

**ПРОБЛЕМ ЗАСТУПЉЕНОСТИ РЕЛИКТНЕ КРИОАПЛАНАЦИОНЕ  
МОРФОЛОГИЈЕ НА ПЛАНИНИ ТУПИЖНИЦИ (ИСТОЧНА СРБИЈА)**

ДРАГАН НЕШИЋ<sup>\*1</sup>

*<sup>1</sup>Завод за заштиту природе Србије, Радна јединица Ниш, Војска Карађорђа 14/2, Ниш, Србија*

**Сажетак:** Током вишегодишњих теренских истраживања на Тупижници (1160 m), ниској кречњачкој планини у источној Србији, запажене су заравни, циркне улоке и друге појаве и облици у највишим деловима планине чије генетско порекло није било познато. Комплексном анализом ове морфологије, ослањајући се на достигнућа савремене геоморфологије, дошло се до закључка да поменуте заравни одговарају реликтном периглацијалном, односно криоапланационом рељефу, што се изводи из чињенице да је Тупижница током последњег глацијалног максимума била својим највишим деловима у појасу планинске периглацијалне средине. Обзиром да је ова морфологија констатована на једној ниској планини циљ овог рада био је да се изнета претпоставка докаже и овај проблем разреши.

**Кључне речи:** реликтна, криоапланација, периглацијални рељеф, Тупижница, источна Србија.

**Увод**

Тупижница је ниска, меридијански издужена кречњачка планина у оквиру Карпато-балканског планинског система источне Србије. Ова планина се одликује апсолутно доминантном кречњачком литолошком основом и сложеном структурном грађом од које се посебно издваја западни структурни одсек на Тупижничкој дислокацији, као и више мањих разломних структура и ерозионих облика у оквиру централне и највише површи, као и падинска, у основи раседно - тектонска површ у оквиру источне падине планине (Зеремски М., 1994). У овим оквирима основне морфолошке целине планине су поменути велики структурни одсек на западној падини (на појединим деловима и до 500 m р.в.), површ висине 1000-1100 m у централним деловима планине и положита источна падина према долини Белог Тимока. На овим основама развијена је карактеристична структурна асиметрија планине по попречном правцу значајна за настанак егзогене морфологије.

Тупижница је раније геолошки и геоморфолошки доста истраживана, али свакако најцеловитију студију рељефа ове планине дао је М. Зеремски 1994. године. У резултатима ових истраживања, посебно геоморфолошким, заступљеност периглацијалног рељефа на једној тако ниској планини каква је Тупижница, не помиње се, осим што се положај јаме Тупижничка леденица користи за реконструкцију висине плеистоцене пермафросте у Карпато-балканским планинама источне Србије (Милић Ч., 1968). Нашим истраживањима из 1998-2000. године на Тупижници се по први пут издваја палеонивациона морфологија реликтог еволутивног контекста, чиме се у оквиру егзогеног генетског комплекса издваја и

---

\* E-mail: nestic@zps.rs

периглацијални рељеф (Nešić D., 2003). Новијим истраживањима из 2009-2010. године поновљена су истраживања на овој реликтној морфологији у циљу поновног решавања њене генетске основе и типологије, односно решавања проблема могуће заступљености реликтне криоапнационе, односно крионивационе морфологије на Тупијници.

На овим основама циљ овог рада је решавање проблема заступљености, пре свега, криоапнационог, односно у основи крионивационог рељефа на Тупијници, што ће бити учињено кроз комплексну морфогенетску анализу полиморфије издвојене морфологије за коју се претпоставља периглацијално порекло, а према резултатима теренских истраживања и савременим сазнањима о овој проблематици.

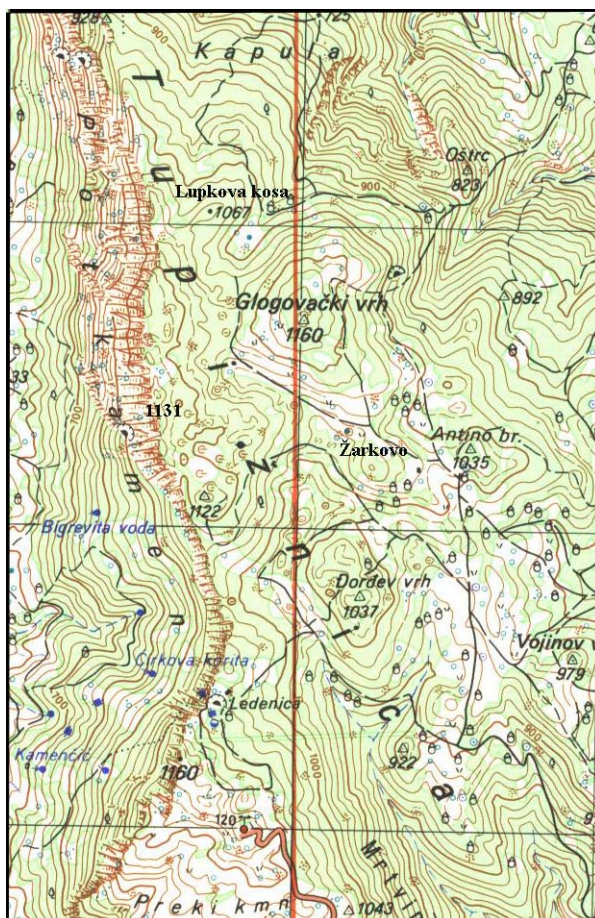
### Опште одлике највиших делова Тупијнице

Као што је претходно речено, Тупијница је ниска кречњачка планина са односима асиметрије на попречном профилу и високом површи у централном највишем делу висине 1000-1100 m (Зеремски М., 1994). Своју највећу висину ова планина достиже на Леденичком и Глоговачком врху, истоветне висине 1160 m. Ови врхови су највиши делови двају морфолошких целина од којих се прва може издвојити као целина Преког камена и Леденице, док се друга целина издваја као Глоговица. У оквиру овог највишег дела планине може се издвојити и трећа целина као Ласовачки камен (1131 m) са низом планинских врхова на западном великом структурном одсеку планине. Сви ови највиши делови планине издижу са централне планинске површи висине 1000-1100 m. Ова површ, као централна и највиша морфолошка целина Тупијнице на западу је подсечена великим структурним одсеком по правцу Леденичког врха (1160 m) и Ласовачког камена (1131 m), док је у источно дисецирана плитким структурним удолинама и крупним ерозионим мосорима палеокраса као што су Глоговица са Глоговачким врхом (1160 m), односно мосором Ђорђевог врха (1037 m) (Зеремски М., 1994) и мањим кречњачким главицама на Жарковом брду (1060 m) и Три бунара (Антино брдо) (1035 m). У односу на описане делове планине једино је целина Преког камена - Леденице на југу извесно морфолошки издвојена и са централним деловима планине повезана низом врхова на поменутом структурном одсеку, односно једном пространом скрашћеном viseћом долином преко које се надовезује Ђорђево врх и Жарково брдо.

У контексту мале висине Тупијнице треба поменути да на профилу, долина Белог Тимока на Врбичком мосту (171 m) – Глоговачки врх (1160 m), ова планина има висину од 989 m, односно на западу на профилу ушће Манастирског потока у Митровску реку (360 m) – Ласовачки камен (1131 m), висина планине износи 771 m, што је у граничним оквирима за издвајање планина према критеријуму од 700 m р.в. према своје непосредном окружењу. Уколико се условно прихвати површина планине од 97,7 km<sup>2</sup>, тада део планине или централне површи изнад 1000 m н.в. захвата површину од 6,64 km<sup>2</sup> или 6,8 % површине планине, односно део планине изнад 1100 m н.в. захвата свега 1,36 km<sup>2</sup> што чини само 1,4 % површине планине.

Захваљујући поменутој асиметрији Тупијнице положитије падине источно од великог структурног одсека, али и на ободном делу високе површи 1000-1100 m имају експозиције са малим учешћем западних падина, што је, поред других фактора, условило и оријентацију езогене морфологије, посебно издвојене периглацијалне морфологије, ка северу, северозападу, североистоку и истоку (Таб. 1). Ова морфологија је представљена са појединачним примерима криоапнационих заравни на падинама или структурним заравнима и појединачним или груписаним распоредом циркних или амфитеатралних улока, вероватно крионивационе генетске основе. Посебно издвојене криоапнационе заравни одликују се сложеном полиморфијом и

полигенезом, што ће бити размотрено на сваком примеру појединачно. Овде треба поменути и корозиони детритични кречњачки крш који је трансформисани криокластични крш и који захвата велике површине највиших делова планине и једно је од основних обележја природног пејзажа, као и морфолошке измене крашког рељефа под утицајем комплекса периглацијалних процеса, као што је асиметрија вртача, извесне заравни на ободима вртача и друго.



Слика. 1 Прегледна топографска карта Тупжнице, размера 1:50 000 (издање Војногеографског института).

### Претходне напомене

Током поменутих вишегодишњих теренских истраживања у највишем делу Тупжнице, запажен је рељеф који по својој морфологији не одговара ниједном генетском типу рељефа констатованом на овој планини, осим ранијих преелиминарних резултата да је овај рељеф нивационог генетског порекла (Nešić D., 2003). Облици овог рељефа уметнути су у морфолошки ендегено-егзогени контекст планине у виду мањих циркних заравни или заравни неправилног облика или плитких удубљења које је најопштије Ј. Цвијић (1903) издвојио као улоке. Новија истраживања показују да овај рељеф највероватније одговара реликтној криоапланационој, односно

периглацијалној морфологији за чије су правилно решавање генетске типологије и морфогенезе нужне извесне напомене.

