 2* (пре 71.900 година: пад средње годишње температуре $2,8^{\circ}\text{C}$, ΔQ_s -1100 КЈ, а померање границе вечног снега 1.210 м наниже) достигнуте су критичне границе вечног снега (између 83 - 127 м испод врха планине, Табела 5 и Слика 5), што је могло да доведе само до формирања *локализованог ледника* без великог утицаја на ширу околину.

ТАБЕЛА 5

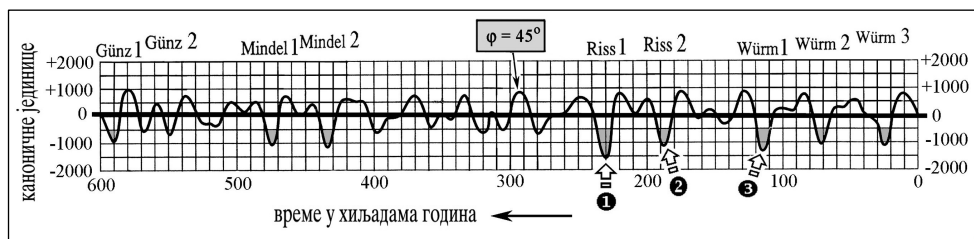
Граница вечног снега за Стару планину (врх Миџор на 2.169 м) у току ледених доба за последњих 600.000 година.

ΔQ_s – секуларно колебање границе вечног снега (у КЈ – каноничним јединицама); ΔH – висина границе вечног снега (у м); СГ - снежна граница испод врха на 2.169 м. Објашњење ознака: (+) нема услова за глацијацију; (*) критична снежна граница; (*) могућност стварања локализованог ледника; (❄) глацијација на Старој планини.

Ледена доба	GÜNZ глацијација		MINDEL глацијација		RISS глацијација		WÜRM глацијација		
	1	2	1	2	1	2	1	2	3
Време (10^3 г.)	590,3	550	475,6	435	230	187,5	115	71,9	25
ΔQ_s (КЈ)	-950	-700	-600	-1140	-1540	-1190	-1320	-1100	-1010
ΔH (м)	-1044	-846	-659	-1253	-1693	-1308	-1451	-1209	-1110
СГ (м)	+80	+278	+465	-127	-567	-182	-325	-83	+14
Стање	*	+	+	*	❄	❄	❄	❄	*

Сва остала ледена доба за које је М. Миланковић (1941) срачунао да је количина осунчавања износила око -1.000 КЈ и више нису била толико изражена да би се формирали ледници.

Резултати прорачуна границе вечног снега показују да је највећи продор ледника на овом делу Балканског полуострва ишао до око 1.650 - 1700 м надморске висине. Ранија географска проучавања на Старој планини показала су да се снежна граница спуштала на 2.000 м (Messerli, 1967) или на 1.700 - 1.800 м (Гавриловић, 1976). На бази прорачуна количине осунчавања време глацијације далеко је боље дефинисано и није уопштено као код географских теренских изучавања где се наводи општи израз као *плеистоценска снежна граница* (Миливојевић, 2007).



Слика 5: Секуларни ток летњег осунчавања у току последњих 600.000 година (по прорачунима М. Миланковића, 1941). Крива инсолације дата је за северну географску ширину $\varphi = 45^\circ$. Ознаке најхладнијих глацијација: ① – ледено доба Riss 1; ② - ледено доба Riss 2 и ③ - ледено доба Würm 1 као периода у којима је долазило до стварања центара заглечеравања на Старој планини.

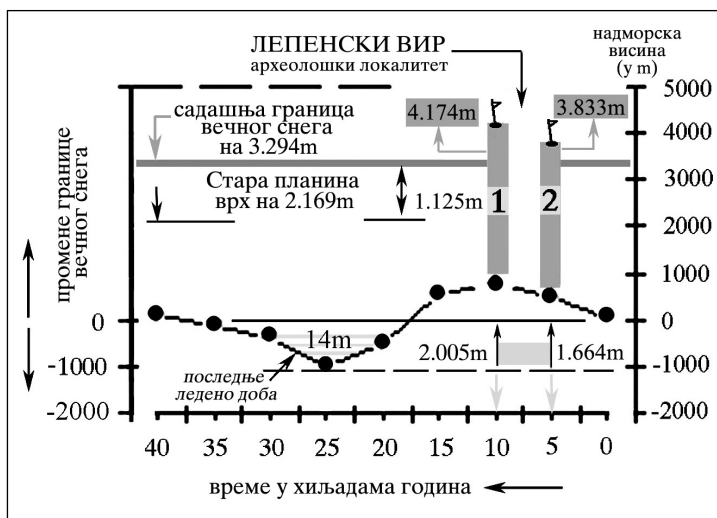
У току рис 1 глацијације ледник на Старој планини имао је елиптичан облик са дужом осом оријентисаном у правцу СЗ-ЈИ дужине око 55-60 км и ширине око 20 км. Можда се са југа спајао са ледником планине Рила у Бугарској (надморска висина 2.925 м), али се налазио удаљен од Подунавља преко 100 км. Постојао је око 15.000-18.000 ± 1.000 година (од 238.000-220.000 ± 1.000 година) са максимумом глацијације у периоду од 235.000-227.000 година и дефицитом летњег осунчавања ΔQ_s од -1540 до -1500 КЈ између 233.000-229.000 ± 1.000 година. Од свих познатих плеистоценских глацијација овај период од 4.000-5.000 година био је најстрашнији на Балканском полуострву и ни један пре ни касније није му био сличног интензитета.

Према томе, ни једна ближа планина археолошком локалитету Лепенски Вир у периодима вирмских глацијација или у последњих 100·10³ година није могла постати центар стварања ледника (Слика 6). То даље значи да су и други археолошки локалитети на десној и левој обалској страни Дунава (Падина, Стубица, Власац, Хајдучка воденица, Ајмана, Велесница и Кула – десна обалска страна, српска; Илисова, Излаз, Свинита, Виртоп, Куина Туркулуи, Клименте 1 и 2, Ветерани тераса, Икоана, Разврата, Островул Банулуи и Скела Кладовеи – лева обалска страна, румунска) врло пажљиво и промишљено одабрани за становање од стране ранохолоценског човека.

Крива на Слици 6 указује на већи број занимљивих палеоклиматолошких показатеља.

Пре 40.000 до око 35.000 година клима је била скоро идентична данашњој ($\Delta Q_s = +90$ до -110КЈ, Миланковић, 1941). У време максимума глацијације вирм 3 пре 25.000 година врх Старе планине (2.169 м н.в.) скоро се изједначавао са границом вечног снега (Табела 4 и 5). Могуће је да је долазило до стварања локалног ледника (у дубљим увалама оријентисаним ка северу или на падинама мање осунчаним), али то није имало већи утицај на ширу околину нити ниже надморске висине.

У периоду развоја културе Лепенског Вира граница вечног снега била је изнад врха Старе планине између 2.000 м (пре 10.000 година) и 1.660 м (пре 5.000). Средња годишња температура варирала је између +2,4°C и +1,5°C. Краткотрајни хладни догађај пре око 8.200 година *није јасно изражен* на 45° географске ширине (посебно се то односи на Лепенски Вир). Ни садржај $\delta^{18}\text{O}$ из спелеотема из пећине Полева, Јужни Карпати (Constantin et al., 2007), која је на удаљењу око 25 км ваздушном линијом од Лепенског Вира, није показао велику промену у том временском периоду. Пошто је пећина на око 390 м н.в. оправдано је очекивање да је њена средња годишња температура била нижа за најмање 1-2°C него што је то био случај на ниској флувијалној тераси Лепенског Вира (налазила се између 60 м и 65 м н.в.) и која је истовремено била отворена ка истоку, изложена топлој атмосферској и узводној медитеранској циркулацији и калоричном режиму Дунава.



