

СРЂАН БЕЛИЈ

UDC: 551.583:551.324

## КАМЕНИ ЛЕДНИЦИ ПРОКЛЕТИЈА КАО ИНДИКАТОРИ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

Завод за заштиту природе Србије, 11070 Нови Београд, Србија

**Извод:** Опште је познато да се у условима хладне планинске климе врши интензивно температурно и мразно разоравање стенске основе са настанком великих површина са дробином и блоковима. Овакве наслаге се често издавају као море камења, криокластични крш, детритичне или падинске наслаге или куруми - опште прихваћени локални Сибирски термин (A. D. Тимофеев, A. E. Втиорина, 1983; R. Van Everdingen, 2005). Уколико ови продукти распадања остану на месту стварања, односно уколико нису захваћени кретањем, називају се море камења („block fields“ енглеске терминологије или „felsenmeer“ немачке терминологије).

Током вишегодишњих теренских истраживања на Проклетијама утврђено је постојање и камених ледника („rock glaciers“) који се лагано крећу по замрзнутом замљишту или су умртвљени одсуством замрзнуте подлоге. Као објекти изузетно осетљиви и на најмање климатске промене, камени ледници су одличан индикатор глобалног отопљавања. Компарацијом са каменим ледницама на Апенинima и Алпима, где су вршена дуготрајна инструментална праћења дубине замрзавања и механизма кретања камених ледника, утврђено је да се камени ледници Проклетија налазе на ивици егзистенције и да се само мањи број још увек креће, док је већина неактивна.

Током теренских истраживања на Проклетијама, на камене леднике као фосилну категорију облика није обраћена посебна пажња, иако су уочени. Касније су постали интересантнији као индикатор пермафроста и даљинском детекцијом на авио-снимцима и сателитским снимцима (*Google Earth*), утврђено је 15 већих и већи број мањих камених ледника.

С обзиром на велику надморску висину свих регистрованих камених ледника и претпостављену висину спорадичног пермафроста, може се претпоставити да су камени ледници делимично и то минимално активни, иако су добром делом, посебно у доњим деловима делимично покривени травном и жбунастом вегетацијом, односно да немају брзину кретања већу од 5-10 cm/год, јер се налазе на крајњој јужној граници простирања високопланинског спорадичног и дисконтинуираног пермафроста. Са друге стране могуће је да су само неки повремено, помало активни, а да су други потпуно неактивни или фосилни. До таквих података се може доћи само дугорочним инструменталним мониторингом.

**Кључне речи:** Камени ледници, климатске промене, пермафrost, Проклетије

**Abstract:** It is generally known that in cold mountain climate conditions there is an intensive temperature and frost devastation of rock foundation with occurrence of large surfaces with crushed rock and blocks. Such deposits are often mentioned as block fields, cryoclastic Karst, detritic or slope deposits or kurums – generally accepted local Siberian term (A. D. Timofeev, A. E. Vtiorina, 1983; R. Van Everdingen, 2005). If these products of disintegration remain close to the place of creation, i.e. if they are not moving, they are called „block fields“ in English terminology or „felsenmeer“ in German terminology.

During many years of filed research in Prokletije, the existence of rock glaciers has been established. They are either slowly moving along frozen soil or they have been deadened by the lack of frozen basis. As objects, rock glaciers are extremely sensitive even to smallest climate changes, hence they are excellent indicators of global warming. By comparison with rock glaciers in the Apennines and the Alps, where long-term instrumental measuring of rock glaciers depth of freezing and movement mechanisms has been performed, it has been established that rock glaciers of Prokletije mountain are on the verge of existence and that only a small number of them is still moving, while majority is inactive.

During filed research in Prokletije, rock glaciers as fossil category, were observed, but not much attention was paid to them. Later on, they became more interesting as indicators of permafrost, hence by distance detection on airplane and satellite footage (*Google Earth*), 15 large ones and large number of small rock glaciers have been detected.

Considering great altitude of all registered rock glaciers and assumed altitude of sporadic permafrost, it can be assumed that rock glaciers are partially, i.e. minimally active, although they are to a high extent, particularly in lower sections, partially covered in grass and shrubs, that is their speed of movement is not over 5-10 cm/annum,

since they are located in the southernmost border of the stretching of high mountain sporadic and discontinued permafrost. On the other hand, it is possible that only some glaciers are occasionally, mildly active, and that other ones are completely inactive or fossil. Such data can be observed only through long-term instrumental monitoring.

**Key words:** Rock glaciers, Climatic changes, Permafrost, Prokletije Mts.

Опште је познато да се у условима хладне планинске климе врши интензивно температурно и мразно разоравање стенске основе са настанком великих површина са дробином и блоковима. Овакве наслаге се често издвајају као море камења, криокластични крш, детритичне или падинске наслаге или куруми - опште прихваћени локални Сибирски термин (А. Д. Тимофеев, А. Е. Втюрина, 1983; R. Van Everdingen, 2005). Уколико ови продукти распадања остану на месту стварања, односно уколико нису захваћени кретањем, називају се море камења („*block fields*“ енглеске терминологије или „*felsenmeer*“ немачке терминологије).

Често, ове мразом настале наслаге бивају захваћене кретањем и ако је агенс који покреће ове наслаге, поред примарне гравитације, комплекс периглацијалних процеса (мразни, снежнички, снегни и еолски процеси), тада се ове појаве називају куруми, камени потоци („*поток каменый*“, „*stone streams*“), камене реке („*река каменная*“, „*stone rivers*“ или „*stone runs*“), струје камења, поља клизеће дробине или другачије (Тимофеев, А. Д., Втюрина, А. Е., 1983; Белиј, С., 1992).

Ови облици најбоље су описаны на Фокландским острвима, још од Пернетија и Дарвина (A. J. Pernetty, 1771; C. R. Darwin, 1845, 1846; C. W. Thomson, 1877; C. Davison, 1889), од када и егзистирају термини „*stone river*“ и „*stone runs*“, до савремених истраживања која су утврдила периглацијану природу камених река (M. Rosenbaum, 1996; P. Stone, 2000; K. Hall, 2002; J. D. Hansom, D. J. A. Evans, D. S. W. Sanderson, R. G. Bingham, M. J. Bentley, 2008; P. Wilson, M. J. Bentley, C. Schnabel, R. Clark, S. Xu, 2008; M. F. Andre, K. Hall, P. Bertran, J. Arocena, 2008), али уз утицај структуре, литологије и дугог периода тундра климе (J. R. F. Joyce, 1950). У нашем окружењу описаны су на планини Витоши у Бугарској ([www.park-vitosha.org](http://www.park-vitosha.org), још од пионира истраживања на планинама Балканског полуострва A. Boue-a, 1840, који је указао на разлику камених река и морена), на планинама Пелистер и Кораб у Македонији (Ч. Стојадиновић, 1962), на Шарпланини (С. Белиј, 1992, 2007), на Старој планини (С. Белиј, Д. Нешић, 2005; С. Белиј, Д. Нешић, Б. Миловановић, 2008), на Проклетијама (С. Белиј, 2003, 2005), на Копаонику (Д. Нешић, С. Белиј, Б. Миловановић, 2009), а запажени су у већем броју на румунским Карпатима (P. Urdea, 1992), на Рили, Витоши, Балкану и Пирину у Бугарској (М. Гловња, 1978), на Дурмитору у Црној Гори итд. Свака од ових појава кретања криокластичних наслага има специфичности према генетском механизму кретања или морфолошким односима и положају у рељефу. Један од проблема је свакако недовољна теоријско-терминолошка дефинисаност ове појаве, као и одсуство њене целовитије класификације и систематизације на генетском принципу.