Не улазећи у детаљније теоријске калкулације, криоапланациони или крионивациони рељеф у суштини имају исти генетски контекст, најопштије **крионивацију**<sup>2</sup>, само што се код криоапланације наглашава уравњавање рељефа или стварање заравни на падинама, док се код крионивационе морфологије више мисли на генетски контекст овог рељефа.

Дакле, на основу изнетог, полази се од претходне претпоставке да је истраживана морфологија на Тупужници криоапланационог, односно крионивационог генетског порекла, а самим тиме и периглацијалне генетске основе, што ће се доказивати аналитичким приказом ове морфологије на основама претходно изнете хипотезе ослањајући се на квалитативне одлике ове морфологије, њену морфометрију, положај у рељефу, палеогенетски контекст и теоријске основе везане за ову проблематику.

### Методологија теренског рада

У истраживању разматране морфологије Тупужнице примењен је поступак класичног геоморфолошког рекогносцирања јер постојеће методе даљинске детекције на овом примеру нису дале резултате. Ово значи да на постојећим топографским картама предметна морфологија уопште није регистрована, а на аерофотоснимцима ова морфологија се не запажа због најчешће покривености високом вегетацијом. У том смислу било је неопходно непосредно физички обићи сваки део планине изнад висине од 1000 m. Посебно сваки облик и зараван су мерени са мерном траком по ободу са узимањем елемената дужине, азимута и нагиба, ради одређивања прецизног облика заравни и његове површине, односно вршено је мерење падних углова и дужине у средњим деловима заравни и улока ради одређивања њиховог нагиба, ширине и дужине. На појединим облицима вршена су сондажна откопавања у педолошком слоју ради утврђивања одлика овог елемента истраживане морфологије. Лоцирање облика вршено је стандардним GPS уређајем прецизности до неколико метара.

### Издвојене криоапланационе заравни

Према нашем схватању, рељеф који најприближније одговара криоапланационој морфологији представљен је појединачним заравнима на положитијим падинама Љупкове косе и Преког камена, односно непосредно на заравњеном темену мосора Глоговачког врха (1160 m). Констатована је и једна зараван на северној падини Преког камена у оквиру појаве развоја „степеничастог рељефа“. Посебно запажене су и извесне структурне заравни специфичних криоапланационих и нивационих услова генезе, као и извесне заравни у депресијама структурних удолина високе површи које можда имају псеудогенетске криоапланационе одлике (Таб. 1).

На северној положитој падини Љупкове косе, нагиба 9°, усечена је плитка зараван у виду неправилног засека на падини са ободом од матичне кречњачке стене или крупних кречњачких блокова, чија се релативна висина у зависности од положаја засека према падини постепено увећава, до највеће висине према залеђу облика,

<sup>2</sup>Ово треба схватити условно јер је проблем морфогенезе облика на падинама у периглацијалним условима средине изузетно сложен и поред великог броја радова из ове проблематике није разрешен до краја (French N. M., 2007). О овоме ће бити речи у синтезним разматрањима.

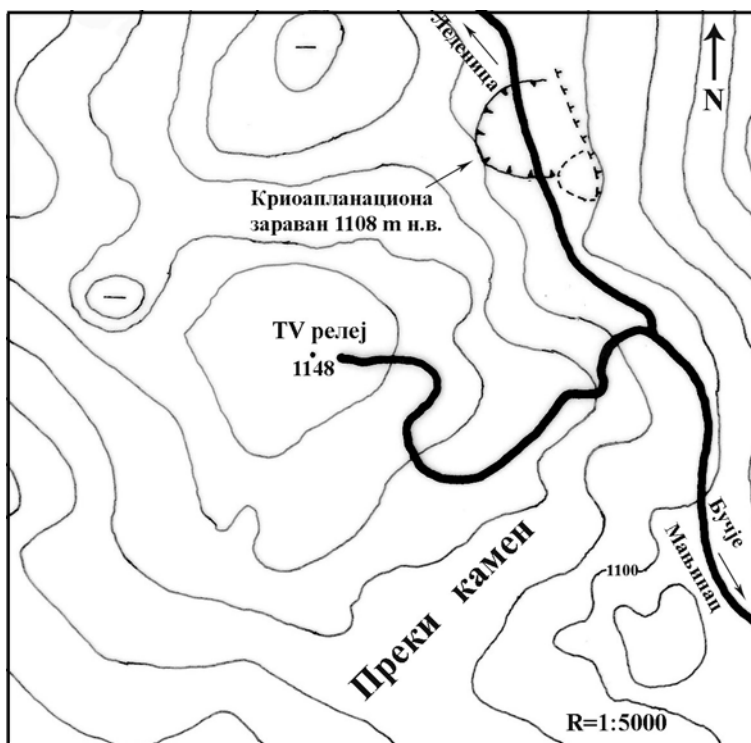
односно потпуне отворености облика према нагибу падине. На овим основама на северној експозицији падине, где се налази ова зараван, она има отвореност или оријентацију ка северу. Износ ове отворености је 70 m, односно 76 m, што је максимална ширина заравни. У падину зараван је усечена на дужини од 70 m, са износом дубине усечености који је од 0,5 до 6-7 m. Износ нагиба усеченог дела заравни је до 3°, док је кречњачки обод стрмији нагиба 20-40°. Зараван је покривена педолошким слојем у коме је извршено једно сондирање до дубине од 50 cm. Отворени педолошки профил показао је да земљиште на заравни највероватније одговара смеђем земљишту на кречњаку, зрелом еволутивном типу земљишта, што може да буде посредни показатељ старости издвојеног облика. Да дно заравни није правилно уравњено показују делови заравни од матичног кречњака на површини, обрађених субкутаном корозијом, односно делови са земљишним слојем дебљине до 1 метра. Укупна површина заравни износи 4164,2 m<sup>2</sup>.

**Табела 1. Списак истраживаних криоаплатационих заравни на Тупижници са подацима о положају, експозицији, генетској основи и морфометрији ових облика.**

Положај	н.в. у m	Генетски тип	Експозиција	Оријентација облика	ширина у m	дужина у m	површина у m <sup>2</sup>
Љупкова коса	1020	крио зараван	N	N	76	70	4164,2
Глоговачки врх	1158	крио зараван	E	E	87	61	3862,3
Преки камен 1	1108	крио зараван	E	NE	69	78	3908,2
Преки камен 2	1100	крио зараван	N	N			
Ђорђевић врх	1025	затворена крио зараван	N	-	50	48	1765,4
Ласовачки камен 1	1112	структурна крио нивациона зараван	-	NW	79-82	227	11321,3
Ласовачки камен 2	1115	структурна крио нивациона зараван	-	N	35	30	1043,5
Ласовачки камен 3	1125	структурна крио зараван	-	-	40	70	2500 (~)
Равне	935	структурна крио нивациона зараван	-	NW	168	111	11355,6
Брестак	1030	псеудо зараван	-	E	37	62	1825,4

Сличних морфолошких одлика је и зараван на источној падини Преког камена (1148 m), оријентације или отворености ка североистоку. Овде је настала зараван полукружне основе усечена у положиту падину са износом од 0-0,5 m до 5-6 m, односно ширине 69 m и дужине 70 m. На овој заравни импресионира правилност увећања висине кречњачког обода (0-6 m) који на појединим деловима има и одлике одсека са крупним блоковима. Зараван је идеално уравњена са износом нагиба до 2°.

док по правцу отворености прелази у готово вертикални кречњачки одсек висине 5-7 m. На основу секундарних ископа по заравни и овде је вероватно заступљено смеђе земљиште на кречњаку. Ова зараван има површину од 3908,2 m<sup>2</sup> (Таб. 1).

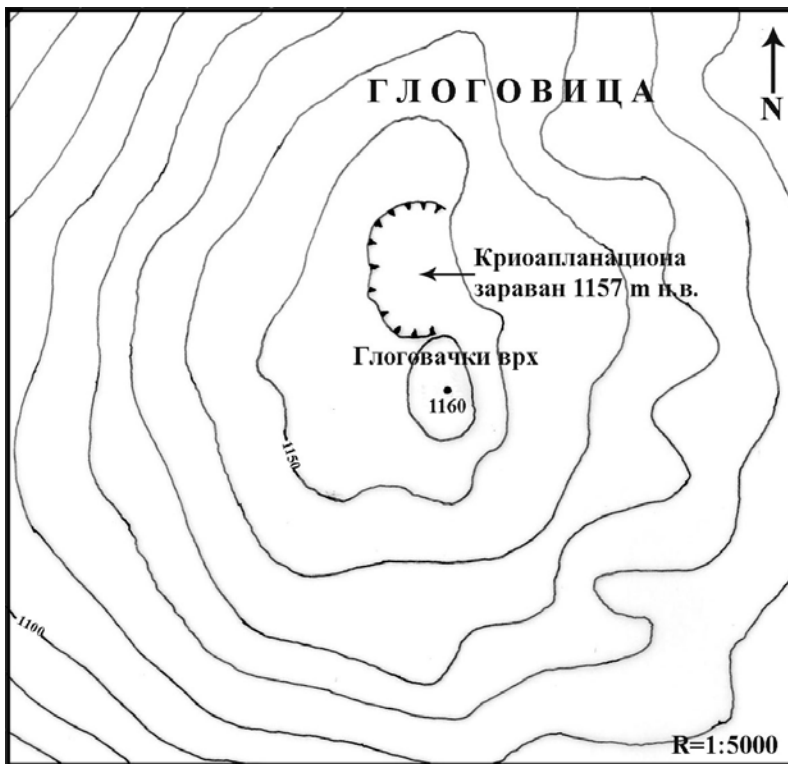


Слика 2. Криоапланациона зараван на падини Преког камена.