Слика 6: Промена границе вечног снега у последњих 40.000 година на 45° северне географске ширине (по М. Миланковићу, 1941). Бројеви ① и ② означавају висине снежника у току развоја културе Лепенски Вир. Бројеви у нивоу криве представљају разлике висина границе вечног снега и висине Мицора на Старој планини од 2.169 м.

Сем познавања монументалних скулптура (Срејовић, 1969; Sreјović, 1972), археометалургије (Nandris, 1988), уметности и идеологије (Radovanović, 1997), коришћења камених алатки (Antonović, 2006), календара (Јовановић, 2009), вероватно археоастрономије (Бајић и Павловић, 2015) и писмености (Сабет и Пешић, 2012) у најранијим фазама насељавања Лепенског Вира и клима Подунавља морала је бити позната палеолитско-мезолитском човеку као изузетно повољна. Заједно са богатством исхране (лов и риболов, Radovanović & Voytek, 1997; Bonsall et al., 1997; Živaljević, 2012) и добрим заштитничким положајем (густе непроходне, реликтне и издашне шуме,

Мишић, 1980 и 1982; Мишић и Динић, 1986), то је био главни разлог зашто је ово подручје насељавано у касном плеистоцену и раном холоцену и зашто се у овом делу Подунавља развила најнапреднија цивилизација свога времена.

4. ПАЛЕОКЛИМА У ПЕРИОДУ РАЗВОЈА КУЛТУРЕ ЛЕПЕНСКОГ ВИРА

Премда је клима играла једну од најважнијих улога у настајању и развоју културе Лепенског Вира, она се ипак до сада најмање изучавала. Далеко више се водило рачуна о представама као што су уметност, религија или архитектура (Ристић, 1968; Sreјović i Babović, 1983; Бабовић, 2006), а у новије време о хронологији, стратиграфији, палеоисхрани, сукобима и насиљима унутар заједнице и рађањима у измењеним термалним условима (Borić & Dimitrijević, 2006; Bonsall et al., 2008; Борић и Димитријевић, 2009; Bonsall et al., 1997; Bonsall et al., 2004; Stefanović & Borić, 2008; Perić & Nikolić, 2011; Roksandić et al., 2006). Тиме је палеоклима, као један од најважнијих фактора живота на простору Подунавља, неправедно потискивана у други план. Мали број података о њој само је информативно представљен (Boroneanț, 2011; Constantin et al., 2001), а дешавало се да су се презентовали и потпуно погрешни подаци по којима су поједина ледена доба трајала чак 100.000 година (Sreјović i Babović, 1983)! При томе је у потпуности занемаривана Миланковићева астрономска теорија и његова крива осунчавања (Milankovitch, 1920, 1941; Миланковић, 1923, 1937, 1948). Разматрања у правцу односа археологије, педологије и геоморфологије (флувијалне средине) више је говорило о тренутном ефекту измене климе и њеном катастрофалном утицају него о свеукупном познавању (Bonsall et al., 2002/3). Ни тумачење да је смањена смртност деце у Лепенском Виру због рађања у термално затвореним срединама (Stefanović & Borić, 2008) не може у потпуности да се дефинише уколико се детаљније не познаје палеоклима плеистоцена.

Палеоклима шире околине Лепенског Вира у времену од око 10.000 до 5.000 година била је знатно топлија од данашње. Само је један краткотрајни хладни талас пре око 8.200 година могао да прекине то топлотно стање (Kendall et al., 2008; Sarmaja-Korjonen & Seppä, 2007; Burroughs, 2005). Ипак, његово трајање било је ограничено на око 3 века, максимално до 4(?) и велико је питање да ли је уопште имао утицај на ширу околину Лепенског Вира као у областима Бихор планине у Румунији (Tamas et al., 2005), Црног мора (Bahr et al., 2005) или источне Европе (Veski et al., 2004). Тај хладни талас какав је, рецимо, био на Гренланду са падом средње годишње температуре од 3°C (GRIP Members, 1993; Grafenstein von et al., 1998) или у околини јужних немачких језера Амерси и Старнберг са падом од 2°C (Alef & Müller, 1999) није могао да продре до Подунавља због свог краткотрајног

дејства, с једне стране, и изузетно добре заштићене подунавске нише субмедитеранског типа, са друге.

Питање “хладног догађаја пре 8.200 година” и даље остаје недовољно дефинисано за Лепенски Вир, иако астрономски подаци (Milankovitch, 1941), спелеотеме (Constantin et al., 2007) и археолошка изучавања (апсолутна хронологија и стратиграфија, Борић и Димитријевић, 2009) не доказују његов утицај у зони Подунавља. Новија стратиграфска подела на бази радиоактивног датирања људских и животињских костију показала је да је раномезолитско насељавање одвијало у две фазе (Прото Лепенски Вир 1 и 2). Прва фаза била је у времену од 9.300 до 8.900 година, а друга од 8.200 до 7.300 (Борић и Димитријевић, 2009). Хијатус од 700 година између ове две наведене фазе (од 8.900 до 8.200) не може се објаснити утицајем захлађења, јер оно није ни забележено. Насупрот томе, могло би да се претпостави да су поплавни таласи били учестали због загревања или честих падавина (Kukla & Gavin, 2004).

Са друге стране, утврђивање насеља ових фаза на широком простору флувијалне терасе, а не локализовано приобално и у дужини од око 90 м (Sreјović, 1972), иде у прилог тези да се “хладни догађај пре 8.200 година” није значајно осетио. Да је било супротно, градња станишта морала би бити гушћа и концентрисанија због заштите од хладноће, а техника укопавања задњег дела трапезоидне грађавине на падини речне терасе примењивала би се и у најстаријим фазама насељавања. По најновијим радиоактивним мерењима трапезоидне грађевине су млађе од 6.200 година или су само неолитске старости (Whittle et al., 2002; Bonsall et al., 2004; Борић, 2008).

У периоду од око 5.000 година постојања културе Лепенског Вира осунчавање је осциловало од максималних +880 каноничних јединица (пре 10.000 година) до +490 (пре 5.000 година) у току летње калоричне полугодине уз рефлексину моћ, а у току зимске калоричне полугодине осунчавање је варијало између -440 (пре 10.000 година) до -190 (пре 5.000 година) каноничних јединица (Milankovitch, 1941). Уколико се користе исте једначине које је М. Миланковић примењивао:

$$\Delta u_s = 1/150 \Delta Q_s \quad (2)$$

и

$$\Delta u_w = 1/150 \Delta Q_w \quad (3)$$

где су:

Δu_s – секуларно колебање средње температуре летње калоричне полугодине уз рефлексину моћ,

Δu_w – секуларно колебање средње температуре зимске калоричне полугодине уз рефлексину моћ и

ΔQ_w – секуларно колебање зимске количине осунчавања

добија се да је

$$\begin{aligned} \Delta u_{s(10.000)} = +5,3^{\circ}\text{C} & \rightarrow \Delta u_{s(5.000)} = +3,2^{\circ}\text{C} \\ \Delta u_{w(10.000)} = -2,9^{\circ}\text{C} & \rightarrow \Delta u_{w(5.000)} = -1,2^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