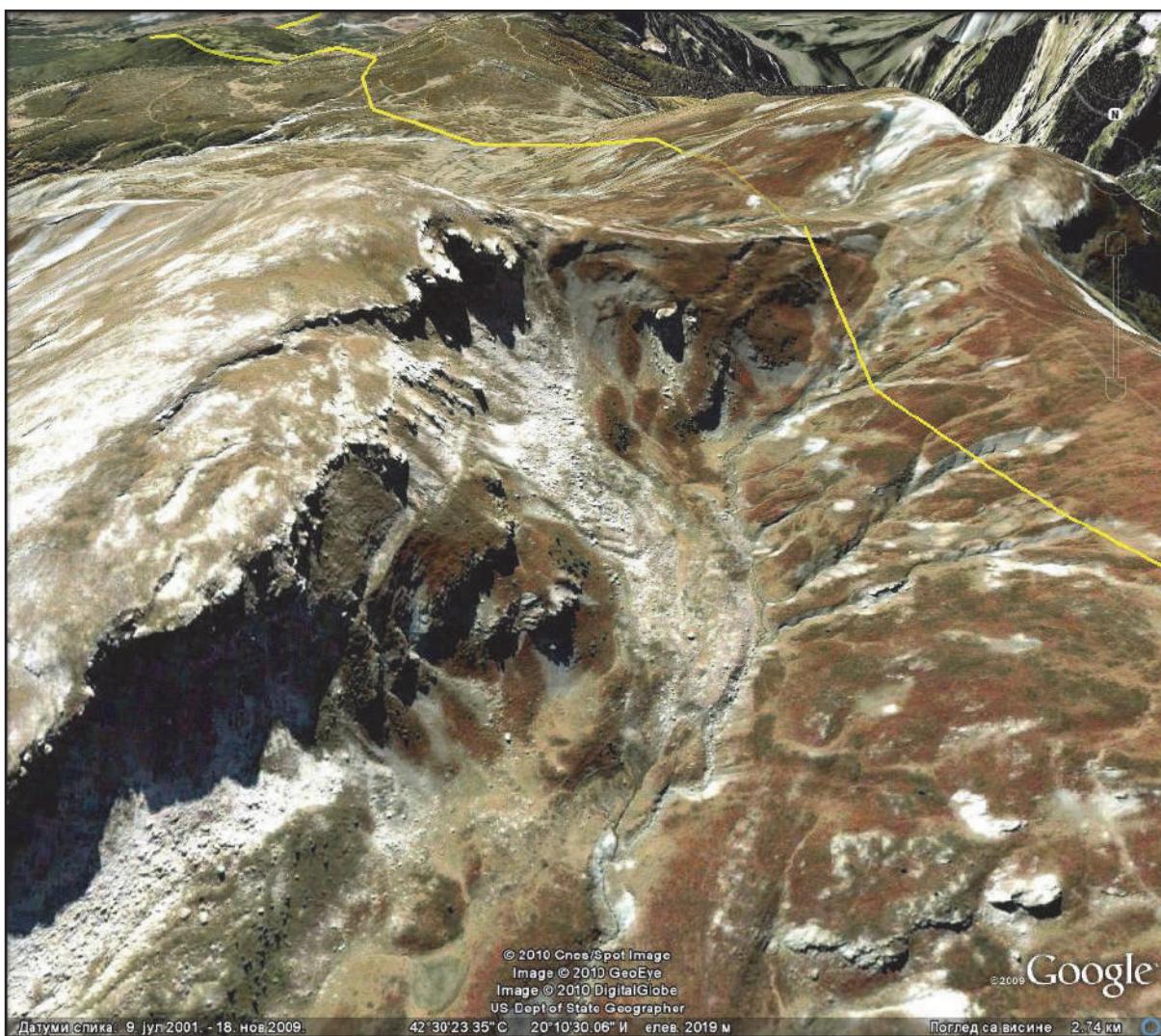
Посебан проблем је и однос камених река и камених струја према каменим ледницима („*rock glaciers*“) који су као веома атрактиван објект истраживања детаљно описаны за многе периглацијалне области високих широта и високих планина, од пионира ових истраживања (Capps, S. R. Jr., 1910, од кога потиче и овај термин), преко класичних истраживања (J. B. Benedict, 1973; W. B. Whalley, 1974; P. Höllermann, 1983; W. Haeberli, 1985; A. L. Washburn, 1988; M. Evin, D. Fabre, 1990; D. Barsch, 1977, 1988, 1992, 1996; L. Schrott, 1996), до савремених истраживања (O. Humlum, 1998, 2000; P. D. Hughes, P. L. Gibbard, J. C. Woodward, 2003; A. Ikeda, 2004; C. Baroni, A. Carton, R. Seppi, 2004; R. Seppi, 2006; E. Serrano, J. J. San Hose, C. Agudo, 2006; H. M. French, 2007; A. Ribolini, A. Chelli, M. Guglielmin, M. Pappalardo, 2007; I. C. Millar, D. R. Westfall, 2008; А. П. Горбунов, 2006, 2008). Од почетних дескриптивних белешки о самој појави камених ледника, преко детаљних инвентара и каталога и повезивања са климатским условима, до савремених инструменталних мерења кретања и утврђивања начина постанка и механизма покретања камених ледника, све је обухваћено радовима геоморфолога, геолога, хидролога и еколога, са савременим тенденцијама ка екологизацији проблема и дефинисањем камених ледника као осетљивог индикатора савремених климатских промена (као и све остale појаве у периглацијалној средини). Знатан удео замрзнутог земљишта (пермафрост) у механизму кретања камених ледника одваја их од камених река и камених струја где се лед јавља само у простору између блокова и дробине, што је и главна

разлика, али је уочено да се на Копаонику јавља прелазна форма са комбинацијом механизма кретања и једне и друге групе облика (Д. Нешић, С. Белиј, Б. Миловановић, 2009).