Слика 3. Део криоапланационе заравни на падини Преког камена

Најбољи пример појаве криоапланације на Тупижници констатован је на пространом темену Глоговачког врха (1160 m), једног од два највиша врха ове планине. Овде је северно од непосредне коте врха настала издужена полукружна зараван на источној експозицији, односно оријентације или отворености ка истоку. Тако је по овим односима износ ширине заравни 87 m, док је дужина усечености у теме планинског врха свега 61 m, са укупном површином заравни од 3862,3 m<sup>2</sup>. На планинском темену ширине 75-80 m оволики износ апланације скоро је заравнио северни део врха са заосталим неуравњеним делом ширине од 15 до 20 m (Сл. 4). На овим основама износ засечености или висине, на овом примеру углавном вертикалног кречњачког обода износи 2-7 m. Слично као код заравни на Љупковој коси и овде је део површине уравњеног дела покриван матичним кречњаком обрађеним субкутаном корозијом, док је на већој површини земљишни покривач. У њему је отворена сонда дубине 77 cm до кречњачке стенске основе са развојем карактеристичног А-(В)-С профила смеђег земљишта на кречњаку. Зараван на Глоговачком врху је готово идеално уравњена на највећем делу без икаквог износа нагиба.



Слика 4. Криоапланациона зараван на заравњеном темену Глоговачког врха на 1157 m н.в.

На северној-североисточној падини Преког камена (1148 m) констатована је извесна зараван на којој нису вршена детаљнија морфометријска мерења. Ова зараван је део извесног степеничастог рељефа. Подно заравни је вертикални кречњачки одсек висине 10 m који је дао пространог амфитеатра, који под нагибом, неколико десетина метара ниже прелази у још један одсек висине 5 m. Ово је једини до сад констатовани пример степеничастог рељефа на планини са одсецима највероватније ерозивне генетске основе.

Током теренских истраживања посебно је запажена и једна група заравни специфичне морфогенетске основе. Ово су углавном простране морфоструктурне заравни, посебно заступљене на Ласовачком камену где су запажена три оваква облика и као и један на топониму Равне, једини облик из групе криоапланационих заравни испод 1000 m н.в. Поред примарне структурне заравњености за ове облике могуће криоапланационо, а вероватно и нивационо уравњивање секундарног је карактера. Наиме, то су углавном дугачке заравни, карактеристичне оријентације ка северу и северозападу, које се завршавају амфитеатралним кречњачким ободима, различите висине. Ово је посебно запажено на заравни на Равнима и једној дугачкој заравни на Ласовачком камену (Таб.1). Друге две заравни ових облика на Ласовачком камену осим карактеристичне оријентације ка северу одликују се са делимично затвореним удубљењима заравни, од којих је зараван јужно од највишег врха Ласовачког камена (1131 m) релативно плитка са кречњачким ободом висине 0,5-1 m.

Теоријска основа генезе ових заравни релативно је једноставна. Ово су облици генерално оријентисани ка северу и северозападу, изгледа по правцу доминантних ветрова у хладнијем делу године. Ови ветрови носе веће снежне наслагe на јужни обод заравни са значајним утицајем нивације. Ово је посебно запажено током зимске посете заравни Равне, што је и раније помињано (Nešić D., 2003; 2009). Претпоставка је да континуитет овог генетског механизма, посебно током фаза захлађења, доводи до ширења ових облика, примарно по правцу доминантног северног или северозападног ветра.

На овом месту треба поменути и делимично затворену зараван на северној падини Ђорђевог врха (1037 m). Ово је атипична делимично затворена зараван без карактеристичне оријентације, односно отворености облика, представљена равним удубљењем на положитој падини, пречника 48-50 m, односно површине 1765,4 m<sup>2</sup> (Таб. 1). Изгледа да је за настанак овог облика значајан и извесни кречњачки одсека висине 3-5 m на западном ободу, који према коти врха прелази у стрмо удубљење дужине више десетина метара. Овакве сличне, делимично затворене заравни у досадашњим истраживањима запажене су непосредно код највишег врха Суве планине, Трема (1808 m) и једна у источном делу Големог врха (1413 m) на Видличу. За овакве заравни претпостављена је сложена полигенетска крионивациона, односно криоапланациона генетска основа (Нешић Д., 2009).

Извесна плитка зараван констатована је на дну структурне удолине јужног подножја Глоговице – Глоговачког врха (1160 m) на топониму Брестак. За овај облик није сигурно да припада криоапланационој морфологији, мада својим изгледом и положајем подсећа на ову морфологију. Ова плитка зараван оријентисана је ка истоку од дела где се дно удолине спушта према јединој ували на планини више извора Шопур (Зеремски М., 1994). Представљена је плитком заравни положитог обода, ширине 37 m, дужине 62 m, односно површине 1825, 4 m<sup>2</sup> (Таб.1). Издвојена је као псеудо криоапланациона зараван. Сличне још пространије заравни заступљене су по дну структурне удолине између Жарковог брда и Ђорђевог врха, али овде нису разматране као криоапланациона морфологија.

На овом месту треба поменути и једну специфичну криоапланациону зараван констатовану на јужној падини Глоговачког врха на око 1145 m. Овде је на планинској падини процесом криоапланације настала зараван пречника 20-30 m која је лоцирана уз ниски кречњачки одсек висине 1,5-3 m и дужине 50 m. Овај одсек је покривен блоковима и дробиним и пружа се правцем север – југ по нагибу падине, а оставља утисак морфолошке целине значајно дезинтегрисане крионивационим процесом. Дакле, на овом примеру, вероватно криоапланационим померањем одсека дошло је до настанка меле заравни на падини.



### Крионивационе улоке

Крионивационе улоке су циркне или полукружне мале заравни усечене на странама кречњачких падина са отвореношћу према нагибу падина. На Тупижници ови облици се срећу појединачно или у групама на падинама највиших морфолошких целина планине (Глоговица, Ласовачки камен, Преки камен – Леденица), или као почетни делови некадашњих флувио-нивационих плитких „долинастих система“ насталих линијском ерозијом отопљене снежнице у подножју поменутих узвишења. За ове облике може се рећи да представљају морфолошку појаву на планини која се одликује изразитом полиморфијом, на појединим примерима и полигенезом, која је као таква врло убедљив показатељ значаја палеопериглацијалних услова за настанак рељефа планине изнад висине од 1000 m. Полазећи од овог у приказу ове морфологије нужно је изнети неколико општих запажања констатованих током теренских истраживања.

Улоке као секундарни облици запажене су код заравни на Глоговачком врху и заравни на падини Преког камена. На оба примера то су плитке полукружне и отворене депресије са израженим конкавно преиздубљеним дном и односном непосредне везаности за поменуте заравни испод њиховог нивоа 1-2 m. Посебно су занимљиве улоке на стрмијим падинама које одговарају циркним или полукружним заравнима, односно удубљењима пречника 20-50 m. На појединим примерима ови облици су са равним дном, што је показатељ односа криоапанације. Овакве типске улоке са равним дном констатоване су у северном делу планине, непосредно источно од одсека Ласовачког камена на Бакарном гувну. Овде су заступљене две улоке непосредно једна до друге ширине 10-20 m и дужине 25-40 m. На југоисточној падини највишег врха Ласовачког камена (1131 m) и у североисточном делу Глоговачког врха (1160 m) овакве улоке имају степеничasti распоред.

На једној отвореној, циркној улоци на североисточној падини Жарковог брда запажен је однос конкавне преиздубљености дна депресије за 1 m са извесним секундарним бочним вртачистим удубљењем, такође дубине до 1 m. Ово показује да улока води порекло од неке вртаче на падини која је крионивалним процесом готово потпуно морфолошки измењена и преобликована. Зашто на овом примеру није образовано нормално вртачисто удубљење може само да се нагађа у смислу затворености одводних канала вртаче, дуготрајног задржавања снега на дну улоке и друго.

Циркне или амфитеатралне улоке као почетни делови некадашњих плитких флувио-нивационих система или улока на снежничким потоцима, посебно лепо су изражене на структурној заравни у јужном делу између Жарковог и Антиног брда (Три бунара) или на ерозивно-структурној врло пространој заравни код јаме Леденице<sup>3</sup> (северно од Леденичког врха), где цео предео заравни одговара пространом амфитеатралном проширењу, у оквиру висине 1060-1080 m, са кога започиње сува долина у долинском систему Ждрела према селу Кожељу.

### Остали периглацијални облици и појаве

За остале периглацијалне појаве у извесном смислу и облике на Тупижници може се рећи да имају секундарни карактер у оквиру пре свега површинског крашког рељефа, али да великим учешћем у рељефу представљају посебно обележје пејзажа

<sup>3</sup> На овој заравни код јаме Леденице традиционално сваке године 2. маја одржава се народни сабор.

као показатељ значаја некадашње палео периглацијалне средине на планини. Ове појаве су пре свега из домена полиморфије на вртачама, али и масовног распрострањења површинског детритичног и корозионог крша за који смо раније изнели став да одговара трансформисаном палео криокластичном кршу.