Како једна година садржи 100.000 каноничних јединица, *секуларно колебање средње температуре* (Δu_T) налази се из израза:

$$\Delta u_T = 1/2 (\Delta u_s + \Delta u_w) \quad (4)$$

чиме се утврђује да је

$$\Delta u_{T(10.000)} = +1,2^{\circ}\text{C} \quad \text{и} \quad \Delta u_{T(5.000)} = +1,0^{\circ}\text{C}.$$

Према томе, култура Лепенски Вир (као и све друге у обиму Подунавља) развијала се у изузетно повољним климатским условима чија је средња годишња температуре била најмање за $1,0^{\circ}\text{C}$ виша у односу на данашњу. Највероватније је да је у тих 5.000 година постојања Лепенског Вири долазило и до топлијих епизода, посебно у мезолитско време када је клима осциловала и била нестабилна, али увек задржавала већу средњу годишњу температуру од данашње. О томе, између осталог, сведоче реликтне и ендемске форме као представници оригиналног типа шуме и шумске заједнице са очуваним старим представницима. У такве се сврставају циновски храст (*Quercus pubescens*), липа (*Tilia grandifolia* и *T. parvifolia*), граб (*Carpinus orientalis*) и др. (Мишић et al., 1972).

У наведени прорачун средње годишње температуре, базиран на Миланковићевој астрономској теорији осунчавања, уведене су корекције за рефугијални карактер Лепенског Вири. У локалне палеоклиматске услове увршћено је 14 различитих фактора атмосферског, хидросферског и литосферског карактера. То су: (а) ваздушни притисак, (б) количина падавина, (в) облачност и релативна влажност, (г) надморска висина терена, (д) правци ветрова, (ђ) близина мора или океана, (е) рељеф терена, (ж) густина и тип вегетације, (з) геолошка основа, флувијални процеси и тектонски склоп, (и) брзина и утицај процеса ерозије, (ј) затвореност система или жупни тип области (“острво” климе), (к) географска ширина места, (л) количина CO_2 и расејаних аеросола у атмосфери и (љ) антропогено дејство. Сви ти локални утицаји понаособ су анализирани да би се дефинисао тзв. *појединачни корективни фактор*, а затим срачунао укупни *ђердапско-рефугијални корективни фактор*. На бази тих анализа, уз познавање утицаја са истока (степског) и запада (полустепског и субмедитеранског карактера), као и уз издвојена четири преовлађујућа микроклиматска комплекса у узаној ђердапској зони у које спадају:

- а) *острвски*, преваходно контролисан калоричним режимом Дунава;
- б) *долински и нискотерасни*, узани приобалски и упореднички појас;
- в) *средњотерасни* са просечно нижим средњим годишњим температурама од претходне терасе за $1-2^{\circ}\text{C}$ и

г) *високотерасни* са више облачности и сезонским смањењем броја сунчаних дана (Bogoneanț, 2011), добијене су одговарајуће корекције које су се могле користити за допуну већ срачунаних вредности средњих годишњих температура нађених помоћу Миланковићеве криве осунчавања и његових прорачуна (Табела 6).

ТАБЕЛА 6

Појединачни корективни фактори за узану ђердапску рефугијалну зону и њен осредњени корективни фактор.

Ред. бр.	Корективни фактор	Вредност
1.	Ваздушни притисак	1,0
2.	Количина падавина	1,1
3.	Облачност и релативна влажност	1,0 – 1,1
4.	Надморска висина зоне (локација)	1,2 – 1,4
5.	Правци ветрова	1,0 – 1,2
6.	Близини мора или океана	1,2 – 1,3
7.	Рељеф терена	1,2 – 1,4
8.	Густина и тип вегетације	1,3 – 1,5
9.	Геолошка основа, флувијални процеси и тектонски склоп	1,1 – 1,3
10.	Брзина и утицај процеса ерозије	1,1 – 1,2
11.	Затвореност система или жупни тип области (“острво” климе)	1,3 – 1,5
12.	Географска ширина места	1,2 – 1,4
13.	Количина CO ₂ и расејаних аеросола у атмосфери	1,3 – 1,5
14.	Антропогено дејство	1,2 - 1,5
Осредњени ђердапско-рефугијални корективни фактор		1,15 – 1,30

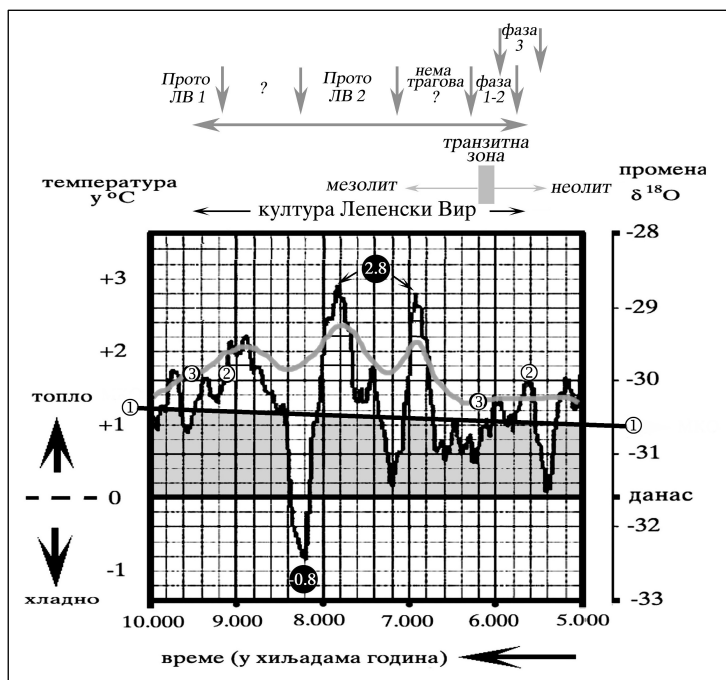
На основу осредњеног корективног фактора срачунате су вредности *секуларних колебања средње температуре* за ђердапску рефугију и ширу околину Лепенског Вира и оне износе:

$$\Delta t_{TC(10.000)} = +1,4 \text{ до } +1,55^{\circ}\text{C} \quad \text{и} \quad \Delta t_{TC(5.000)} = +1,15 \text{ до } +1,3^{\circ}\text{C}.$$

Заједно са кривом промене кисеониковог изотопа ¹⁸O успостављеном из детаљних анализа са Гренланда (густина опробавања на 5 см), уз примену наведених корективних фактора, добијена је модификована Миланковићева крива осунчавања за период од 10.000 до 5.000 година пре Христа (Слика 7, ознака ③).

За изналагање модификоване палеоклиматолошке криве изабрано је 8 временских одредница за које се сматрало да су најкарактеристичније и то

по следећем редоследу (дато у хиљадама година): 10; 9; 8,4; 7,8; 7,2; 7; 6,4 и 5. Уочљиво је да је тако добијена крива детаљнија од Миланковићеве астрономске дугопериодичне “линеарне” криве осунчавања (Слика 7, ознака ①) и мање детаљна од криве кисеониковог изотопа ^{18}O (Слика 7, ознака ②). Њено опште значење показује да је у развоју културе Лепенског Вира клима била знатно топлија, посебно у времену развоја културе Прото Лепенски Вир 2 (подела по Борићу и Димитријевић, 2009). У великом делу развоја ове културе средња годишња температура била је виша чак за 2-2,4°C.



