

Ратко Ристић ¹, Борис Радић ¹, Јасмина Радоњић ², Вукашин Милчановић ¹,
Иван Малушевић ¹

Заштита од ерозије на скијалишту „Стара планина“

Erosion control at the “Stara planina” ski resort

¹ Универзитет у Београду Шумарски факултет, Одсек за Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Е-mail: ratko.ristic@gmail.com

² ЈВП „Србијаводе“, ВПЦ „Морава“-Ниш, Трг Краља Александра Ујединитеља, бр. 2, 18000 Ниш

Извод

Негативни утицаји на животну средину у ски-центрима Србије имају веома наглашене естетске, функционалне и финансијске последице, што је уочљиво на примеру ски-центра „Стара планина“. Изградња ски-стаза утиче на деградацију земљишног и вегетационог покривача. Одређене активности повећавају ерозиону продукцију и пронос наноса: чисте сече; транспорт трупца низ нагиб; изградња путева и масивни ископи. Недостатак мера за заштиту од ерозије, посебно у периоду април-октобар, доводи до различитих облика деформација терена, као што су: бразде, јаруге, клизишта, осулине. Адекватна заштита угрожених површина реализује се применом концепта рестаурације и противерозионе заштите, од нивоа израде планске и техничке документације, до касније изградње објеката.

Кључне речи: ски-центар, деградација, рестаурација, заштита од ерозије, Стара планина.

Abstract

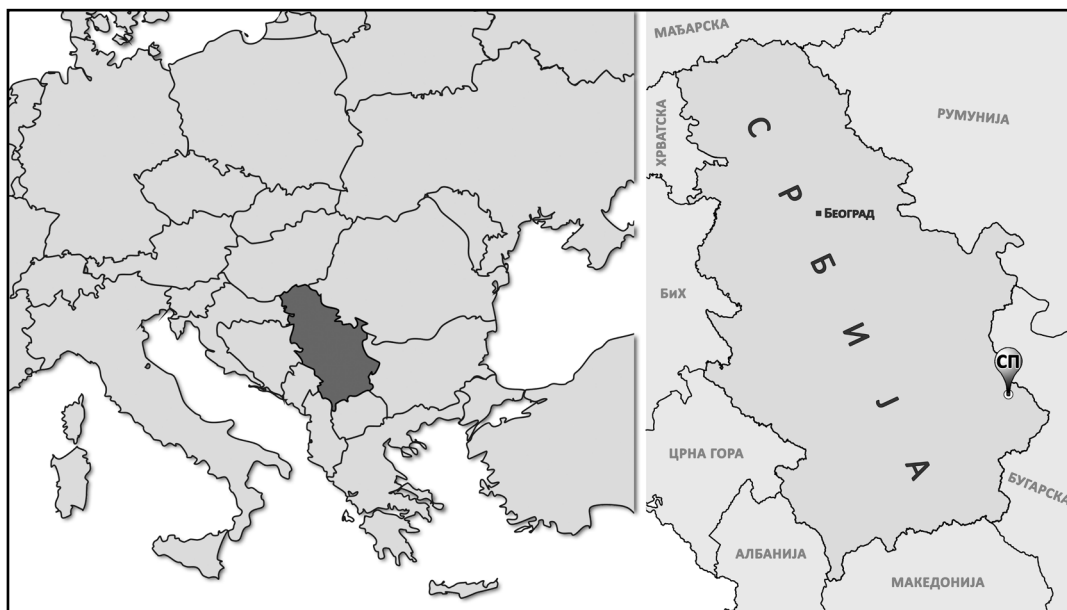
The environmental impacts in Serbian ski areas are very strong, leading to landscape degradation, functionality and financial losses, which is illustrated in ski-resort „Stara planina“. Construction or improvement works cause hard destruction of topsoil and native vegetation. Some activities enhance erosion production and sediment yield: clear cuttings; trunk transport down the slope; road construction and large excavations. Also, lack of erosion control works in ski areas, especially between April and October, result in various forms of land degradation such as furrows, gullies, landslides, or debris from rock weathering. Planning and designing activities, with application of technical and biotechnical erosion control structures, through concept of restoration, are necessary measures in protection of ski areas.