Полиморфија на вртачама огледа се у асиметрији ових облика са стрмијим северно експонираним странама ових депресија у рељефу, насталим као последица дужег задржавања снега, што су односи карактеристични и за рецентне релације. Посебно односи овакве асиметрије могу имати и структурна обележја, што је запажено у пределу Бакарног гувна код јаме Јовановачки пропаст. Запажени су и односи асиметрије као последица положаја вртача на нагибима са стрмијом страном уз падину и положитијом страном према нагибу падине, посебно у пределу Преког камена или на Сланог бари у оквиру Ласовачког камена. За овај потоњи вид асиметрије могућ је и значај крионивације у контексту морфолошког преобликовања плитких вртача у циркне, односно полукружне заравни.

На овом месту треба поменути и две специфичне заравни са вртачама запаженим током теренских истраживања. Једна се налази на североисточној падини Ласовачког камена (1131 m) где је настала пространа, вероватно структурна зараван у чијем јужном делу је асиметрична вртача са односима асиметрије према нагибу падине. Још занимљивија је зараван са асиметричном вртачом у југоисточном делу Антиног брда (1035 m), где ова вртача у виду амфитеатра усеченог у падину кречњачке главице прелази у мало нагнуту зараван југоисточног правца пружања.

Детритични и корозиони крш су заиста масовна појава на планини која је извесно маскирана вегетацијом или антропогеним утицајем са чишћењем ових наслага и образовања хрпа и сухомеђина, што је раније чињено ради стварања ливада за косидбу и испашу. За појаву ових наслага основано се предпоставља да воде порекло од криокластичних наслага.

На крају овог одељка треба поменути да је извесне напомене о значају нивације на полиморфију и асиметрију вртача на планинама источне Србије дао Ј. Цвијић (1895). Од ових почетних напомена нису вршена значајнија истраживања у овом правцу.

### Дискусија изнетих резултата

Полазећи од основног циља рада у смислу решавања проблема заступљености криоапнационог рељефа на планини Тупијници, односно од претходне претпоставке да је наведени рељеф реликтне периглацијалне генетске основе и типологије, нужно је ово и доказати или бар донекле објаснити.

Основна претпоставка периглацијалне генетске основе описаног рељефа је да су највиши делови планине током неке фазе новије геолошке историје прошли кроз период развоја планинске периглацијалне средине када је настанак периглацијалног или криоапнационог рељефа био могућ. Као други или посебан проблем намеће се питање начина или процес настанка издвојених заравни, циркних улока, али и појава асиметрије на површинској крашкој морфологији или развоја детритичног корозионог крша.

У доказивању заступљености палео планинске периглацијалне средине на једној тако ниској планини каква је Тупијница (1160 m) може се поћи од односа корелације, аналогије и упоређивања, ослањајући се на теоријски концепт да је рецентна висина планинске периглацијалне средине на планинама Балканског полуострва око 1000 m релативне висине. Ово потоње треба схватити условно јер ова висина може бити и већа у условима захлађења и мањих количина падавина. Као најбољи репер за одређивање висине планинске периглацијалне средине јесте висина

горње снежне границе, која је горњи гранични оквир ове средине, као и доњи оквир ове средине горња шумска граница. На овим основама рецентни однос висина планинске периглацијалне средине је у оквиру висине горње шумске границе на планинама Балканског полуострва од 1900-2300 m (Белиј С. и др., 2008) и теоријског износа висине горње снежне границе од 2900-3300 m н.в. Ово значи да се Тупижница рецентно налази ниско у оквиру шумског појаса, највишим деловима у висинском појасу букве.

Новијим истраживањима на Проклетијама утврђена је висина горње снежне границе у последњем глацијалном максимуму плеистоцена (LGM – Last Glacial Maximum) од 1750 m н.в. (Milivojević M. et al., 2008), што је истоветно ранијим резултатима о висини плеистоцене снежне границе уопште за планине Србије од 1700-1800 m (Гавриловић Д., 1976). За Шар планину висина горње снежне границе у последњем глацијалном максимуму износи 1950-2150 m, у зависности од експонираности падине (Kuhlemann J. et al., 2009). Полазећи од једноставне аналогије или корелације изнетих минималних (1700 m) и максималних (2150 m) вредности горње снежне границе и претпоставке да је Тупижница у горњем или касном плеистоцену имала сличну висину данашњој, а према рецентном висинском односу планинске периглацијалне средине од 1000 m, висина горње шумске границе на Тупижници у глацијалном максимуму плеистоцена (LGM) могла је бити у појасу 700-1150 m н.в. Да је ова висина била нижа показују подаци А. М. Klien (1953) (из Šegota T., 1976) где су у климатском оптимуму горњег плеистоцена, дакле последњем глацијалном максимуму (LGM), падавине за централни и источни део Балканског полуострва износиле 20 – 40 % данашњих падавина, док се процене о просечно нижим средње годишњим температурама ваздуха за овај део Европе крећу за 5–7 °С, односно 10-12 °С за средњу Европу (Балтаков Г., Контева М., 1995; Šegota T., 1976). У овом случају висина те плеистоцене периглацијалне средине могла је бити и неколико стотина метара већа од данашње висине од 1000 m, односно могла је се спуштати до 700 m н.в, па и ниже нашта указују и ранији резултати истраживања ове проблематике у Карпато-балканским планинама источне Србије<sup>4</sup> (Gavrilović D., 1970). Ово показује да се са **великом сигурношћу може прихватити заступљеност палео планинске периглацијалне средине на Тупижници**, а према изнетим резултатима у релативним оквирима последњег глацијалног максимума плеистоцена (LGM – Last Glacial Maximum). Ово делимично потврђују и резултати са терена где се предметна реликтна морфологија са Тупижнице не среће испод висине од 1000 m, односно запажа се концентрисаност ове морфологија на највише морфолошке целине планине, Глоговицу, Ласовачки камен и Преки камен – Леденицу, како је то карактеристично за највише делове планина које улазе у висински појас планинске периглацијалне средине. Дали је могуће на Тупижници тражити морфолошке трагове потоњих плеистоцених захваћења у оквирима старијег и млађег дријаса то превазилази могућности и обим спроведених теренских истраживања, као и резултата могућих корелационих анализа.

Уколико се прихвати да разматрана криоапнациона морфологија са Тупижнице води генетско порекло од последњег глацијалног максимума плеистоцена

<sup>4</sup> Изнета аналогија и корелација указује на знатне разлике резултата у висини горње снежне границе последњег плеистоценог максимума (LGM) као на примеру просторно блиских планина Проклетија и Шар планине (Milivojević M. et al., 2008; Kuhlemann J. et al., 2009). Како онда ове резултате прихватити као основ за корелацију? За наша разматрања суштина проблема је да се у **условима захваћења ширина појаса планинске периглацијалне средине повећава према интезитету тог захваћења**. Поред изнетих односа непоуздане корелације ово је суштина и основ за издвајање палео периглацијалне средине на ниским планинама каква је и Тупижница.

то значи да је њена старост око 20.000-23.000 година (Kuhlemann J. et all., 2009)<sup>5</sup>. Известан показатељ старости описаних заравни су и педолошка својства подлоге заравни са заступљеношћу смеђег земљишта на кречњацима. У условима холоценог развоја шумског висинског појаса на највишим деловима Тупижнице на равним деловима криоапаланационих заравни формиран је дебљи земљишни хоризонт одмаклог еволутивног развоја.

На основу изнетог, ако су на Тупижници постојали услови за постојање палео периглацијалне средине, као посебан проблем се намеће објашњење и тумачење генезе морфологије која је издвојена као криоапаланациона, посебно заравни на Љупковој коси, Глоговачком врху и Преком камену, које су и биле иницијалне за покретање питања проблема заступљености овог рељефа на Тупижници.

У морфологији ових заравни јасно се издваја положити или вертикални кречњачки обод у виду малог одсека изграђеног од компактне стене или крупних кречњачких блокова. Оваквој морфологији једино одговарају криоапаланационе заравни описане из хладних предела периглацијалне средине (Nelson F., 1989; Czudek T., 1995 и други). Дакле овде долазимо до почетне претпоставке, односно поставке да је ово криоапаланациони, а самим тим и периглацијални рељеф, што се преноси и на осталу описану морфологију и појаве.

Релативно једноставно настанак ових заравни се објашњава концептом криоапаланације, односно уназадног померања падина под утицајем комплекса периглацијалних процеса (мраз, нивација, солифлукција и друго) који се односе на ерозију и транспорт материјала захваћеним овим процесом. Овај модел генезе су разрадили Руски геолози Боч С. И. и Краснов И. И. (1943) и у савременој литератури се помиње као руски циклични модел настанка криоапаланационих тераса (French H. M., 2007). На примеру Тупижнице нису формиране криоапаланационе терасе већ појединачне заравни, услова и односа уравњивања рељефа карактеристичног за периглацијалне средине.

На овом месту нећемо се детаљније бавити проблемом настанка криоапаланационих заравни или тераса који није решен ни на нивоу светске геоморфологије осим неколико концепата или модела генезе од којих смо ми један поменули. Чињеница је да се већина ауторитета светске геоморфологије слажу око заступљености криоапаланационе морфологије (Czudek T., 1995; French H. M., 2007 и други) мада су нерешени проблеми брзине настанка ових облика, издвајања генетских процеса, физичко-географског контекста настанка ових облика у смислу да се срећу и изван рецентне периглацијалне средине и друго. Управо ово потоње је случај на нашем примеру. Дакле, издвојили смо криоапаланационе заравни у шумском висинском појасу изван савремене периглацијалне средине. Овај проблем се једноставно објашњава својством реликтности. Ово значи да су издвојене заравни, али и остала морфологија у виду циркних улока, асиметрија на вртачама и детритични крш на Тупижници реликтне генетске основе последњег глацијалног максимума (LGM – Last Glacial Maximum), како се и једино може објаснити заступљеност овог рељефа на планини.