Слика 7: Миланковићева крива осунчавања за период између 10.000 и 5.000 година (ознака ①); крива промене средњих годишњих температура добијена путем проучавања ледених узорака са Гренланда (бушотина GISP) са два климатолошка оптимума пре 7.800 и 6.900 година и минимумом пре 8.200 година (ознака ②); модификована Миланковићева крива за ширину околину Лепенског Вира са 8 селектираних (критичних) временских одредница (ознака ③). Осенчен део представља општи топлотни климатолошки прираштај; у горњем делу криве дате су фазе развоја културе Лепенског Вира (по Борићу и Димитријевић, 2009); могуће је да је климатолошка криза пре 8.200 година имала оштрији почетак и блажи завршетак за фазу Прото Лепенски Вир.

Део криве који се односи на мезолитско време (од 9.600 до 6.200 година пре Христа) има знатно осцилаторнији карактер него неолитски интервал од 6.000 до 5.400 година. Можда је разлог томе дужина трајања, али постоји још једна незаобилазна чињеница: два хијатуса у развоју култура Прото

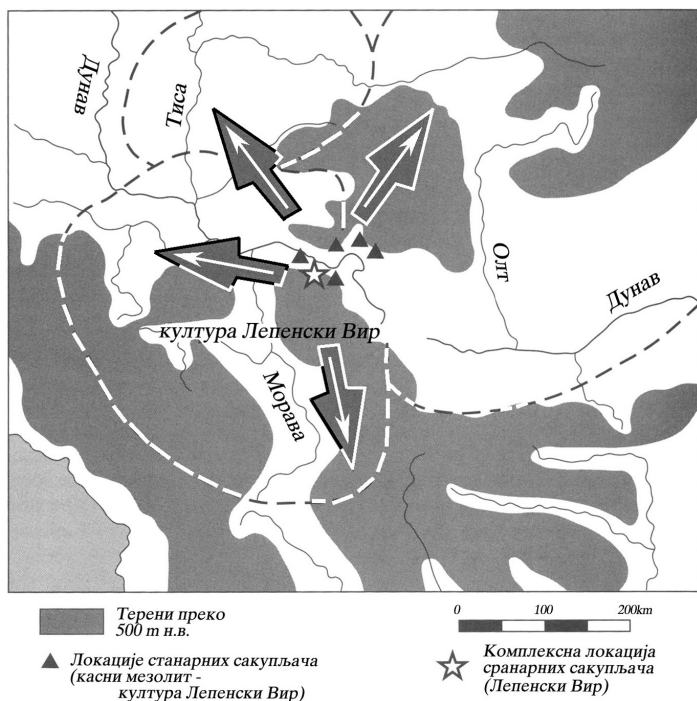
Лепенског Вира 1 и 2. Тачније говорећи, они су се завршавали престанком насеља, како то показују радиометријска датирања људских и животињских костију, и највероватније променом односа астрономских елемената климе, фазама захлађења, поплавама или променом карактера станишта (Radovanović, 1996; Bonsall, 2008; Yanko-Himbach et al., 2007; Borić, 2011; Милићевић, 2009; 2015; Антић, 2016).

Вероватно би томе могло да се придода и виђење Дагласа Прајса (2000), који за касни мезолитски период културу Лепенски Вир означава у веома широкој области Мораве, Саве, Тисе и делимично Олта (Слика 8). Према том приказу, експанзију ове културе обележава поприлично широко, иако наводи да су у питању археолошке локације станарних сакупљача.

Неолитски део криве (Слика 7) наглашено је линеаран (делимично сублинеаран) са изражено топлијом климатолошком фазом која се уочава код све три криве. То је био један од поузданих услова за континуалан прелаз из културне фазе Лепенски Вир 1-2 у културну фазу Лепенски Вир 3 и ове климатолошке повољности ни по чему не иду у прилог теорији напуштања насеља због открића и развоја земљорадње и сточарства. Још мање то може да се каже у прилог Срејовићевог модела по коме је Ђердап представљао аутохтони центар за припитомљавање животиња и развој биљака, као и за културе Старчево, Корос и Крис (Price, 2000).

Према утврђеним палеоклиматолошким резултатима, за период пре 10.000 година у широј околини Лепенског Вира средња годишња температура износила је између 12,5°C и 13,5°C, а за период пре 5.000 година око 12°C до 12,5°C. С обзиром на већи субмедитерански климатски утицај са истока, малу годишњу облачност (између 5,2 и 5,4), затворени систем са развијеним реликтним и ендемским биљкама, стабилним калоричним односом летње и зимске полугодине и високом границом вечног снега, могуће је да је средња годишња температура пре 10.000 година у најоптималнијим фазама износила чак између 13°C и 14°C. Ово додатно потврђују субмедитеранска стабла храста (*Quercus pubescens* и *Q. ceris*), термофилно жбуње (*Syringa vulgaris*, *Padusmahaleb*, *Cotinus coggygria* и *Fraxinus ornus*), медитерански копривић (*Celtic australis*) и др.

Уколико се палеоклиматолошки подаци упореде са савременим мерењима и делимично интерполацијама, запажа се следеће: на метеоролошким станицама утврђено је да су средње годишње температуре и падавине поприлично уједначене на крајњем западу и истоку Ђердапа. За метеоролошку станицу Молодова Нова (Румунија) средње годишње температуре за период 1997-99. године износиле су од 10-11°C, а годишње падавине биле су између 700-800 мм/год. (Munteanu & Bălănescu, 1999). За метеоролошку станицу Неготин (период 1961-90. године) средње годишње температуре биле су 11,2°C, а годишње падавине између 750 – 850 мм/год. (Дуцић и Радовановић, 2005). За клисуру Ђердап средње годишње температуре су 11,3°C, а годишње падавине око 785 мм/год.



Слика 8: Могући просторни распоред културе Лепенског Вира у периоду касног мезолита (по Т. Д. Прајсу, 2000, модификовано) када је клима била топлија од данашње (према Миланковићевим астрономским подацима и узорцима леда са Гренланда), а комуникација олакшана и развијенија у обиму Подунавља и Поморавља.

Палеоклима шире околине Лепенског Вира није до сада ни детаљно ни систематски проучавана, иако је о корисним могућностима реконструкције на бази Миланковићевих циклуса осунчавања писано и раније и у новије време (Гавела, 1988; Милићевић, 2012; Димитријевић, 2015; Милићевић и Грубић, 2015). Чак ни по открићу археолошког локалитета није се велика пажња посветила прошлој клими, иако је било евидентно да су првобитна климатолошка истраживања показала бројне недостатке (Срејовић, 1969). Ни фрагментарни резултати нису били довољни да би се донели темељни закључци. Због тога би било веома корисно извести детаљна проучавања полена, спелеотема (Kačanski et al., 2001; Wainer et al., 2009), трагати за фосилизованим и полуфосилизованим дрветом из периода пре и за време насељавања бројних археолошких локација, помоћу спекторадиметра мониторисати упад светлости, интензитет осунчавања и рефлексију – албедо (Perovich et al, 1999; Kolbert, 2006), извести мерење магнетске суспектибилности по густо одређеним тачкама на садашњем музејском објекту уз стриктно вођење рачуна о подовима грађевина због повећаног

садржаја гетита (Nandris, 1988), као и у широј околини, али и *обавезно* применити Миланковићеву астрономску теорију са краткопериодичним временским интервалима.