Сл. 1. Највећи камени ледник на Проклетијама, северозападно од Ђеравице

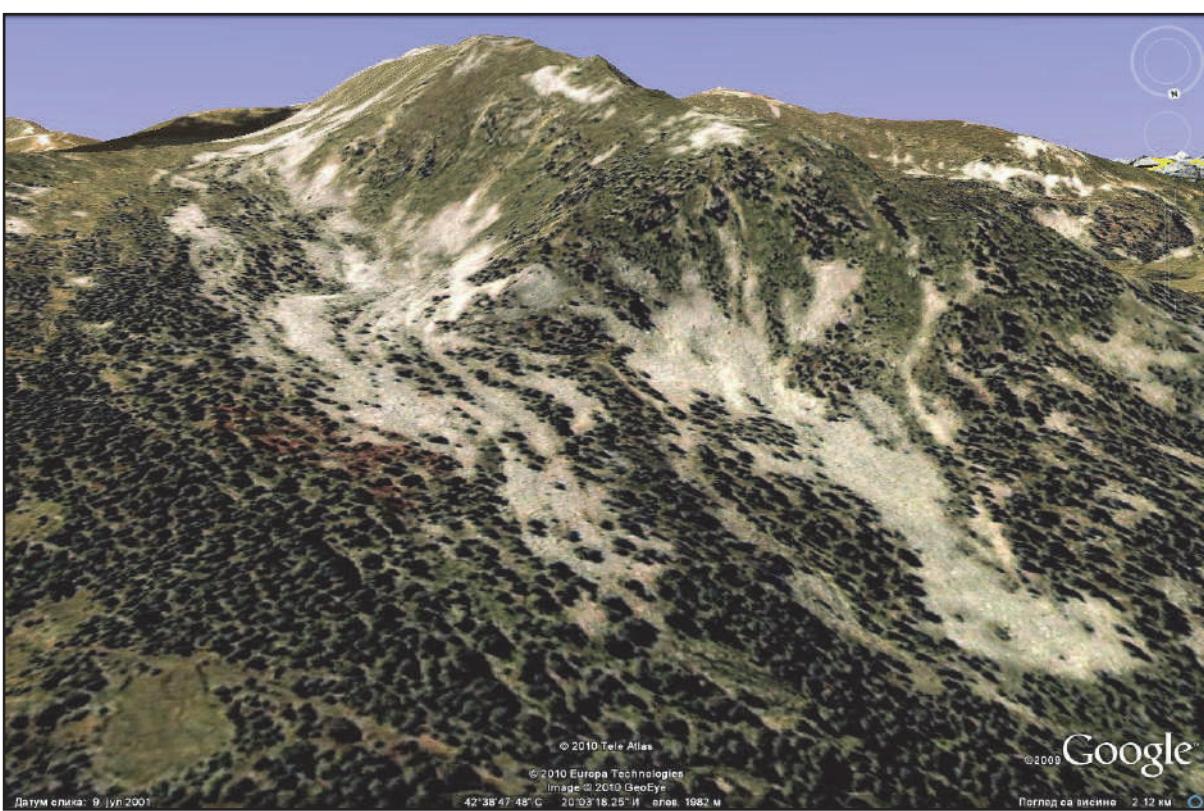
И регионално су камени ледници добро описаны, од субарктичких и антарктичких предела (W. B. Whalley, C. F. Palmer, S. J. Hamilton, H. E. Martin, 1995; O. Humlum, 1998, 2000; A. Kääb, K. Isaksen, T. Eiken, H. Farbrot, 2002; K. Hall, 2002), до Аустријских Алпа (J. Berger, K. Krainer, W. Mostler, 2004), јужних Алпа у Француској (M. Evin, D. Fabre, 1990), централних Алпа у Швајцарској (A. Ikeda, N. Matsuoka, A. Kääb, 2003; A. Kääb, T. Reichmuth, 2005; A. Ikeda, 2004), Маритимних Алпа у Италији (A. Ribolini, D. Fabre, 2006), Пиринеја (E. Serrano, J. J. San Hose, C. Agudo, 2006; J. Chueca, A. Julian, 2005), Италијанских Апенина (F. Dramis, A. Kotarba, 1992; M. Guglielmin, A. Lozej, C. Tellini, 1994; M. Guglielmin, N. Cannone, F. Dramis, 2001; M. Guglielmin, M. Camusso, S. Polesello, S. Valsecchi, 2004; C. Baroni, A. Carton, R. Seppi, 2004; R. Seppi, 2006; M. Firpo, M. Guglielmin, C. Queirolo, 2006; A. Ribolini, A. Chelli, M. Guglielmin, M. Pappalardo, 2007), као и нама ближих јужних Карпата у Румунији (P. Urdea, 1992), на планинама Тимфи и Смоликас у северној Грчкој (P. D. Hughes, P. L. Gibbard, J. C. Woodward, 2003) и у северноалбанским Алпима-Проклетијама (G. Palmentola, K. Baboci, G. J. Gruda, G. Zito, 1995), а посебно су детаљно обрађени у Русији, Азији и прегледно у целом свету (A. A. Галанин, 2009; А. П. Горбунов, 2006, 2008). Укупно о каменим ледницама света је већ 1987. године било 647 литерарних јединица (J. R. Giardino, J. F. Jr. Shroder, J. D. Vitek, eds., 1987), да би се до 2008. године сакупило преко 1100 радова на ову тему (А. П. Горбунов, 2008).