### **Завршна разматрања**

Значај истраживања реликтне криоапаланационе морфологије на Тупижници огледа се у утврђивању доњих граничних оквира заступљености планинске

---

<sup>5</sup> Према стратиграфији последњих плеистоцених глацијација коју је изнео Kuhlemann J. et all. (2009) за предео Шар планине изведене према различитим корелацијама за поједине фазе (напр. LGM Bard, 1999; старији Дријас Sacho et all., 2002 и тд.).

периглацијалне средине у централном делу Балканског полуострва током последњег глецијалног максимума (LGM). Према истраживањима са Тупижнице ова висина је била сигурно испод 1000 m н.в. докле иде висина констатоване реликтне периглецијалне морфологије. Ово даје за право да ову морфологију треба тражити и на другим планинама Карпато-балканског планинског система источне Србије, што је углавном потврђено вишегодишњим истраживањима у овим планинама чиме се са локалних оквира Тупижнице ови резултати шире на регионалне оквири поменутог планинског система овог дела Србије.

Издавање криоаптанационе морфологије на Тупижници значајно је у смислу њене заступљености на Балканском полуострву, односно Србији, где досад по нашим сазнањима није издавана. Обзиром да је ово реликтна морфологија њен значај у смислу решавања проблеме њене морфогенезе је мали, али издавање ове морфологије даје основу за ширу регионалну реконструкцију планинских висинских појасеве током потоњег глацијалног максимума, а на тим основама и могуће палеоклиматске реконструкције и друго.

На крају поставља се основно питање дали је нашим радом разрешен проблем заступљености криоаптанационе морфологије на једној тако ниској планини каква је Тупижница. По нашем субјективном мишљењу овај проблем је разрешен са релативно чврстим доказима да је у последњем глацијалном максимуму периглацијална средина била на овој планини и чињенице да се по морфологији и морфогенези описани рељеф са Тупижнице не може другачије објаснити осим са периглацијалном генетском основом. Према корелационим односима настанак периглацијалне морфологије на Тупижници најопштије се везује за последњи глацијални максимум (LGM) касног или горњег плеистоцена. Утицај потоњих плеистоцених захлађења у оквирима старијег и млађег дријаса вероватно је оставио трага на предметној морфологији, мада се на овом нивоу истраживачког поступка ово не може поуздано издвојити.

## Литература

- Bard, E. (1999): PALEOCLIMATE: Ice Age Temperatures and Geochemistry. *Science*, 284, 1133-1134.
- Балтаков, Г. и Контева, М. (1995): Следи от късноплейстоценско заледяване в Западна Стара планина. Годишник на Софийския Университет „Св. Климент Охридски“, Геолого-географски факултет, Кн. 2, География, Том 87, София, 67-82.
- Белиј, С., Нешић, Д. и Миловановић, Б. (2008): Савремени геоморфолошки процеси и облици рељефа периглацијалне средине Старе планине и њихова заштита. *Защита природе*, бр. 59/1-2, 19-50.
- Боч, С. Г. и Краснов, И. И. (1943): О нагорных террасах, древних поверхностях выравнивания на Урале и связанных с ними проблемах. *Изв. ВГО*, т. 75, № 1.
- Gavrilović, D. (1970): Mrazno-snežnički oblici u reljefu Karpato-balkanskih planina Jugoslavije. *Zbornik radova Geografskog zavoda Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu*, XVII, 11-22.
- Гавриловић, Д. (1976): Глацијални рељеф Србије. *Гласник српског географског друштва*, LVI, (1), 9-19.
- Зеремски, М. (1994): Тупижница (са погледом на главне одлике краса). Посебна издања САНУ, књ. DCXXII, Одељење природно-математичких наука, књ. 69, *Зборник радова одбора за крас и спелеологију* V, 9-33.
- Klein, A. M. (1953): Die Niederschläge in Europa im Maximum der letzten Eiszeit. Versuch einer Rekonstruktion aus dem Höhenunterschied zwischen damaliger und heutiger Schneegrenzlage. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 97, 98.
- Kuhlemann, J., Milivojević, M., Krumrel, I. and Kubik, W. P. (2009): Last glaciation of the Šara Range (Balkan peninsula): Increasing dryness from the LGM to the Holocene. *Austrian Journal of Earth Sciences*, 102, 146-158.
- Milivojević, M., Menković, Lj. and Čalić J. (2008): Pleistocene glacial relief of the central part of Mt. Prokletije (Albanian Alps). *Quaternary International*, 190, 112-122.
- Милић, Ч. (1968): Јаме као индикатори периглацијала у красу источне Србије. *Цвијићев зборник САНУ*, 69-81.
- Nelson, F. (1989): Cryoplanation terraces: periglacial cirque analogs. *Geogr. Ann.* 71 A (1-2): 31-41.

- Nešić, D. (2003): Tragovi paleonivacione morfologije na Tupižnici. U Zbornik radova "Ekološka istina" Bor: Tehnički fakultet u Boru
- Нешић, Д. (2009): *Периглацијална морфологија Старе планине и њена заштита*. Београд: Географски факултет, докторска дисертација
- French, H. (2007): *The Periglacial Environment, Cold-climate slope evolution*. Third edition, London: Wiley & Sons, p. 244-247.
- Cacho, I., Grimalt, J. O. and Canals, M. (2002): Response of the western Mediterranean Sea to rapid climatic variability during the last 50.000 years: a molecular biomarker approach. *Journal of Marine Systems*, 33-34, 253-272.
- Цвијић, Ј. (1895): Карст географска монографија. САНУ и др., друго поновљено издање 1991. Јован Цвијић Сабрана дела, књ. 1, Београд, 203-323.
- Цвијић, Ј. (1903): Нови резултати о глацијалној епоси Балканског полуострва. САНУ и др., друго поновљено издање 1991, Јован Цвијић Сабрана дела, књ. 1, Београд, 325-391.
- Czudek, T. (1995): Cryoplanation terraces – a brief review and some remarks. *Geografiska Annaler*, 77 A, 1-2, 95-105.
- Šegota, T. (1976): *Klimatologija za geografe*. Školska knjiga, Zagreb, 1-447.

## THE PROBLEM OF THE PRESENCE OF RELICT CRYOPLANATION MORPHOLOGY ON MOUNTAIN TUPIŽNICA (EASTERN SERBIA)

DRAGAN NEŠIĆ \*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Bureau for Protection of Nature in Serbia, working place Niš, 14/2 Vožd Karadžorđe Street, Niš, Serbia*

**Abstract:** During several-year long research on Tupižnica (1160 m), a low limestone mountain in eastern Serbia, some terraces, cirque niches and other occurrences and forms in the highest parts of mountain with unfamiliar genetic origin have been registered. Using the complex analysis of this morphology, and relying on the achievements of contemporary geomorphology, we have come to conclusion that the aforementioned terraces resemble relict periglacial, or, cryoplanation relief, which has been taken from the fact that Tupižnica was in its Last Glacial Maximum with its highest parts in the zone of mountainous periglacial environment. Considering the fact that this morphology is registered on a low mountain, the aim of this paper is to prove the given assumption and solve this problem.

**Key words:** relict, cryoplanation, periglacial relief, Tupižnica, Eastern Serbia,

### Introduction

Tupižnica is a low limestone mountain, extended in meridian in the scope of Carpathian-Balkan mountainous system of Eastern Serbia. This mountain is characterized with absolute predominance of limestone lithologic base and complex structure. In this structure particularly stand out western structural escarpment on Tupižnica dislocation, smaller fault structures and erosive forms in the scope of the central and the highest plateau, as well as sloping, fault-tectonic plateau in the scope of eastern slope of the mountain (Zeremski M., 1994). The basic morphological structure of the mountain is composed of the aforementioned big structural escarpment on western slope ( in some parts up to 500m of relevant height), a plateau 1000-1100m high in central part of the mountain and less inclined eastern slope towards the valley of the Beli Timok River. Characteristic structural asymmetry of the mountain on the cross section was developed on this base, important for the formation of exogenic morphology.

There were a lot of geological and geomorphological researches on Tupižnica in the past. However, M. Zeremski certainly made the most completed study of the relief of this mountain in 1994. In the results of these researches, particularly geomorphologic, there was no word about the presence of periglacial relief on such a low mountain like Tupižnica, apart from the fact that the location of the pit Tupižnička ledenica was used for reconstruction of the height of Pleistocene permafrost in Carpatho-Balkan Mountains of Eastern Serbia. (Milić Č., 1968). Our researches in the period 1998-2000 for the first time singled out palaeo-nivational morphology of relict evolutionary context on Tupižnica, and therefore in the scope of exogenic genetic complex, periglacial relief as well (Nešić D., 2003). The researches on this relict morphology have been repeated in recent studies 2009-2010 aiming at solving its genetic base and typology again, or, solving the problem of possible presence of relict cryoplanation, in other words, cryonivation morphology on Tupižnica.

Therefore, the primary aim of this paper is solving the problem of the presence of cryoplanation, or cryonivation relief on Tupižnica, which will be done through complex morphogenetic analysis of polymorph of the selected morphology for which it is supposed

---

\* E-mail: : nesic@zps.rs

to have periglacial origin according to the results of field researches and the latest knowledge on this problem.