Такви подаци могли би да се искористе за успостављање палеоклиматолошке стратиграфије и можда за одређивање палеоклиматолошких маркера, као и за далеко правилније схватање социјалних, миграционих и динамичких особина културе Лепенског Вира, као и њен продужетак. По свим палеоклиматолошким карактеристикама, мезолитски и неолитски услови у Подунављу били су изузетно повољни за развој ране цивилизације и с тог аспекта не постоји ни један једини аргумент по коме би се говорило о каснијим дисконтинуалним променама, а још мање о трајном напуштању ових широких простора (Слика 8). Између осталог, тај континуитет и палеолингвистичка и ДНК-а генеалогска проучавања то потврђују (Alinei, 2003a; 2003b; Klyosov, 2008 & 2011; Кљосов, 2013), па се зато и поставља једно логично и наметљиво питање: када је са толико климатолошких повољности разоткривен тај благородно заштитнички простор – зашто би се рани лепеначки и нешто касније винчански човек излагао ризицима, селио у мање повољне источне степске области да би се изнова, кроз касније векове, поново враћао својим подунавским изворима? Уосталом добро је знано: мало је ко *рајско* мењао за *краниопатско*. Према томе, колико год веровали да је термохалинска циркулација Ахилова пета планетарног климатолошког система (Broecker, 1997), толико се још снажније намеће рефугијални карактер Лепенског Вира као најстабилнији климатолошки феномен у Европи, тесно здружен са калоричним режимом Дунава и својим средњоширинским положајем унутар два планинска система, који као титани стоје на путу било каквом негативном климатолошком утицају.

5. ЗАКЉУЧЦИ

На ширем простору археолошког локалитета Лепенски Вир (Србија) веома мало је прикупљено палеоклиматолошких података. Ово је велики недостатак уколико се зна да је у току мезолитско-ранонеолитског периода клима играла изузетно значајну улогу. Овим радом делимично су представљени палеоклиматолошки резултати, добијени, пре свега, путем Миланковићевих циклуса осунчавања, тј. преко калоричне летње и калоричне зимске полугодине, Миланковићеве модификоване криве осунчавања за 14 различитих ђердапско-рефугијалних фактора палеоклиме, границе вечног снега и срачунатих средњих годишњих температура.

Калоричне летње и калоричне зимске полугодине показале су да су на 45° северне географске ширине палеоклиматолошке промене најмање изражене. На овом простору стварни инсолациони фактор стабилности (Q_{TS}) близак је нули. Ова климатолошка стабилност била је пресудна за насељавање у читавом Подунављу, посебно зато што је у питању затворена рефугијална

област субмедитеранских карактеристика, али и њена залеђина, посебно у зони Поморавља .

У времену између 10.000 и 5.000 година пре Христа граница вечног снега налазила се високо изнад савремене. Данас је на 3.294 м, а у времену постојања насеља Лепенски Вир била је између 4.174 м и 3.833 м. Ових 500 м до 900 м више него јасно показује да је клима била знатно топлија, што је изузетно погодно за развој шуме, према томе, сакупљању плодова, богатом лову, знатно олакшавало живот на ниској дунавској речној тераси и омогућавало издашан улов рибе. Критична граница вечног снега у широј околини Лепенског Вира могла је бити достигнута само у последњој глацијацији вирм 3 (LGM) пре 25.000 година на Старој планини (врх Миџор 2.169 м). Како се центар заглечеравања могао развити искључиво локализовано и пошто је удаљен од Лепенског Вира око 140 км, то није било опасности од његовог ширења ка северу, а још мање у краткотрајним кризним епизодама (пре око 8.200 година). За рачунање границе вечног снега коришћена је нешто модификована једначина где је: $\Delta H = 1,1 \Delta Q_s$, али и то је показало да се за критично секуларно колебање калоричне летње полугодине може узети да је $\Delta Q_s = 1.000$ каноничних јединица.

Средња годишња температура археолошког локалитета Лепенски Вир била је најмање за 1,2°C виша од данашње пре 10.000 година и 1,0°C пре 5.000 година (дато на бази осунчавања планете и Миланковићевих прорачуна). Како се у Лепенском Виру рефигијални карактер климе није мењао у једном дугом временском периоду, то постоји реална могућност да је температурно повећање било више, тј. клима топлија. Тим пре што су археолози на самом археолошком локалитету Лепенски Вир, приликом откопавања, пронашли семенке реликтних и ендемских биљака субмедитеранског карактера. Ово указује на могућност да је средња годишња температура била између 12,5°C и 13,5°C, а у појединим мезолитским периодима отопљавања можда чак између 13°C и 14°C.

Наведени резултати нису комплетни и зато би било веома пожељно наставити са палеоклиматолошким испитивањем шире околине Лепенског Вира. Посебно би требало проучити спелеотеме, магнетску суцептибилност, полен, варве, применити дендрохронологију и успоставити климатску стратиграфију и палеоклиматолошке маркере. У сваком случају, поред обиља рибе у реци, доброг улова у околним шумама и природне заштићености, клима је играла једну од најважнијих улога у мезолитско-неолитском троуглу *исхрана-сигурност-топлота*, што је условило несметан, дуготрајан и миран миленијумски развој културе Лепенски Вир, незабележен у каснијој историји на територији Балканског полуострва.

Литература

- Alefs, J., Müller, J.: 1999, "Differences in the eutrophication dynamics of Ammersee and Starnberg sea (Southern Germany), reflected by the diatom succession in varve-dated sediments", *J. Paleolimnology*, **21**, 395-407.
- Alley, R. B., Mayewski, P. A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K. C., Clark, P. U.: 1997, "Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago", *Geology*, **25(6)**, 483-486.
- Alley, R. B., Ágústsdóttir, A. M.: 2005, "The 8 ka event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climate change", *Quater. Sci. Rev.*, **24**, 1123-1149.
- Alinei, M.: 2003a, "Interdisciplinary and linguistic evidence for Palaeolithic continuity of Indo-European, Uralic and Altaic populations in Eurasia, with an excursus on Slavic ethnogenesis", In: Conf. "Ancient Settlers in Europe", (expan. ver.), Kobarid, May 29-30, 1-57, also in: *Quaderni di Semantica*, **24**, 187-216.
- Alinei, M.: 2003b, "The Paleolithic Continuity Theory on Indo-European Origins: An Introduction", *Studi celtici*, **3**, 13-41.
- Антић, Д. П.: 2016, *Теорија климе Милутина Миланковића и древна историја*, Ганеша клуб, 1-144, Београд.
- Antonović, D.: 2006, *Stone tools from Lepenski Vir*, Cahiers des Portes de Fer, Monographies 5, 1-156, Institute for Archeology, Belgrade.
- Бабовић, Љ.: 2006, *Светилиште Лепенског Вира: место, положај и функција*, Народни музеј, 1-248, Београд.
- Bahr, A., Lamy, F., Arz, H., Kuhlmann, H., Wefer, G.: 2005, "Late glacial to Holocene climate and sedimentary history in the NW Black Sea", *Marine Geology*, **214**, 309-322.
- Бајић, А., Павловић, Х.: 2015, *Сунце Лепенског Вира (археоастрономска анализа локалитета)*, Влашићи, 1-156, Београд.
- Bonsall, C.: 2008, *The Mesolithic of the Iron Gates*, In: Mesolithic Europe (Bailey G.N., Spikins P., eds.), 238-279, Cambridge Univ. press.
- Bonsall, C., Lennon, R., McSweeney, K., Stewart, C., Harkness, D., Boroneanț, V., Bartosiewicz, L., Payton, R., Chapman, J.: 1997, "Mesolithic and early Neolithic in the Iron Gates: a palaeodietary perspective", *J. Europ. Archaeology*, **5(1)**, 50-92.
- Bonsall, C., Macklin, M. G., Payton, R. W., Boroneanț, A.: 2002/3, "Climate, floods and river gods: environmental change and the Meso-Neolithic transition in southeast Europe", *Before Farming*, **4(2)**, 1-15.
- Bonsall, C., Cook, G. T., Hedges, R. E. M., Higham, T. F. G., Pickard, C., Radovanović, I.: 2004, "Radiocarbon and stable isotope evidence of dietary change from the Mesolithic to the middle ages in the Iron Gates: New results from Lepenski Vir", *Radiocarbon*, **46(1)**, 293-300.
- Bonsall, C., Radovanović, I., Roksandić, M., Cook, G., Higham, T., Pickard, C.: 2008, "Dating burial practices and architecture at Lepenski Vir", *The Iron Gates in Prehistory: New Perspective* (Bonsall, Boroneanț, Radovanović, eds.), (BAR Int. Ser. 1893), 175-204, Oxford, Archaeopress.
- Борић, Д.: 2008, «Култура Лепенског Вира у светлу нових истраживања», *Српско археол. друш.*, **24**, 9-44, Београд.
- Borić, D., Dimitrijević, V.: 2006, "Continuity of foraging strategies in Mesolithic-Neolithic transformations: dating faunal patterns at Lepenski Vir (the Balkans)", *Atti della Società per la preistoria e protoistoria della regione Friuli-Venezia Giulia*, **XV** (2004-2005), 33-107.