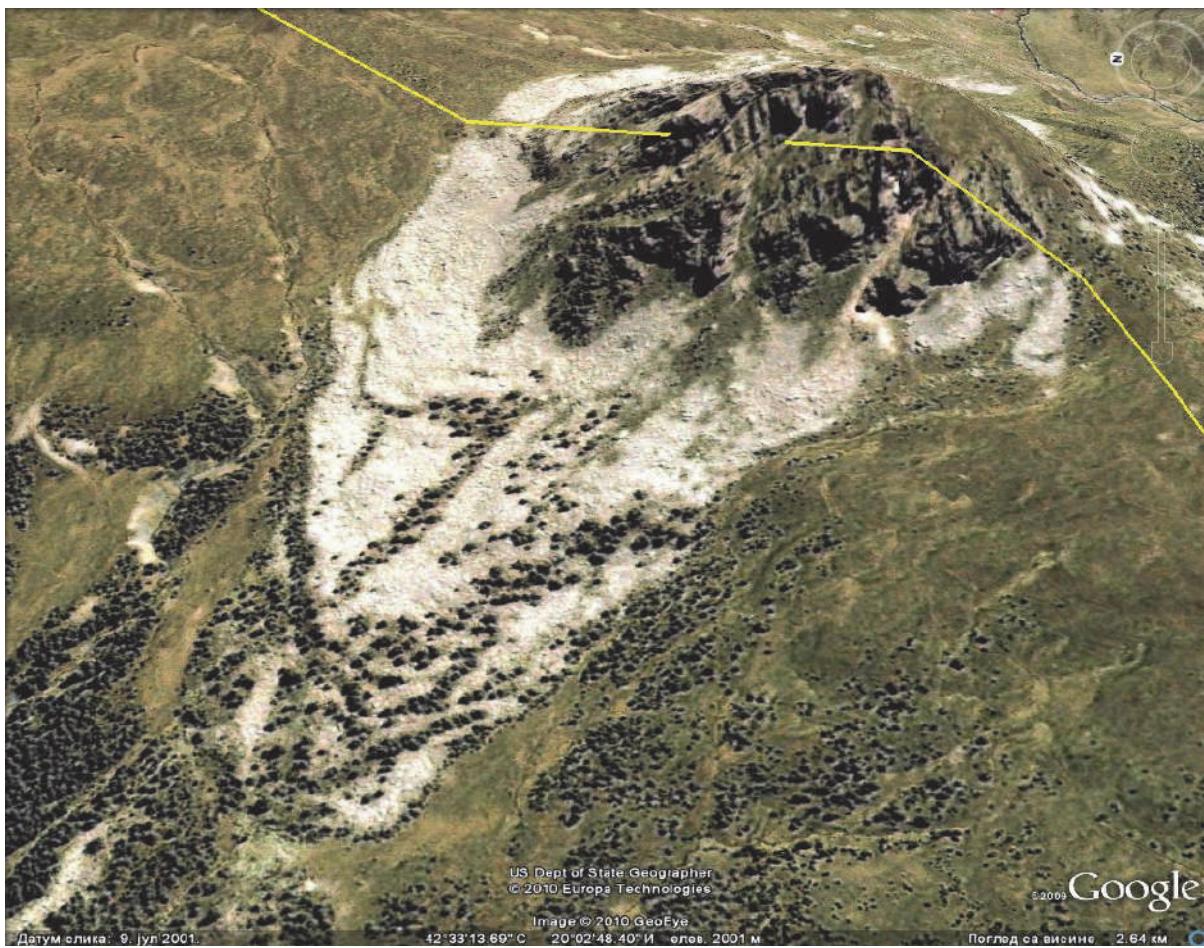
Сл. 2. Камени ледник на Јуничкој планини, под врхом Раса Зогит (2305 m)

На Кавказу их има преко 1000, налазе се на висини изнад 2800 м и крећу се брзином 1-3.6 м/год (М. Д. Докукин, 1987). У Швајцарској, на Алпима, утврђено је 994 активних, изнад 2550 м, неактивних и фосилних још 1000, изнад 2150 м (D. Barsch, 1996), у Алпима на територији Италије направљен је инвентар камених ледника, када је утврђено да их има 1594 (297 активних, 914 неактивних и 351 фосилних, по M. Guglielmin, C. Smiraglia, 1998) и да се активни простиру изнад 2230 м, дужине 100-600 м, средње ширине 281 м, а старост им је утврђена – код активних на 1100-2200 година, код неактивних на 2300-5000 година (F. Dramis, C. Girandi, M. Guglielmin, 2003), у Алпима на територији Аустрије утврђено је да пермафрост заузима око 2000 km<sup>2</sup> (углавном изнад 2400 м), где се налази 1450 камених ледника, од чега су 282 активна, са брзином кретања 2-6 м/год (K. Krainer, W. Mostler, 2002), а у Алпима на простору Француске је регистровано око 600 камених ледника, од чега је 150 активних (M. Evin, D. Fabre, 1990), што даје збир од око 6000 камених ледника на Алпима где су најбоље проучени, где су извршена бушења до 100 м дубине на многим местима ради утврђивања температурних услова и дебљине пермафроста (А. П. Горбунов, 2008).

На Карпатима је утврђено преко 300 камених ледника, а пермафrost на висини изнад 2100 м (P. Urdea, 1992), на Високим Татрама пермафrost је налази изнад 1700-1800 м, а описано је 49 камених ледника (A. Nemčok, T. Mahr, 1974), док је на албанским Алпима, на 42°30'N описано 16 неактивних камених ледника дужине 120-1000 м, ширине 75-325 м, а 70% је смештено на северним падинама у појасу 1690-2200 м, док им је процењена старост на 17000 година (G. Palmentola, K. Badoci, G. Gruda, G. Zito, 1995).



Сл. 3. Два умртвљена, неактивна камена ледника на северој страни Црног крила (2426 м)



Сл. 4. Велики камени ледник под врхом Ујков криш (2275 м)

Током теренских истраживања на Проклетијама, на камене леднике као фосилну категорију облика није обраћена посебна пажња, иако су уочени. Касније су постали интересантнији као индикатор пермафроста и даљинском детекцијом на авио-снимцима и сателитским снимцима (*Google Earth*), утврђено је више појава камених ледника:

**1.** Један од највећих камених ледника је регистрован на север-северозападу од Мале Ђеравице, који се спушта према катунима на Плочици, до 2160 м. Сложеног је облика, са главним током и краком који се одваја према североистоку. Дугачак је 1200 м а ширина му варира 200-350 м, док су непосредно под литицама Мале Ђеравице уочена три млађа камена ледника како најахују на наборе камених блокова старијег и већег главног тока. Камени ледник је дебљине 30-50 м и завршава се стрмим зидом од грубих гранитних блокова. На карти глацијалне морфологије Ђеравице овај је камени ледник уцртан као „*млађе, стадијалне морене, састављене претежно од отк rivених стеновитих блокова*“ (Љ. Менковић, 1994).

**2-3-4.** Североисточно од врха Велике Ђеравице простиру се још три лако уочљива камена ледника. Први, најближи Великом каменом леднику дугачак је око 200 м, ширине 80-100 м. Други, средњи камени ледник, дугачак је око 500 м, ширине 80 м. Трећи, најисточнији, дугачак је 300 м и ширине 100-120 м. Дебљина им је мања него код Великог каменог ледника и износи 15-20 м.

**5.** На простору кречњачке Јуничке планине, југоисточно од Ђеравице, непосредно под највишим врхом Раса Зогит (2305 м), регистрован је камени ледник орјентисан ка северу, дужине 600 м и ширине око 100 м, са целом на 2220 м.