### **General characteristics of the highest part of Tupižnica**

As it has already been mentioned Tupižnica is a low limestone mountain with asymmetry on a cross section profile and high plateau in central highest part 1000-1100 m high (Zeremski M., 1994). The highest elevations of this mountain are Ledenički vrh and Glogovački vrh with the same height-1160m. These peaks are the highest parts of two morphologic structures, one is Preki kamen and Ledenice, and the other one is Glogovica. The third one- Lasovački kamen (1131m) also stands out in this highest part of the mountain with a line of mountainous peaks on big western structural escarpment of the mountain. All of these highest parts of the mountain rise from the central plateau 1000-1100m high. This plateau, as the central and highest morphological structure of Tupižnica, is cut on the west with big structural escarpment along the direction of Ledenički vrh ( 1160m ) and Lasovački kamen (1131m), while in the eastern part it is dissected with shallow structural depressions and large erosive hums of paleokarst such as Glogovica with Glogovički vrh ( 1160m), or hum Đorđev vrh ( 1037m) ( Zeremski M., 1994) and smaller limestone elevations on Žarkovo brdo (1060m) and Tri bunara ( hill Antino brdo) (1035m).

In comparison to the described parts of the mountain, the only structure which certainly morphologically stands out is Preki kamen-Ledenice on the south, connected to the central parts of the mountain with a line of peaks on the mentioned structural escarpment, or in other words, with a huge karst hanging valley after which Đorđev vrh and Žarkovo brdo succeed.

It is noteworthy to mention, in the context of small height of Tupižnica, that this mountain is 989m high on the profile of the valley of the Beli Timok at Vrbički most (171m) – Glogovački vrh (1160, or on the west on the profile of the mouth of stream Manastirski potok and the Mitrovska River (360m) – Lasovački kamen (1131m) it is 771m high which is in the limits of criterion for regarding eminence of 700m of relative height as mountains in relation to their close surroundings. If the mountain surface of 97,7 km<sup>2</sup> is conditionally accepted, then the part of the mountain or central plateau above 1000m of altitude covers the area of 6,64 km<sup>2</sup> or 6,8 % of the mountain area, or, the part of the mountain above 1000m of altitude covers only 1,36 km<sup>2</sup> which is only 1,4 % of the mountain area.

Thanks to the aforementioned asymmetry of Tupižnica, less inclined slopes of mountain on the east of big structural escarpment, but also on the rim of high plateau 1000-1100m, have exposition with low participation of western slopes, which, together with other factors, conditioned the orientation of exogenic morphology, especially singled out periglacial morphology, towards north, north-west, north-east and east (Table 1). This morphology is represented with single examples of cryoplanation terraces on the slopes or structural terraces and separate or grouped organization of cirque and amphitheatre niches, probably of cryonivation genetic base. Specially singled out cryoplanation terraces are characterized with complex polymorph and polygenesis, which will be studied on each example individually. Corrosive detritus karst should also be mentioned here, which is transformed cryoclastic karst and it covers large areas of the highest parts of the mountain and it is one of the basic characteristics of natural landscape, as well as morphological transformations of karst relief under the influence of complex periglacial process such as asymmetry of dolines, some terraces on the edges of dolines and other.

**Figure. 1** Clear topographic map of Tupižnica, 1:50 000 scale of the map, (the publication of Military-Geography Institute ).



### **Preliminary notes**

During the aforementioned several-year long field researches on the highest part of Tupižnica, relief which does not resemble any genetic type of relief according to its morphology has been registered on this mountain, apart from earlier preliminary results which indicated that this relief is of nivation genetic origin (Nešić D., 2003). The forms of this relief are put into morphologic endogenic-exogenic context of the mountain in the shape of smaller cirque terraces or terraces with irregular shape or shallow recesses which J. Cvijić (1903) generally singled out as niches. Recent researches have shown that this relief most probably resembles relict cryoplanation or periglacial morphology and some notes must be made for exact solving of genetic typology and morphogenesis.

Without detailed theoretic calculation, cryoplanation and cryonivation relief have basically the same genetic context, mostly **cryonivation**<sup>6</sup>, only in cryoplanation relief the emphasis is on the flattening or forming of terraces on slopes, while in cryonivation morphology is on the genetic context of this relief.

Therefore, based on the aforementioned, we will start from the previous assumption that the researched morphology on Tupižnica is of cryoplanation, that is cryonivation genetic origin and therefore of periglacial base as well. This will be proved with analytic review of this morphology based on the aforementioned hypothesis, relying on qualitative characteristics of this morphology: its morphometry, location in relief, paleogenetic context and theoretic base connected to this problem.

### **Methodology of field work**

In the research of the studied morphology of Tupižnica, the approach of classic geomorphologic recognizing was applied due to the fact that existing methods of remote detection did not give any results on this example. This means that subject morphology was not registered at all on the current topographic maps and it is not visible on aerial photographs, mostly due to high vegetation. Therefore, it was necessary to have close observation of each part of the mountain above 1000m of height. Each form and terrace was measured with measuring tape on the rim, taking the elements of length, azimuth and inclination in order to define precise shape of terrace and its surface, in other words, measuring of decline angles and length in central parts of terraces and niches in order to establish their inclination, width and length. Sondage excavation in pedologic layer was performed on some forms in order to establish the characteristics of this element of the researched morphology. Location of these forms was established using standard GPS device with precision of several meters.

### **Singled out cryoplanation terraces**

According to our belief, the relief which mostly resembles cryoplanation morphology is represented with single terraces on less inclined slopes of Ljupkova kosa and Preki kamen, or close to flattened top of hum Glogovački peak (1160m). Also, one terrace was noticed on northern slope of Preki kamen in the scope of the development of "stepped relief". Some structural terraces of specific cryoplanation and nivation conditions of genesis

---

<sup>6</sup> This should be considered conditionally since the problem of morphogenesis of the forms on slopes in periglacial conditions of environment is extremely complex and, apart from large number of studies on this problem, it has not been completely solved (French H. M., 2007). This will be considered in synthetic studies.

were particularly noticed, as well as some terraces in depressions of structural valleys of high plateau which may have pseudo genetic cryoplanation characteristics (Table 1).

On the northern, less inclined slope Ljupkova kosa with inclination of 9°, a shallow terrace is cut with the shape of uneven cut on the slope bounded by original limestone rock or large limestone blocks, relative height of which gradually increases depending on the position of cut towards the slope, to the highest point towards hinterland of the form or total orientation of the form towards the inclination of the slope. According to this, on northern exposition of the slope, where this terrace is located, it is opened or oriented towards north. The amount of this orientation is 70 m, or 76 m, which is maximal width of the terrace. The terrace is cut into the slope with the length of 70 m and the amount of the depth of cut part in the range 0, 5 to 6-7 m. The amount of inclination of the cut part of the terrace is up to 3°, while the limestone rim is steeper with inclination of 20-40°. The terrace is covered with pedologic layer in which one sondage excavation was performed to the depth of 50 cm. Open pedologic profile showed that the soil on the terrace most probably corresponds to light brown soil in limestone, mature evolution type of soil which can be indirect indicator of the age of the singled out form. Parts of the original limestone on the surface of terrace processed with subcutan corrosion, or parts with soil layer 1m thick, show that the bottom of the terrace is not evenly flattened. The total area of the terrace is 4164,2 m<sup>2</sup>.

**Table 1. A list of researched cryoplanation terraces on Tupižnica with the data on location, exposition, genetic base and morphometry of these forms.**

Location	Altitude in meters	Genetic type	Exposition	Form orientation	Width in meters	Length in meters	Plateau in m <sup>2</sup>
Ljupkova kosa	1020	Cryo terrace	N	N	76	70	4164,2
Glogovački vrh	1158	Cryo terrace	E	E	87	61	3862,3
Preki kamen 1	1108	Cryo terrace	E	NE	69	78	3908,2
Preki kamen 2	1100	Cryo terrace	N	N			
Đorđev vrh	1025	Closed cryo terrace	N	-	50	48	1765,4
Lasovački kamen 1	1112	Structural cryonivation terrace	-	NW	79-82	227	11321,3
Lasovački kamen 2	1115	Structural cryonivation terrace	-	N	35	30	1043,5
Lasovački kamen 3	1125	Structural cryo terrace	-	-	40	70	2500 (~)
Ravne	935	Structural cryonivation terrace	-	NW	168	111	11355,6
Brestak	1030	Pseudo terrace	-	E	37	62	1825,4

A terrace on eastern slope of Preki kamen (1148 m) has similar morphologic characteristics, oriented or open towards northeast. Also, another terrace was formed here with semicircular base cut into less inclined slope in the range 0-0, 5 m to 5-6 m, or width of 69 m and length of 70 m. Steady increase of the height of limestone rim (0-6 m) is impressive for this terrace, which on some parts has characteristics of escarpment with large blocks. The terrace is ideally flattened with the inclination gradient up to 2°, while according to the orientation it almost passes into vertical limestone escarpment 5-7 m high. According to the secondary excavations on the terrace, light brown soil in limestone is also present here. This terrace has the area of 3908, 2 m<sup>2</sup> (Table 1).