- Borić, D.: 2011, *Adaptations and Transformations of the Danube Gorges Foragers (c. 13,000-5,500 ca. BC): An Overview*, In: *Beginnings – New Research in the Appearance of the Neolithic between Northwest Anatolia and the Carpathian Basin* (R. Krauß, ed.), 157-203, Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf GmbH.
- Борић, Д., Димитријевић, В.: 2009, «Апсолутна хронологија и стратиграфија Лепенског вира», *Старинар*, **57-2007**, 9-55, Београд.
- Boroneanţ, A.: 2011, “A suggested chronology for the Iron Gates Mesolithic”, *Bul. Muzeului Judeţean, ser. Arheologie*, **3**, 21-39.
- Broecker, W. S.: 1997, “Thermohaline Circulation, the Achilles Heel of Our Climate System: Will Man-Made CO₂ Upset the Current Balance?”, *Science*, **28**, 1582-1588.
- Burroughs, W. J.: 2005, *Climate change in prehistory, The end of the reign of chaos*, Cambridge Univ. press, 1-356.
- Constantin, S., Lauritzen, S. E., Stiuca, E., Petculescu, A.: 2001, “Karst evolution in the Danube Gorge from U-series dating of a bear skull and calcite speleothems from Peştera de la Gura Ponicevei (Romania)”, *Theoretical and Applied Karstology*, **13-14**, 39-50.
- Constantin, S., Bojar, A. V., Lauritzen, S. E., Lundberg, J.: 2007, “Holocene and Late Pleistocene climate in the sub-Mediterranean continental environment: A speleothem record from Poleva Cave (Southern Carpathians, Romania)”, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **243**, 322-338.
- Cvijić, J.: 1900, “L’èpoque glaciaire dans la Péninsule des Balkans”, *Annales de Géographie*, **IX**, 359-372, Paris (на француском).
- Цвијић, Ј., 1903а: «Нови резултати глацијалне епохе на Балканском полуострву», “Глас”, *Српска Краљ. Акад. Наука*, **LXV**, 185-333, Београд.
- Цвијић, Ј., 1903б: «Балканска, алпска и карпатска глацијација», “Глас”, *Српска Краљ. Акад. Наука*, **LXVII**, 219-227, Београд.
- Свијић, Ј., 1908: “Neue Ergebnisse über die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel, in den Südkarpathen und auf dem mysischen Olymp”, *Zeitschrift für Gletscherkunde*, Band III, pp. 1-35, Berlin (на немачком).
- Свијић, Ј., 1917: “L’èpoque glaciaire dans la Péninsule des Balkans”, *Annales de Géographie*, **XXVI**, 189-218 & 273-290, Paris (на француском).
- Димитријевић, М. С., 2015: *Миљутин Миланковић и тајна ледених доба*, У: “Зборник Српски математичари”, Мај месец математике 2012. (Шуваковић, ур.), 95-113, Београд.
- Дуцић, В., Радовановић, М.: 2005, *Клима Србије*, Завод за уџбеника и наставна средства, 1-212, са 6 табела, Београд.
- Estilow, T. W., Young, A. H., Robinson, D. A., 2015: “A long-term Northern Hemisphere snow cover extent data record for climate studies and monitoring”, *Earth Syst. Sci. Data*, **7**, 137-142.
- Gamble, C.: 1999, *The Palaeolithic Societies of Europe*, Cambridge Univ. press, 1-528.
- Гавела, Б.: 1988, *Палеолит Србије*, Музеј “Аранђеловац” и Центар за археол. истр. Филозофског факултет, Београд, 1-134.
- Гавриливић, Д.: 1976, «Глацијални рељеф Србије», “Гласник”, *Српско геог. друш.*, **56/1**, Београд.
- Grafenstein, von U., Erlenkeuser, H., Müller, J., Jouzel, J., Johnsen, S.: 1998, “The cold event 8200 years ago documented in oxygen isotope records of precipitation in Europe and Greenland”, *Clim. Dyn.* **14**, 73-81.
- GRIP (Greenland Ice Core Project) Members: 1993, “Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core”, *Nature*, **364**, 203-207.