**6.** Сложен простирањи камени ледник простира се на северозападној страни Јуковог крша (2275 м), дужине 700 м, ширине 500 м, спуштајући се до 1980 м у изворишту Трескавичке ријеке, укупне површине око 3 km<sup>2</sup> са готово истом толиком површином и на југоисточној, албанској страни.

**7.** На Богићевици постоји већи број камених ледника. Најизраженији се спушта северном страном са Крша Богићевице (2358 м), поред Ридског језера и после 600 м тока, широког око 200 м, завршава на 1950 м.

**8-9-10.** У подножју севене стране источног врха Крша Богићевице спушта се више краћих камених ледника, дужине до 300 м, али и исте ширине. Завршавају се на 2060 м.

**11.** У крајњем источном делу Крша Богићевице, на јужној падини спушта се ка југозападу сложени камени ледник са више кракова, условљено морфологијом подине. Најдужи језик завршава после 500 м тока у изворишту Бабинопольске ријеке на 2020 м.

**12.** У великом цирку под Старцем и Црним кршем (2426 м), орјентисан ка северу, регистрован је камени ледник дужине 900 м и ширине 100-150 м, са целом на 2000 м.

**13-14.** На источној страни гребена Младица, који се од Црног крша одваја ка северу, формирају се два дугачка језика камених ледника дужине 700 и 900 м и ширине 100-150 м. Њихова чета су на 1960 м и 1950 м.

**15.** У северу орјентисаном цирку под врхом Маја Ропс (2501 м), засут сипарима са стрме падине, лежи камени ледник дужине 800 м и ширине 100-150 м, са целом на 2120 м.

## ЗАКЉУЧАК

С обзиром на велику надморску висину свих регистрованих камених ледника и претпостављену висину спорадичног пермафроста, може се претпоставити да су камени ледници делимично и то минимално активни, иако су добрим делом, посебно у доњим деловима делимично покривени травном и жбунастом вегетацијом, односно да немају брзину кретања већу од 5-10 см/год, јер се налазе на крајњој јужној граници простирања високопланинског спорадичног и дисконтинуираног пермафроста. Са друге стране могуће је да су само неки повремено, помало активни, а да су други потпуно неактивни или фосилни. До таквих података се може доћи само дугорочним инструменталним мониторингом.

Утврђено је, што се дистрибуције тиче, да се у пољским Татрама на 49°N пермафrost налази изнад 1930 м, у румунским Карпатима, на 45°N, изнад 2000 м, на планини Балкан у Бугарској, на 42°N изнад 2300 м, а на Олимпу у Грчкој, на 39°N, изнад 2700 м (W. Dobinski,

2005), док је на Апенинума у Италији, на 42°N на 2600 м у масиву Мајела утврђен свежи активни камени ледник и то је најјужнија граница савременог планинског пермафроста у Италији (F. Dramis, A. Kotarba, 1994). У исто време на Пиринејима, у централном делу, утврђено је да се на северним падинама пермафрост јавља изнад 2700 м, а на јужним падинама изнад 2900 м. Дефинисани су и висински појасеви пермафроста и то: спорадични пермафрост између 2700 м и 2800 м на северној страни и између 2850 м и 3000 м на јужној страни; дисконтинуирани појас је између 2800 м и 2950 м на северној и између 2950 м и 3050 м на јужној страни, а потпуни или континуирани пермафрост се јавља изнад 2900 м на северној и изнад 3050 м на јужној страни Централних Пиринеја (E. Serrano, C. Agudo, R. Delaloye, J. J. Gonzales-Trueba, 2001).

Компаративном анализом са свим планинама јужне Европе за које постоје подаци о пермафросту, посебно са оним у непосредном окружењу (Алпи, Апенини, Карпати, Балкан, Олимп), може се предпоставити да на Проклетијама постоји повремено спорадични пермафрост изнад 2500 м, а да се у повољним условима на северно експонираним падинама спорадични пермафрост може јавити и већ изнад 2200 м, односно да се на таквим местима може јавити и дисконтинуирани пермафрост. Пре би се могло говорити о делимично активним каменим ледницима, који се минимално крећу у пролеће, по још увек замрзнутој подлози и када су засути водом отопљеног снега која се ноћу редовно замрзава. Међутим, сигурно је да изузетно топла лета у последње две деценије не погодују опстанку замрзнутог земљишта, тако да се лед у земљишту отапа у потпуности и да ујесен започиње нови циклус замрзавања.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ANDRE M.-F., HALL K., BERTRAN P., AROCENA J. (2008): Stone runs in the Falkland Islands: Periglacial or tropical? *Geomorphology*, 95, 3-4, p. 524-543, Elsevier, Amsterdam
2. AUER I., MATULLA C., BÖHM R., UNGERSBÖCK M., MAUGERI M., NANNI T., PASTORELLI R. (2005): Sensitivity of frost occurrence to temperature variability in the European Alps. *International Journal of Climatology*, 25, 13, p. 1749-1766, Royal Meteorological Society, London, Wiley
3. BARONI C., CARTON A., SEPPI R. (2004): Distribution and behaviour of rock glacier in the Adamello-Presanella Massif (Italian Alps). *Permafrost and Periglacial Processes*, 15, 3, p. 243-259, John Wiley & Sons
4. BARSCH D. (1988): Rock glaciers. In: M. J. Clark, ed. *Advances in Periglacial Geomorphology*, p. 69-90, Wiley, Chichester
5. BARSCH D. (1992): Permafrost creep and rock glaciers. *Permafrost and Periglacial Processes*, 3, p. 175-188, Wiley, Chichester, England
6. BARSCH D. (1996): Rockglaciers, indicators for the present and former geoecology in high mountain environment. Springer, Berlin
7. БЕЛИЈ, С. (1992): Савремени геоморфолошки процеси у криосфери североисточне Шарпланине. Гласник Српског географског друштва, 62, 1, стр. 13-24, Београд
8. БЕЛИЈ С. (2003): Геоморфолошке одлике. У монографији: Метохијске Проклетије-природна и културна баштина, Изд. Завод за заштиту природе Србије, стр. 52-75., Београд
9. БЕЛИЈ С. (2005): Заштита геоморфолошких феномена периглацијалне средине Проклетија и њихово вредновање. Други научни скуп о геонаслеђу Србије, стр. 135-139, Посебна издања Завода за заштиту природе Србије, 20, Београд
10. БЕЛИЈ С. (2007): Објекти геонаслеђа периглацијалне средине Шарпланине. Зборник радова Првог конгреса српских географа, књ. 1, стр. 207-214, Српско географско друштво, Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, Географски факултет-Београд, Департман за географију, туризам и хотелијерство. Нови Сад, Београд
11. BELIJ, S., KOLČAKOVSKI, D. (1998): The Periglacial zone in the high mountains of Serbia and Macedonia and their characteristic features. OM<sub>2</sub> International Symposium „Observation of Mountain Environment in Europe“ Abstracts, p. 3-3, Borovetz, Bulgaria