**Figure 2. Crioplanation terrace on the slope Preki kamen**

**Figure 3. A part of cryoplanation terrace on the slope Preki kamen**

The best example of the cryoplanation occurrence on Tupižnica was registered on the spacious top of Glogovački vrh (1160m), one of the two highest peaks of this mountain. On the north of elevation point, an extended semicircular terrace was formed on eastern exposition, or oriented or open towards east. So, according to these relations, the amount of terrace width is 87 m, while the length of the cut into the top of the mountain peak is only 61 m, with total terrace area of 3862, 3 m<sup>2</sup>. On the mountain top 75-80 m wide, such amount of planation almost flattened northern part of the peak with remaining uneven part 15 to 20 m wide (figure 4). On the basis of this, the amount of the cut or elevation, on this example of mainly vertical limestone rim, is 2-7m. Similar to the terraces on Ljupkova kosa, a part of the flattened area is also covered here with original limestone, processed by subkutan corrosion, while on the larger area it is covered with soil. A probe 77 cm deep was opened in it down to limestone rock base with the development of characteristic A-(B)-C profile of light brown soil on limestone. The terrace on Glogovački vrh is almost ideally flattened in most of the area, without any amount of inclination.

**Figure 4. Cryoplanation terrace on the flattened top of Glogovački vrh at 1157m of altitude**

On north-northeastern slope Preki kamen (1148m), one terrace was registered on which detailed morphometric measurements were not done. This terrace is a part of stepped relief. At the bottom of the terrace there is a vertical limestone escarpment 10m high which is a part of spacious amphitheatre and which under inclination, several tens of meters lower, passes into one more escarpment 5m high. This is the only registered example of stepped relief on the mountain with escarpments of most probably erosive genetic base. A group of terraces with specific morphogenetic base was especially noticed during the field researches. These are mostly spacious morpho-structural terraces particularly present on Lesovački kamen where three such forms were registered as well as one on toponym of Ravna, the only form from the group of cryoplanation terraces below 1000m of altitude. Beside primary structural flatness, possible cryoplanation and probably nivation flatness is of the secondary character for these forms. Namely, these are mainly long terraces, characteristic orientation towards north and northwest, which end with amphitheatre limestone rims of different height. This was particularly registered on terraces on Ravna and one long terrace on Lasovački kamen (Table 1). Apart from characteristic orientation towards north, other two terraces with these characteristics are also distinguished on Lesovački kamen with partly closed recesses of terraces, out of which the terrace on the south of Lasovački kamen (1131m) is relatively shallow with limestone rim 0, 5-1m high. Theoretic base of the genesis of this terrace is relatively simple. These forms are generally oriented towards north and north-west, apparently along the direction of dominant winds in colder parts of a year. These

winds bring large quantity of snowdrift on southern rim of terrace with significant influence of nivation. This was particularly noticed during winter visit to Ravne, which has already been mentioned earlier (Nešić D., 2003; 2009). It is assumed that the continuity of this genetic mechanism, particularly during the phases of cold spell, causes spreading of these forms primary along the direction of dominant north or north-west wind.

Additionally, partly closed terrace on the north slope of Đorđev vrh (1037m) is worth mentioning. This is atypical, partly closed terrace without characteristic orientation, or openness of form, presented with flat recess on less inclined slope, with the diameter of 48-50m, or 1765,4 m<sup>2</sup> of area (Table 1). It seems that one limestone escarpment 3-5m high on western rim is also significant for the creation of this form, which passes into steep recess, several tens of meters long, towards the elevation point of the peak. In recent researches, such similar, partly closed terraces have been noticed close to the highest peak of Mt.Suva planina, Trem (1808m) and one in the eastern part of Golemi vrh (1413m) on Vidlič. For these terraces, complex polygenetic cryonivation or cryoplanation genetic base is supposed (Nešić D., 2009).

A shallow terrace was registered on the bottom of structural depression of southern foothill of Glogovica-Glogovački vrh (1160m) and on toponym Brestak. It is not certain whether this form belongs to cryoplanation morphology; although with its appearance and position it looks like it. This shallow terrace is oriented towards east from the part where the bottom of the depression descends to the only valley on the mountain above the well Šopur (Zeremski M., 1994). It is presented with shallow terrace of less inclined rim 37m wide, 62m long, or with the area of 1825, 4 m<sup>2</sup> (Table 1). It is classified as pseudo-cryoplanation terrace. Similar, but even more spacious terraces are present at the bottom of structural depression between Žarkovo brdo and Đorđev vrh. Still, they are not studied here as cryoplanation morphology. .

Also, it is noteworthy to mention one specific cryoplantion terrace registered on southern slope of Glogovački vrh at about 1145m. Here, on the mountain slope, a terrace, 20-30m in diameter, located by low limestone escarpment 1, 5-3m high and 50m long, was created with the process of cryoplanation. This escarpment is covered with blocks and debris and it stretches in the direction of north-south along the inclination of slope, giving the impression of morphologic structure significantly disintegrated with cryonivation process. Therefore, on this example, it came to the formation of small terrace on the slope, probably caused by cryoplanation movement of escarpment.

### **Cryonivation niches**

Cryonivation niches are cirque or semicircular small terraces cut into the sides of limestone slopes with openness towards the inclination of slope. On Tupižnica, these forms can be seen separately or in groups on slopes of the highest morphologic structures of the mountain ( Glogovica, Lasovački kamen, Preki kamen-Ledenica), or as initial parts of former fluvio-nivation shallow "valley systems" , created by linear erosion of melt waters in the foothill of the mentioned elevations. It can be said for these forms that they represent morphologic occurrence on the mountain, characterized with extreme polymorph and, on some examples, even with polygenesis. Therefore, this is a very convincing indicator of the significance of paleo-periglacial conditions for the formation of relief of the mountain higher than 1000m. From this standpoint, in the review of this morphology, it is necessary to state several general observations noticed during the field researches.

Niches, as secondary forms, are noticed at the terrace on Glogovački vrh and the terrace on the slope Preki kamen. On both examples these are shallow semicircular and open depressions with extremely concave bottom and relation of close connection to the aforementioned terraces 1-2m below their level. Niches on steeper slopes which correspond

to cirque or semicircular terraces, or recesses 20-50m in diameter, are particularly interesting. In some examples these forms are with flattened bottom, which is the indicator of the process of cryoplanation. These standard niches with flattened bottom were registered in northern part of the mountain, eastward of escarpment Lasovački kamen on Bakarno guvno. Two niches, close to each other, are present here with the width of 10-20m and length of 25-40m. These niches have stepped distribution on southeastern slope of the highest peak Lasovački kamen (1131m) and in northeastern part of Glogovački vrh (1160m).

On an open, cirque niche on the south-eastern slope of Žarkovo brdo, concavity of the bottom of depression for 1m, with certain secondary lateral recess of doline with the depth of 1m as well, was registered. This indicates that the niche originates from a doline on the slope which is almost completely morphologically modified and transformed by cryonivation process. We can only guess why normal doline recess was not created on this example, in terms of closeness of drainage channels of doline, long perseverance of snow on the bottom of niche and other things.

Cirque or amphitheatre niches as initial parts of former shallow fluvio-nivation systems or niches on snow streams are particularly nicely expressed on the structural terrace in southern part between Žarkovo and Antino brdo (Tri bunara), or on a very big, erosive-structural terrace near pit Ledenice<sup>7</sup> (on the north of Ledenički vrh). The whole area of this terrace corresponds to huge amphitheatre enlargement in the scope of 1060-1080m of height from which dry valley begins in the valley system of Ždrela towards village Koželj.

### **Other periglacial forms and occurrences**

For other periglacial occurrences and, in certain sense, forms on Tupižnica, can be said to have secondary character in the scope of the primary karst relief. Also, with their participation in relief they represent special feature of landscape as an indicator of significance of former paleo-periglacial environment on the mountain. These occurrences are primary in the domain of polymorphism on dolines but also from enormous distribution of surface detritus and corrosion karst which, as we have previously stated, matches transformed paleo-cryoclastic karst. Polymorphism on dolines is manifested in the asymmetry of these forms with steeper northwardly exposed sides of these depressions in relief, created as a consequence of long perseverance of snow, which are characteristics of recent relations as well. Particularly relations of this asymmetry can have structural features as well, which was noticed in the area of Bakarno guvno at pit Jovanovačka propast. Also, the relations of asymmetry were noticed as the consequence of position of dolines on the inclinations with steeper side along the slope and less inclined side towards the inclination of slope, especially in the area of Preki kamen or on Slana bara in the scope of Lasovački kamen. For this last type of the asymmetry, the significance of cryonivation is possible in the context of morphologic transformation of shallow dolines into cirque ones, or semicircular terraces.

Two specific terraces with dolines registered during field researches should also be mentioned here. One is located on north-eastern slope of Lasovački kamen (1131m) where spacious, probably structural terrace was created. In southern part of this terrace is asymmetric doline with relations of asymmetry towards the inclination of slope. The terrace with asymmetric doline in south-eastern part of Antino brdo (1035m) is even more interesting. This doline, in the form of amphitheatre which is cut into the slope of limestone elevation, transforms into slightly inclined terrace of south-eastern direction.

---

<sup>7</sup>Folk fair is traditionally held on this terrace at the pit Ledenica each year on 2nd May.

Detritus and corrosion karst are really massive occurrence on mountain which is obviously masked with vegetation or anthropogenic influences such as cleaning the deposits, forming heaps and stone walls which used to be done for making meadows for haymaking and pasture. It is justifiably assumed that these deposits were created due to the cryoclastic deposits.

At the end of this chapter it should be mentioned that Jovan Cvijić (1895) noted the significance of nivation on polymorphism and asymmetry of dolines on the mountains of Eastern Serbia. Apart from these initial notes, there have not been any important researches.