- Hughen, K., Lehman, S., Southon, J., Overpeck, J., Marchal, O., Herring, C., Turnbull, J.: 2004, "14C activity and global carbon cycle changes over the past 50,000 years", *Science*, **303**, 202-207.
- Johnsen, S. J., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N., Steffensen, J. P., Clausen, H. B., Miller, H., Masson-Delmotte, V., Sveinbjörnsdóttir, A. E., White, J.: 2001, "Oxygen isotope and palaeotemperature records from six Greenland ice-core stations: Camp Century, Dye-3, GRIP, GISP2, Renland and NorthGRIP", *J. Quat. Sci.*, **16**, 299-307.
- Јовановић, Б.: 2009, «Познавање календарских елемената за миграциона кретања риба фамилије асиренсеридае у култури Лепенског Вира», У: конф. Развој астрономије код Срба (М. С. Димитријевић, ед.), Београд 18-22, 2008, *Публ. астр. друш. "Пуђер Бошковић"*, 417-421, Београд.
- Каџански, А., Carmi, I., Shemesh, A., Kronfeld, J., Yam, R., Flexer, A.: 2001, "Late Holocene Climatic Change in the Balkans: Speleothem Data from Serbia", *Radiocarbon*, **43**, Nr **2B**, 647-658.
- Kendall, R. A., Mitrovica, J. X., Milne, G. A., Törnqvist, T. E., Li, Y.: 2008, "The sea-level fingerprint of the 8.2 ka climate event", *Geology*, **36**, 423-426.
- Klyosov, A. A.: 2008, "Where Slavs and Indo-Europeans came from?", *Proc. Russian Acad. DNA Genealogy*, **1**, 400-477.
- Klyosov, A. A.: 2011, "Haplotypes of R1b1a2-P312 and related sub-clades: Origin and "ages" of most recent common ancestors", *Proc. Russian Acad. DNA Genealogy*, **4**, 1127-1195.
- Кљосов, А. А.: 2013, *Порекло Словена: осврти на ДНК-генеологију*, Мирослав, 1-440, Нови Сад.
- Kobashi, T., Severinghaus, J. P., Brook, E. J., Barnola, J.-M., Grachev, A. M.: 2007, "Precise timing and characterization of abrupt climate change 8200 years ago from air trapped in polar ice", *Quarter. Sci. Rev.*, **26(9)**, 1212-1222.
- Kolbert, E.: 2006, *Field Notes from a Catastrophe (Man, Nature, and Climate Change)*, Bloomsbury, 1-308.
- Köppen, W., Wegener, A.: 1924, *The Climates of the Geological Past (Die Klimate der geologischen Vorzeit)*, (Reproduction of the original German edition and complete English translation), Thiede J., Lochte K. & Dummermuth A. (eds.), 1-657.
- Köppen, W.: 1929, (in Wegener, A.) *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, Vierte Auflage, Braunschweig (на немачком).
- Köppen, W.: 1936, *Das Geographische System der Klimate*, In: Köppen, W. & Geiger, R. (eds.), *Handbuch der Klimatologie*, I, part C, Gebrüder Borntraeger, Berlin (на немачком).
- Kukla, G.: 1979, "Climatic role of snow covers, Sea Level, Ice, and Climatic Change" (Proc. of the Canberra Sym., Dec. 1979), *IAHS Publ.*, **131**, 79-107.
- Kukla, G., Gavin, J.: 2004, "Milankovitch climate reinforcement", *Global & Planet. Change*, **40**, 27-48, also available online @ www.sciencedirect.com.
- Masson-Delmotte, V., Jouzel, J., Landais, A., Stievenard, M., Johnsen, S. J., White, J. W. C., Werner, M., Sveinbjörnsdóttir, A., Fuhrer, K.: 2005, "GRIP deuterium excess reveals rapid and orbital-scale changes in Greenland moisture origin", *Science*, **209**, 118-121.
- Messerli, B.: 1967, *Die eiszeitliche und die gegenwertige Vergleitsherung im Mittelmeerraum*, Geog. Helvetica 3, Bern (на немачком).
- Milankovitch, M.: 1920, *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*, Gauthier-Villars et Cie, Paris. (In Serbian: Математичка теорија топлотних појава насталих Сунчевим зрачењем, Завод за уџбенике и наставна

- средства, 9, 1-368, Београд, 2012).
- Миланковић, М.: 1923, «Калорична годишња доба и њихова примена у палеоклиматском проблему», *“Глас” Српске Краљевске Академије*, **CIX**, 1-30, Београд.
- Миланковић, М.: 1937, «Нови резултати астрономске теорије климатских промена», *“Глас” Српске Краљевске Академије*, **CLXXV**, 3-41, Београд.
- Milankovitch, M.: 1941, *Kanon der Erdbastrahlung und seine Anwendung auf des Eiszeiten-problem*, Royal Serbian Sci., Spec. pub. 132, Sec. Math. Natural Sci., 33, 1-633, Belgrade. (*Canon of Insolation and the Ice Age Problem*, Eng. Trans. by Israël Program for the U.S. Depart. of Comm. and the Nat. Sci. Fond., Washington D.C., 1969 and in Serbian: *Канон осунчавања Земље и његова примена на проблем ледених доба*, Завод за уџбенике и наставна средства, 1-374, књ. 1 и 1-330, књ. 2, Београд, 1997).
- Миланковић, М.: 1948, *Астрономска теорија климатских промена и њена примена у геофизици*, Научна књига, 1-159, Београд.
- Миливојевић, М.: 2007, *Глацијални рељеф на Волујку са Биочем и Маглићем*, Геог. инст. “Јован Цвијић” САНУ, спец. изд., 68, 1-132, Београд.
- Милићевић, В.: 2009, *Миланковићева крива осунчавања од максимума последње глацијације до почетка културе Лепенског Вира*, У: Збор. радова конф. “Развој астрономије код Срба V”, Београд, 18-22. IV 2008, (ед. М. С. Димитријевић), *Публ. Астр. друш. “Руђер Бошковић”*, **8**, 355-376, Београд.
- Милићевић, В.: 2012, *Бранислав Миловановић о Миланковићевој теорији осунчавања*, У: Збор. радова конф. “Развој астрономије код Срба VII”, Београд, 18-22. IV 2012, (ед. М. С. Димитријевић), *Публ. Астр. друш. “Руђер Бошковић”*, **13**, 599-618, Београд.
- Милићевић, В.: 2015, *Елементи палеоклиматологије (са освртом на калорична годишња доба, математичку климу и геолошке маркере)*, 3VM Geo Ltd. и Удружење “Милутин Миланковић” књ. 1, 1-208, Београд.
- Милићевић, В., Грубић, А.: 2015, *Бранислав Миловановић о Миланковићевим циклусима осунчавања*, 3VM Geo Ltd. и Удружење “Милутин Миланковић”, 1-78, Београд.
- Mišić, V., Čolić, D., Dinić, A.: 1972, “Ecological – Phytocenological Investigation”, In: *Europe’s first monumental sculpture: new discoveries at Lepenski Vir* (ed. D. Srejović), Stein & Day, 171-181.
- Мишић, В.: 1980, *Ђердапски рефугијум – јединствени природни феномен у Европи*, IV Симпозијум о биосистематици Југолавије, резимеи и извештаји (пос. изд.), 1-24, Ђердап/Београд.
- Мишић, В.: 1982, *Реликтне полидоминантне шумске заједнице Србије*, Матица српска, пос. изд. 1-178, Нови Сад.
- Мишић, В., Динић, А.: 1986, «Екоценолошка анализа најстаријих праисторијских локалитета у Ђердапу (Власац, Падина. Лепенски вир) и њен значај за археологију», *Архива биолошких наука*, **38(1-2)**, 3П-4П, Београд.
- Munteanu, R., Bălănescu, D.: 1999, *Air and rainfall temperature regime in the space of Banat in the year 1997*, Proc. Regional Conf. Geography “Danube-Cris-Mures-Tisa Euroregion – Geoeconomical space of sustainable development”, West Univ. Timisoara, 141-150.
- Nandris, J.: 1988, “The earliest European plaster pyrotechnology: the red floors of Lepenski Vir”, *Rivista di Archeologia*, **12**, 14-15, www.bretschneider-online.it/rda_pdf/rda_12//rda_12_02.pdf.