12. БЕЛИЈ С., НЕШИЋ Д., МИЛОВАНОВИЋ Б. (2008): Савремени геоморфолошки процеси и облици рельефа периглацијалне средине Старе планине. Заштита природе, 59/1-2, стр. 19-50, Београд
13. BENEDICT J. B. (1973): Origin of rock glaciers. *Journal of Glaciology*, 12, 66, p. 520-522, International Glaciological Society, Scott Polar Research Institute, Cambridge
14. BENISTON M. (2003): Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change*, 59, p. 5-31, Kluwer Academic Publishers, Netherlands
15. BERGER J., KRAINER K., MOSTLER W. (2004): Dynamics of an active rock glacier (Ötztal Alps, Austria). *Quaternary Research*, 62, 3, p. 233-242, Elsevier
16. BRAVO D. N., ARAUJO M. B., LASANTA T., LOPEZ MORENO J. I. (2008): Climate Change in Mediterranean Mountains during the 21st Century. *Ambio*, 37, 4, p. 280-285, Royal Swedish Academy of Science
17. BURN C. R., CLARKE G. K. C., MENOUNOS B. (2006): Vulnerability of Glaciers and Permafrost. In: *Vulnerability of Cryospheric and Socio-Economic Systems*, Workshop, Session 2, p. 1-8, Peter Wall Institute, University of British Columbia, Vancouver
18. WASHBURN A. L. (1979): *Geocryology, A Survey of Periglacial Processes and Environments*. Edward Arnold, London, 406 pp.
19. WILSON P., BENTLEY M. J., SCHNABEL C., CLARK R., XU S. (2008): Stone run (block stream) formation in the Falkland Islands over several cold stages, deduced from cosmogenic isotope (<sup>10</sup>Be and <sup>26</sup>Al) surface exposure dating. *Journal of Quaternary Science*, 23, 5, p. 461-473, John Wiley & Sons
20. WHALLEY, W.B. (1974): Origin of rock glaciers. *Journal of Glaciology*, 13, 68, p. 323-324, International Glaciological Society, Scott Polar Research Institute, Cambridge
21. WHALLEY W. B., PALMER C. F., HAMILTON S. J., MARTIN H. E. (1995): An Assessment of Rock Glacier Sliding Using Seventeen Years of Velocity Data: Nautardalur Rock Glacier, North Iceland. *Arctic and Alpine Research*, 27, 4, pp. 345-351, Boulder, CO
22. WHITE S. E. (1976): Rock glaciers and block fields, Review and new data. *Quaternary Research*, 6, p. 77-97, Elsevier
23. ГАЛАНИН А. А. (2009): Каменные глетчеры северо-востока Азии: картографирование и географический анализ. *Криосфера Земли*, 13, 4, с. 49-61, Академическое издательство „ГЕО“, Новосибирск
24. GIARDINO J. R., SHRODER J. F. Jr., VITEK J. D., eds. (1987): *Rock Glaciers*. 355 p., Allen & Unwin, Boston
25. ГЛАЗОВСКИЙ А. Ф. (1978): Каменные глетчеры (состояние проблемы). У: Криогенные явления высокогорий, с. 59-72, Наука, Новосибирск
26. ГЛОВНЯ М. (1970): Сравнителни геоморфологички проучувания на периглацијалната морфоскулптура на јужните Карпати и Рила планина. Годишник на Софийския Университет, том 64, Геолого-Географски факултет, 2-География, стр. 27-47, София
27. ГОРБУНОВ А. П. (2008): Каменные глетчеры Мира: общее обозрение, сообщение 1. *Криосфера Земли*, 12, 2, с. 65-74, Академическое издательство „ГЕО“, Новосибирск, [www.izdatgeo.ru](http://www.izdatgeo.ru)
28. ГОРБУНОВ А. П. (2008): Каменные глетчеры Мира: общее обозрение, сообщение 2. *Криосфера Земли*, 12, 3, с. 58-68, Академическое издательство „ГЕО“, Новосибирск, [www.izdatgeo.ru](http://www.izdatgeo.ru)
29. ГОРБУНОВ А. П. (2008): Каменные глетчеры Мира: общее обозрение, сообщение 3. *Криосфера Земли*, 12, 4, с. 14-23, Академическое издательство „ГЕО“, Новосибирск, [www.izdatgeo.ru](http://www.izdatgeo.ru)
30. GORDON J., BRAZIER V., TAYLOR A. (1996): The Cairngorms-geomorphological sensitivity and management of a fragile and dynamic mountain landscape. *Earth Heritage*, Issue 6, Edinburgh
31. GRUBER S., KING L., KOHL T., HERZ T., HAEBERLI W., HOELZLE M. (2004): Interpretation of Geothermal Profiles Perturbed by Topography: the Alpine Permafrost Boreholes at Stockhorn Plateau, Switzerland. *Permafrost and Periglacial Processes*, 15, p. 349-357, John Wiley & Sons