### **The discussion on the given results**

Starting from the basic aim of this paper in terms of solving the problem of presence of cryoplanation relief on mountain Tupižnica, or on previous assumption that the stated relief is of relict periglacial genetic base and typology, it is necessary to prove this or explain it at some extent.

The basic assumption of periglacial genetic base of the described relief is that the highest parts of this mountain, during some phase of recent geologic history, passed through the period of the development of mountainous periglacial environment, when the creation of periglacial or cryoplanation relief was possible. The question of the method or process of genesis of the singled out terraces, cirque niches, as well as the occurrence of asymmetry on surface karst morphology or development of detritus corrosion karst, is imposed as the second or special problem.

Proving the presence of paleo-mountainous periglacial environment on such a low mountain as Tupižnica (1160m), we can start from the correlation, analogy and comparison, relying on theoretic concept that recent height of mountainous periglacial environment on the mountains of Balkan peninsula is about 1000m of relative height. The latter one should be conditionally accepted since this height can be bigger under the conditions of cold spell and smaller quantity of precipitation. The best marker for establishing the height of mountainous periglacial environment is the elevation of upper snow line which is upper boundary of this environment, and upper forest line as lower boundary of this environment. On the basis of these, recent relations of the heights of mountainous periglacial environment are in the scope of the elevation of upper forest line on the mountains of Balkan Peninsula in the range 1900-2300 m (Belij S. et al., 2008) and theoretic amount of the elevation of upper snow line in the range 2900-3300 m of altitude. This means that Tupižnica is recently situated low in the scope of forest zone, mostly in the beech elevation zone.

Recent researches on Prokletije Mountain have established the elevation of upper snow line in the Last Glacial Maximum of Pleistocene (LGM – Last Glacial Maximum) of 1750 m of altitude (Milivojević M. et al., 2008), which is the same as earlier results on the elevation of Pleistocene snow line generally for the mountains of Serbia, in the range 1700-1800 m (Gavrilović D., 1976). Upper snow line elevation for Mt. Šar in the Last Glacial Maximum is 1950-2150 m, depending on the exposition of slope (Kuhlemann J. et al., 2009). Starting from simple analogy or correlation of the given minimal (1700 m) and maximal (2150 m) values of upper snow line and the assumption that Tupižnica had similar height in Upper or Late Pleistocene as today, and according to recent height relation of mountainous periglacial environment of 1000m, the elevation of upper forest line on Tupižnica in the Glacial Maximum of Pleistocene (LGM) could be in the range 700-1150 m of altitude. The data given by A. M. Klien (1953) (from Šegota T., 1976) have indicated that this height was lower where in climate optimum of Upper Pleistocene, consequently the Last Glacial Maximum (LGM), precipitation for central and eastern part of Balkan Peninsula was 20 – 40 % of today's precipitation, while the estimations on average low

annual air temperatures for this part of Europe move for 5–7 °C, or 10–12 °C for central Europe (Baltakov G., Konteva M., 1995; Šegota T., 1976). In this case the height of that Pleistocene periglacial environment could be several meters bigger than today's height of 1000m, or it could descend to 700m of altitude or even lower, which earlier results of researches of this problem in Carpathian-Balkan Mountains of Eastern Serbia<sup>8</sup> also indicated (Gavrilović D., 1970). This shows **that the presence of paleo- mountainous periglacial environment on Tupižnica can be accepted with large certainty**, and according to the given results, in relative scope of the Last Glacial Maximum of Pleistocene (LGM – Last Glacial Maximum). This is partly confirmed with field researches where subject relict morphology from Tupižnica was not seen below 1000m and concentration of this morphology was noticed on the highest morphologic structures of the mountain: Glogovica, Lasovački kamen and Preki kamen-Ledenica, since this is characteristic for the highest parts of mountains which enter the elevation zone of mountainous periglacial environment. The possibility to find morphologic traces of last Pleistocene cold spells on Tupižnica in the scope of Older and Younger Dryas surpasses the potential and scope of carried out field researches, as well as the results of possible correlation analysis.

If it is accepted that studied cryoplanation morphology from Tupižnica origins from the Last Glacial Maximum of Pleistocene, it means that it is 20.000–23.000 of years old (Kuhlemann J. et al., 2009)<sup>9</sup>. Certain indicators of age of the described terraces are also pedologic characteristics of the base of terraces with the presence of light brown soil on limestone. In the conditions of Holocene development of forest elevation zone on the highest parts of Tupižnica on flattened parts of cryoplanation terraces, a thick layer of soil horizon of progressed evolution development was formed.

According to the aforementioned, if there were conditions on Tupižnica for the existence of paleo-periglacial environment, a special problem is the explanation and clarification of the morphology genesis which is singled out as cryoplanation, particularly the terraces on Ljupkova kosa, Glogovački vrh and Preki kamen which were initial for studying the problem of the presence of this relief on Tupižnica.

In the morphology of this terrace, less inclined or vertical limestone rim clearly stands out in the shape of a small escarpment built of compact rock or large limestone blocks. This morphology only corresponds to cryoplanation terraces described in cold regions of periglacial environment (Nelson F., 1989; Czudek T., 1995 et al.). Therefore, we have come here to the initial assumption, or hypothesis, that this is cryoplanation and therefore periglacial relief, which also refers to other described morphology and occurrences.

Relatively simple genesis of these terraces is explained with the concept of cryoplanation, or backward movement of slopes under the influence of complex periglacial processes (frost, nivation, solifluction and other) which refer to erosion and transport of materials covered with this process. This method of genesis was worked out by Russian geologists Boč S. I. and Krasnov I.I. (1943) and in modern literature it is mentioned as Russian Cyclic Model of Genesis of Cryoplanation Terraces (French H. M., 2007). Cryoplanation terraces were not formed on the example of Tupižnica, but only separate

---

<sup>8</sup> Given analogy and correlation indicate significant differences of the results in the elevation of upper snow line of the Last Pleistocene Maximum (LGM) as on the example of spaceously close mountains Prokletije and Šar (Milivojević M. et al., 2008; Kuhlemann J. et al., 2009). How can we then accept these results as a base for the correlation? For our study the essence of the problem is the fact that **in the conditions of cold spell the width of zone of mountainous periglacial environment increases towards the intensity of that cold spell**. Beside given relations of unreliable correlation, this is the essence and base for singling out paleoperiglacial environment on low mountains such as Tupižnica.

<sup>9</sup> According to the stratigraphy of the Last Pleistocene Glacial which Kuhlemann J. et al. (2009) presented for the region of Mt Šar, derived according to different correlations for some phases (for example. LGM Bard, 1999; Older Dryas Cacho et al., 2002 etc.).

terraces with conditions and relations of flattening of relief, characteristic for periglacial environment.

We will not study here in details the problem of genesis of cryoplanation terraces, which is not even solved on the level of global geomorphology apart from several concepts or genesis models, out of which we mentioned one. It is a fact that the majority of authors of global geomorphology agree on the presence of cryoplanation morphology (Czudek T., 1995; French H. M., 2007 et al), although the problems of the pace of genesis of these forms, singling out of genetic processes, physical-geographic context of the genesis of these forms, have remained unsolved in the sense that they are seen even out of recent periglacial environment and similar. Exactly the latter fact is the case of our example. Accordingly, we have singled out cryoplanation terraces in forest elevation zone, out of contemporary periglacial environment. This problem is easily explained with the relict characteristics. This means that the singled out terraces and other morphology in the forms of cirque niches, as well as the asymmetry on dolines and detritus karst on Tupižnica are of relict genetic base of the Last Glacial Maximum (LGM – Last Glacial Maximum), which is the only explanation of the presence of this relief on the mountain.

### **Conclusion**

The importance of the research of relict cryoplanation morphology on Tupižnica is manifested in establishing of lower boundaries of the presence of mountainous periglacial environment in central part of Balkan Peninsula during the Last Glacial (LGM). According to the researches from Tupižnica this height was certainly below 1000m of altitude, which is the height of registered relict periglacial morphology. This gives us the right to search for this morphology on other mountains of Carpathian-Balkan mountainous system of Eastern Serbia as well, which has been mostly confirmed with several-year long researches in these mountains. Therefore, these results move from local to regional scope of the aforementioned mountainous system of this part of Serbia.

Singling out of cryoplanation morphology on Tupižnica is important in terms of its presence on Balkan Peninsula, or Serbia, which has not been previously done according to our knowledge. Considering the fact that this is relict morphology, its importance in terms of solving the problems of its morphogenesis is small, but singling out of this morphology provides the base for wider regional reconstruction of mountainous elevation zones during the Last Glacial Maximum, and on these bases, even possible paleo-climate reconstructions etc.

To sum up, the basic question is if our paper has solved the problem of the presence of cryoplanation morphology on such a low mountain as Tupižnica. According to our subjective opinion, this problem is solved with relatively firm proofs that in the Last Glacial Maximum, periglacial environment was present on this mountain and facts that, according to its morphology and morphogenesis, the described relief cannot be explained otherwise than with periglacial genetic base. According to the correlation, the genesis of periglacial morphology on Tupižnica is mostly connected to the Last Glacial Maximum (LGM) of Late or Upper Pleistocene. The influence of cold spells of last Pleistocene, in the scope of Older and Younger Dryas, most certainly left some trace on the subject morphology, although this cannot be with certainty stated on this level of the research procedure.

### **Reference**

See References on page 57