- North Greenland Ice Core Project Members: 2004, "High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period", *Nature*, **431**, 147–151.
- Perić, S., Nikolić, D.: 2011, "A Contribution to Understanding Stratigraphy of Lepenski Vir", *Starinar*, **LXI**, 33-59, Belgrade.
- Perovich, D. K., Andreas, E. L., Curry, J. A., Eiken, H., Fairall, C. W., Grenfell, T. C., Guest, P. S., Intrieri, J., Kadko, D., Lindsay, R. W., McPhee, M. G., Morison, T. C., Moritz, R. E., Paulson, C. A., Pegau, W. S., Persson, P. O. G., Pinkel, R., Richter-Menge, J. A., Stanton, T., Stern, H., Sturm, H., Tucker III, W. B., Uttal, T.: 1999, "Year on Ice Gives Climate Insights", *Eos Trans. Amer. Geophys. Union*, **80**, **41**, 481-486.
- Price, T. D.: 2000, *Europe's first farmers*, Cambridge Univ. press, 1-395.
- Radovanović, I.: 1997, *The Culture of Lepenski Vir: A Contribution to the Interpretation of its Ideological Aspects*, In: Antidoron Dragoslav Srejšović completis LXV annis ab amicis collegis discipulis oblatum, Centre for Archeological Research, University of Belgrade, 85-93.
- Radovanović, I.: 1996, *The Iron Gates Mesolithic*, Inter. Monogr. in Prehistory, Archaeol. Ser., 11, Univ. of Michigan press, Ann Arbor.
- Radovanović, I., Voytek, B.: 1997, "Hunters, fishers or farmers: sedentism, subsistence and social complexity in the Djerdap Mesolithic", *Analecta Praehistorica Leidensia*, **29**, 19-31, Leiden.
- Rasmussen, S. O., Andresen, K. K., Svenson, A. M., Steffensen, J. P., Vinther, B. M., Clausen, H. B., Siggaard-Andersen, M. L., Johnsen, S. J., Larsen, L. B., Bigler, M., Röthlisberger, R., Fischer, H., Goto-Azuma, K., Hanson, M. E., Ruth, H.: 2006, "A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination", *J. Geophys. Res.*, **111**, DO6102. doi: 10.1029/20051JD006079.
- Ристић, П.: 1968, « Архитектура Лепенског Вира », *Уметност*, **16**, 29-42, Београд.
- Roksandić, M., Djurić, M., Rakočević, Z., Seguin, K.: 2006, "Interpersonal Violence at Lepenski Vir Mesolithic/Neolithic Complex of the Iron Gate (Serbia-Romania)", *Amer. J. Phys., Anthropology*, **129**, 339-348.
- Сабет, М., Пешић, В.: 2011, *Азбука Лепенског Вира*, Пешић и синови, 1-86, Београд.
- Sarmaja-Korjonen, K., Seppä, H.: 2007, "Abrupt and consistent responses of aquatic and terrestrial ecosystem to the 8200 cal. yr cold event: a lacustrine record from Lake Arapisto, Finland", *The Holocene*, **17**, 457-467.
- Среjšовић, Д.: 1969, *Лепенски Вир*, Српска књижевна задруга, 1-330, Београд.
- Srejšović, D.: 1972, *Europe's first monumental sculpture: new discoveries at Lepenski Vir*, Stein & Day, 1-216.
- Srejšović, D., Babović, Lj.: 1983, *Umetnost Lepenskog Vira*, ИК Jugoslavija, 1-208, Београд.
- Suess, H. E., Linick, T. W.: 1990, "The C record in bristlecone pine wood of the past 8000 years based on the dendrochronology of the late C. W. Ferguson", *Philos. Trans. Roy. Soc. London, A*, **330**, 403-412.
- Stefanović, S., Borić, D.: 2008, *The newborn infant burials from Lepenski Vir: In pursuit of contextual meanings*, In: *The Iron Gates in Prehistory: New perspective*, (Bonsall, Boroneanţ & Radovanović, eds.), (BAR Int. Ser. 1893), 131-169, Oxford, Archaeopress.
- Svensson, A., Nielsen, S. W., Kipfsthul, S., Johnsen, S. J., Steffensen, J. P., Bigler, M., Ruth, U., Rthlisberger, R.: 2005, "Visual stratigraphy of the North Greenland Ice Core Project (NorthGRIP) ice core during the last glacial period", *J. Geophys. Res.*, **110**.
- Tămas, T., Onac, B., Bojar, A. V.: 2005, "Late Glacial – Middle Holocene stable isotope records in the two coeval stalagmites from the Bihor Mountains, NW Romania", *Geological Quarterly*, **49(2)**, 185-194.

- Veski, S., Seppä, H., Ojala, A. E. K.: 2004, "Cold event at 8200 yr B.P. recorded in annually laminated lake sediments in eastern Europe", *Geology*, **32/8**, 681-684.
- Vinther, B. M., Clausen, H. B., Johnsen, S. J., Rasmussen, S. O., Andersen, K. K., Buchardt, S. L., Dahl-Jensen, D., Seierstad, I. K., Siggaard-Andersen, M. L., Steffensen, J. P., Svensson, A., Olsen, J., Heinemeier, J.: 2006, "A synchronized dating of three Greenland ice cores throughout the Holocene", *J. Geophys. Res.*, **111**, D13102, doi:10.1029/2005JD006921.
- Wagner, F., Aaby, B., Visscher, H.: 2002, "Rapid atmospheric CO₂ changes associated with the 8,200-years-B.P. cooling event", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **99 (19)**, 12011-12014.
- Wainer, K., Genty, D., Blamart, D., Hoffmann, D., Couchoud, I.: 2009, "A new stage 3 millennial climatic variability record from a SW France speleothem", *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **271**, 130-139.
- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S. O., Steffensen, J. P., Popp, T., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L., Highen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D.J., Nakagawa, T., Newnham, R., Schwander, J.: 2008, "The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period) in the NGRIP ice core", *Episodes*, **31, 2**, 264-267.
- Whittle, A., Bartosiewicz, L., Borić, D., Pettitt, P., Richards, M.: 2002, "In the beginning: new radiocarbon dates for the Early Neolithic in northern Serbia and south-east Hungary", *Antaeus*, **25**, 63-117.
- Yanko-Hombach, V., Gilbert, A. S., Dolukhanov, P.: 2007, "Controversy over the great flood hypothesis in the Black Sea in light of geological, paleontological, and archeological evidence", *Quarter. Inter.*, **167-168**, 91-113.
- Živaljević, I.: 2012, *Big Fish Huntig: interpretation of stone clubs from Lepenski Vir*, Conf. Harmony of Nature and Spirituality in Stone (Proc. 2nd Inter. Conf., Kragujevac March 15-16, 2012, Vasić N., ed.), 195-206, Belgrade.

**PALEOCLIMATE OF THE WIDE AREA OF LEPENSKI VIR
ARCHEOLOGICAL LOCALITY (PERIOD FROM 10 TO 5 ky BC)
BASED ON MILANKOVITCH ASTRONOMICAL THEORY OF
INSOLATION**

Paleoclimate of the Lepenski Vir archeological locality was not researched in details even though it played a very important role in the period between 10 ky BC and 5 ky BC. Paleoclimate was a destining factor in the early phase of the settlement in Paleolithic and Mesolithic times. Caloric summer seasons and caloric winter seasons (in both cases = half-years, based on Milankovitch's works, 1923 & 1941) were very stable on the 45° north geographical latitude. The snow level was between 4,170 m and 3,830 m which occur during the last glacial maximum (LGM) 25 ky BC, representing critical levels in comparison to the modern climate. From Early Mesolithic to Middle Neolithic time paleoclimate of the Lepenski Vir archeological locality was higher than 1,2°C to 1,0°C. In same instances it would reach 2,0°C or 2,5°C, but it did not change general paleoclimate trend in Holocene time. Solar radiation in the "8.200 ky BC cold event" was relatively stable and attempts to find evidence of short cold period was unsuccessful. A very small drop of the mean annual temperature of 0,8°C was found. Modified Milanković's curve of insolation with 14 climatological factors show warmer temperatures than today, with a correction coefficient of 1,15 and 1,55. Mean annual temperature for Mesolithic and Neolithic periods were between 12,0°C and 13,5°C, and in warmer periods of Mesolithic time between 13,0°C and 14,0°C. Paleoclimate of the Lepenski Vir archeological locality and its wide area was very warm and stable. This resulted in ideal environment for settlements to occur in the lower river bank area of the Danube Gorge.

Key words: Archeological locality Lepenski Vir, Milankovitch astronomical theory, caloric summer half-year and caloric winter half-year, snow limit, paleoclimate, mean annual temperature, Danube refugia correction factor.