32. GRUBER S., HOELZLE M., HAEBERLI W. (2004): Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003. *Geophysical Research Letters*, 31, L13504, American Geophysical Union
33. GUGLIELMIN M., LOZEJ A., TELLINI C. (1994): Permafrost distribution and rock glaciers in the Livigno area (Northern Italy). *Permafrost and Periglacial Processes*, 5, 1, p. 25-36, John Wiley & Sons
34. GUGLIELMIN M., SMIRAGLIA C. (1998): The rock glacier inventory of the Italian Alps. *Proceedings of the Seventh Conference on Permafrost*, Canada, vol. 1, p. 375-382.
35. GUGLIELMIN M., ALDIGHIERI B., TESTA B. (2003): PERMACLIM: a model for the distribution of mountain permafrost, based on climatic observations. *Geomorphology*, 51, 4, pp. 245-257, Elsevier, Amsterdam
36. GUGLIELMIN M., CAMUSSO M., POLESELLO S., VALSECCHI S. (2004): An Old Relict Glacier Body Preserved in Permafrost Environment: The Foscagno Rock Glacier Ice Core (Upper Valtellina, Italian Central Alps). *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 36, 1, pp. 108-116, Boulder, CO
37. DAVISON C. (1889): On the creeping of the soil-cap through the action of frost. *Geological Magazine*, III, 6, p. 255-261.
38. DARWIN C. R. (1846): On the geology of the Falkland Islands. *Quaternary Journal of Geological Society*, 2, p. 267-274, London
39. DRAMIS F., KOTARBA A. (1992): Southern limit of relict rock glaciers, Central Apennines, Italy. *Permafrost and Periglacial Processes*, 3, 3, pp. 257-260.
40. DRAMIS F., KOTARBA A. (1994): Geomorphological evidences of high mountain permafrost in Central Apennines. *Geografia Fisica e Dynamique Quaternaria*, 17, p. 29-36, Comitato Glaciologico Italiano, Torino
41. DRAMIS F., GIRANDI C., GUGLIELMIN M. (2003): Rock glacier distribution and paleoclimate in Italia. *Proceedings of the Eighth Conference on Permafrost*, Switzerland, vol. 1, p. 199-204.
42. EVERDINGEN van, R., ed. (2005): Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms. 90 pp., National Snow and Ice Data Center, Boulder
43. EVIN M., FABRE D. (1990): The distribution of permafrost in rock glaciers of the southern Alps (France). *Geomorphology*, 3, 1, p. 57-71, Elsevier
44. ЗАМАРУЕВ В. В. (1981): О строении и происхождении каменных глетчеров. *Известия Всесоюзного географического общества*, 113, 6, с. 479-484, Москва
45. IKEDA A. (2004): Rock Glacier Dynamics near the Lower Limit of Mountain Permafrost in the Swiss Alps. Dissertation, manuscript, 107 p., Doctoral Program in Geoscience, University of Tsukuba
46. KÄÄB A., ISAKSEN K., EIKEN T., FARBROT H. (2002): Geometry and dynamics of two lobe-shaped rock glaciers in the permafrost of Svalbard. *Norwegian Journal of Geography*, 56, p. 152-160, Oslo
47. KÄÄB A., REICHMUTH T. (2005): Advance Mechanisms of Rock Glaciers. *Permafrost and Periglacial Processes*, 16, p. 187-193, John Wiley & Sons
48. KARTE J. (1983): Periglacial Phenomena and their Significance as Climatic and Edaphic Indicators. *GeoJournal*, 7, 4, pp. 329-340, Springer Netherlands
49. KRAINER K., MOSTLER W. (2002): Hydrology of Active Rock Glaciers: Examples from the Austrian Alps. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 34, 2, pp. 142-149, Boulder, CO
50. LAUŠEVIĆ R., JONES-WALTERS L., NIETO A., TORRE-MARIN A. (2008): Klimatske promene i biodiverzitet u Jugoistočnoj Evropi. 15 str., REC, Szentendre, Hungary, ECNC, Tilburg, The Netherland
51. MILLAR C., WESTFALL R. (2006): Rock Glaciers and Periglacial Rock-Ice Features in the Sierra Nevada, USA; Classification, Distribution and Climatic Relationships. 47 p., Sierra Nevada Research Center, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, Albany, CA
52. NEMČOK A., MAHR T. (1974): Kamenne Ladovce v Tatrah. *Geograficky časopis*, 26, 4, p. 359-374, Institute of Geography, Slovak Academy of Sciences, Bratislava
53. НЕШИЋ Д., БЕЛИЈ С., МИЛОВАНОВИЋ Б. (2009): Механизам настанка клизеће дробине на јужној падини Панчићевог врха (2017 м), Копаоник. *Гласник Српског географског друштва*, 89, 4, стр. 37-59, Београд

54. NYBERG R., LINDH L. (1990): Geomorphic features as indicators of climatic fluctuations in a periglacial environment, Northern Sweden. *Geografiska Annaler*, A. 72, 2, pp. 203-210.
55. OERLEMANS J. (2005): Extracting Climate Signal from 169 Glacier Records. *Science*, 308, 5722, pp. 675-677, American Association for the Advancement of Science, Washington
56. ПАВЛОВ А. В. (2008): Тренды современных изменений температуры почвы на севере России. *Криосфера Земли*, 12, 3, стр. 22-27, ИздатГео, Новосибирск
57. PALMENTOLA G., BABOCI K., GRUDA G. J., ZITO G. (1995): A note on rock glaciers in the Albanian Alps. *Permafrost and Periglacial Processes*, 6, 3, p. 251-257.
58. PALMENTOLA G., STAMATOPOULOS L. (2006): Preliminary data about sporadic permafrost on Peristeri and Tzoumerka massifs (Pindos shain, Northwestern Greece). *Revista de geomorfologie*, 8, pp. 17-23, Cluj
59. ПАРМУЗИН С. Ю., ГАРАГУЛЯ Л. С., ЕРШОВ Э. Д., ХРУСТАЛЕВ Л. Н. (2000): Проблемы геокриологии в связи с глобальными изменениями климата. *Journal of Geocryology*, v. 1, p. 1-6, Moskva
60. RIBOLINI A., FABRE D. (2006): Permafrost existence in rock glaciers of the Argentera Massif, Maritime Alps, Italy. *Permafrost and Periglacial Processes*, 17, 1, p. 49-63, John Wiley & Sons
61. RIBOLINI A., CHELLI A., GUGLIELMIN M., PAPPALARDO M. (2007): Relationships between glacier and rock glacier in the Maritime Alps, Schiantala Valley, Italy. *Quaternary Research*, 68, 3, p. 353-363, Elsevier
62. SEPPI R. (2006): Rock glaciers of the Central Alps as environmental indicators (Adamello-Presanella Group and eastern sector of the Ortles-Cevedale Group). PhD Thesis, 122 p., University of Pavia, Italy
63. SERRANO E., AGUDO C., DELALOYE R., GONZALES-TRUEBA J. J. (2001): Permafrost distribution in the Posets massif, Central Pyrenees. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 55, 4, p. 245-252, Routledge Publisher
64. SERRANO E., SAN JOSE J. J., AGUDO C. (2006): Rock glacier dynamics in a marginal periglacial high mountain environment: Flow, movement (1991-2000) and structure of the Argualas rock glacier, the Pyrenees. *Geomorphology*, 74, 1-4, p. 285-296, Elsevier
65. URDEA P. (1992): Rock glaciers and periglacial phenomena in the southern Carpathians. *Permafrost and Periglacial Processes*, 3, 3, pp. 267-273, John Wiley & Sons
66. FRAUENFELDER R., LAUSTELA M., KÄÄB A. (2005): Relative age dating of Alpine rockglacier surfaces. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 49, 2, s. 145-166, Berlin-Stuttgart
67. FRAUENFELDER R., KÄÄB A. (2000): Towards a palaeoclimatic model of rock-glacier formation in the Swiss Alps. *Annals of Glaciology*, 31, p. 281-286, International Glaciological Society, Cambridge
68. FRENCH H. M. (2007): The Periglacial Environment. John Wiley&Sons, London, 458 pp.
69. HAEBERLI W., BENISTON M. (1998): Climate Change and its Impacts on Glaciers and Permafrost in the Alps. *AMBITO*, 27, 4, pp. 258-265, Royal Swedish Academy of Science, Allen Press, Stockholm
70. HAEBERLI W., HOELZLE M., PAUL F., ZEMP M. (2007): Integrated monitoring of mountain glaciers as key indicators of global climate change: the European Alps. *Annals of Glaciology*, 46, 1, pp. 150-160, International Glaciological Society
71. HANSON S., HOELZLE M. (2005): Installation of a shallow borehole network and monitoring of the ground thermal regime of a high alpine discontinuous permafrost environment, Eastern Swiss Alps. *Norwegian Journal of Geography*, 59, 2, pp. 84-93, Taylor and Francis, London
72. HARRIS C., HAEBERLI W., MÜHLL D. V., KING L. (2001): Permafrost monitoring in the high mountaints of Europe: the PACE Project in its global context. *Permafrost and Periglacial Processes*, 12, 1, p. 3-11, John Wiley & Sons
73. HARRIS C., HAEBERLI W., GRUBER S., KOHL T. (2002): European Mountain Permafrost: Geothermal Change and Associated Geomorphological Impacts. Fall Meeting 2002, 12, American Geophysical Union
74. HARRIS C., MÜHLL D. V., ISAKSEN K., HAEBERLI W., SOLLID J. L., KING L., HOLMLUND P., DRAMIS F., GUGLIELMIN M., PALACIOS D. (2003): Warming permafrost in European mountains. *Global and Planetary Change*, 39, 3-4, p. 215-225.

75. HARRIS C., ARENSEN L. U., CHRISTIANSEN H. H., ETZELMÜLLER B., FRAUENFELDER R., GRUBER S., HAEBERLI W., HAUEK C., HÖLZLE M., HUMLUM O., ISAKSEN K., KÄÄB A., KERN-LÜTSCHG M. A., LEHNING M., MATSUOKA N., MURTON J. B., NÖTZLI J., PHILLIPS M., ROSS N., SEPPÄLÄ M., SPRINGMAN S. M., MÜHLL D. V. (2009): Permafrost and climate in Europe: Monitoring and modeling thermal, geomorphological and geotechnical responses. *Earth-Science Reviews*, 92, 3-4, p. 117-171, International Geological Journal, Elsevier
76. HÖLLERMANN P. W. (1983): Blockgletscher als Mesoformen der Periglazialstufe, Studien aus europäischen und nordamerikanischen Hochgebirgen. Bonner Geographische Abhandlungen, 67, p. 5-73, Bonn
77. HUGHES P. D. (2009): Twenty-first Century Glaciers and Climate in the Prokletije Mountains, Albania. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 41, 4, p. 455-459, Boulder, CO
78. HUGHES P. D., GIBBARD P. L., WOODWARD J. C. (2003): Relict rock glaciers as indicators of Mediterranean palaeoclimate during the Last Glacial maximum (Late Würmian) in northwest Greece. *Journal of Quaternary Science*, 18, 5, p. 431-440, John Wiley & Sons
79. HUMLUM O. (1998): The Climatic significance of Rock glaciers. *Permafrost and Periglacial Processes*, 9, 4, pp. 375-396, Wiley, Chichester, England
80. HUMLUM O. (2000): The geomorphic significance of rock glaciers: estimates of rock glacier debris volumes and headwall recession rates in West Greenland. *Geomorphology*, 35, 1-2, p. 41-67, Elsevier
81. CAPPS S. R. (1910): Rock glaciers in Alaska. *Journal of Geology*, 18, p. 359-375.
82. CHUECA J., JULIAN A. (2005): Movement of Besiberris Rock Glacier, Central Pyrenees, Spain: Data from a 10-Year Geodetic Survey. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 37, 2, pp. 163-170, Boulder, CO.

## ROCK GLACIERS IN THE PROKLETIJE MOUNTAINS AS INDICATORS OF CONTEMPORARY CLIMATE CHANGES

SRĐAN BELIJ

Institute for Nature Conservation of Serbia, 11070 New Belgrade, Serbia

Considering great altitude of all registered rock glaciers and assumed altitude of sporadic permafrost, it can be assumed that rock glaciers are partially, i.e. minimally active, although they are to a high extent, particularly in lower sections, partially covered in grass and shrubs, that is their speed of movement is not over 5-10 cm/annum, since they are located in the southernmost border of the stretching of high mountain sporadic and discontinued permafrost. On the other hand, it is possible that only some glaciers are occasionally, mildly active, and that other ones are completely inactive or fossil. Such data can be observed only through long-term instrumental monitoring.

As for the distribution, it has been established that permafrost is at 1930 meters of altitude in the Polish Tatras at 490N, above 2000 meters in the Romanian Carpathians, at 450N, above 2300 meters in Balkan mountain in Bulgaria at 420N, above 2700 meters in Mount Olympus in Greece, at 390N (W. Dobinski, 2005), whereas in the Apennines in Italy, at 2600 meters at 420N in the Majella Massif a fresh active rock glacier has been discovered and that is the southernmost border of contemporary mountain permafrost in Italy (F. Dramis, A. Kotarba, 1994). At the same time, in the Pyrenees, in their central part, it has been established that on the northern slopes permafrost occurs above 2700 m, and on the southern slopes above 2900 m. Altitude lines of permafrost have been defined: sporadic permafrost between 2700 m and 2800 m on north slopes and between 2850 m and 3000 m on south slopes; discontinuous zone can be found between 2800 m and 2950 m on north slopes and between 2950 m and 3050 m on south slopes, whereas complete or continuous permafrost occurs above 2900 m on north slopes and above 3050 m on south slopes of Central Pyrenees (E. Serrano, C. Agudo, R. Delaloye, J. J. Gonzales-Trueba, 2001).

By comparative analysis including all the mountains in southern Europe for which there are information on permafrost, especially the ones in the immediate surrounding (the Alps, the Apennines, the Carpathians, Balkan, Olympus), one can assume that in Prokletije, sporadic permafrost exists above 2500 m, and that under favorable conditions on northern slopes, sporadic permafrost can be found as low as above 2200 m, i.e. that discontinuous permafrost can be found in such places. One might rather speak of partially active rock glaciers, minimally moving in spring, on still frozen basis and when they are still swamped with water coming from melted snow which regularly freezes in the night. However, it is certain that extremely hot summers over the last two decades do not favor the survival of frozen soil, hence the ice in the soil melts completely, and in autumn new cycle of freezing begins.