Keywords: ski-resort, degradation, restoration, erosion control, Stara planina

Увод

Изградња ски-центра и пратеће инфраструктуре представља атрактивну делатност у транзиционим друштвима Балкана (Србија, Црна Гора, Македонија, Бугарска). Међутим, поред потенцијалног значаја за развој туризма, ове активности генеришу читав низ негативних ефеката на животну средину, током извођења радова и касније експлоатације објеката, с обзиром да се одвијају на изразито нагнутом терену, што доводи до појаве различитих форми деградације простора. Чиста сеча дрвећа, извлачење трупаца и уклањање корења, земљани радови уз употребу тешке механизације, проузрокују еродирање или потпуно уништење површинског слоја земљишта, чиме се стварају велике количине наноса који лако доспева до локалних путева и водотокова [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Монтажа ски-лифтова и пратеће инфраструктуре, ерозија, бука и загађење воде, угрожавају станишта животињских и биљних врста, доводе до фрагментације шума и деградације јединственог планинског пејсажа са функционалним и естетским последицама [8, 9, 10]. Земљиште на оштећеним ски-стазама постаје сабијено, са недовољном количином органске материје и поремећеном структуром агрегата [4, 11], чиме се смањује инфилтрационо-ретенциони капацитет, интензивира ерозија и површински отицај [12, 13, 14, 15], а посебно су угрожене машински обрађене ски-стазе, без вегетације [16]. Одсуство травне вегетације на ски-стазама смањује површинску рапавост, чиме се повећава брзина течења и интензитет ерозије [17]. Ерозиони процеси на ски-стазама, поред визуелне деградације пејсажа, индиректно утичу на квалитет и дебљину снежног покривача [2], што у садејству са текућим (и очекиваним) климатским променама може довести до скраћења сезоне и неповољних финансијских резултата [18].

Материјал и метод рада



Слика 1 Локација ски-центра „Стара планина“ (СП)

Figure 1 Location of the Stara Planina ski resort

Ски-центар „Стара планина“ је формиран на истоименој планини, која се протеже српско-бугарском границом (слика 1), у близини врха Бабин Зуб (1757 mnm). Грађевинске активности су започете током лета 2006., а први скијаши су користили нове стазе већ током зимске сезоне 2006-2007. године. До новембра 2012. године формиране су ски-стазе и ски-путеви, укупне дужине 10.61 km, са пратећим инсталацијама (кабинска жичара осмосед; три ски-лифта четвороседа; две жичаре типа сидро и бејби лифт), као и две водне акумулације, запремине 10.000 m³ и 3.000 m³, са системима за дистрибуцију воде и производњу вештачког снега. Изграђено је 5 депонијских преграда (три од габиона, две од бетона) за заштиту акумулација од засипања ерозионим материјалом. Поред тога, обављени су обимни радови на изградњи путне инфраструктуре (на деоници Кална-Бабин Зуб), електроенергетских, водоводних и канализационих инсталација, као и смештајних капацитета (хотел „Бабин Зуб“).

Основне природне карактеристике истраживаног подручја

Ски стазе „Сунчана долина“ (S), „Коњарник 1“ (K₁) и „Коњарник 2“ (K₂) изграђене су у вршном делу слива Зубске реке (слика 2). Подручје се одликује планинском климом, са просечном годишњом количином падавина од 1090 mm и просечном годишњом температуром ваздуха 6.1°C. Основне физичке карактеристике вршног дела слива Зубске реке и ски-стаза су представљене у табелама 1 и 2. Геолошку подлогу чине црвени пешчари и зелени шкриљци [19, 20], док су доминантни земљишни типови заступљени са скелетом црвених пешчара и хумусно-силикатним земљиштем [21, 22, 23]. Највећи део аутохтоних земљишних творевина је уклоњен током изградње ски-стаза. Земљишта имају сличан минералoшки састав као геолошка подлога, а грађена су од пескова (62.8–80.9%), праха (10.9–24.6%) и глине (8.2–16.6%).

Параметар	Ознака	Јединица мере	Вредност
Површина	A	km ²	1.77
Кота врха	P _p	m.n.m.	1725
Кота ушћа	L _p	m.n.m.	1160
Дужина слива по главном току	L	km	1.89
Апсолутни нагиб речног корита	S _a	%	30.21
Уравнати пад речног корита	S _m	%	22.09
Средњи нагиб терена	S _{mi}	%	47.57

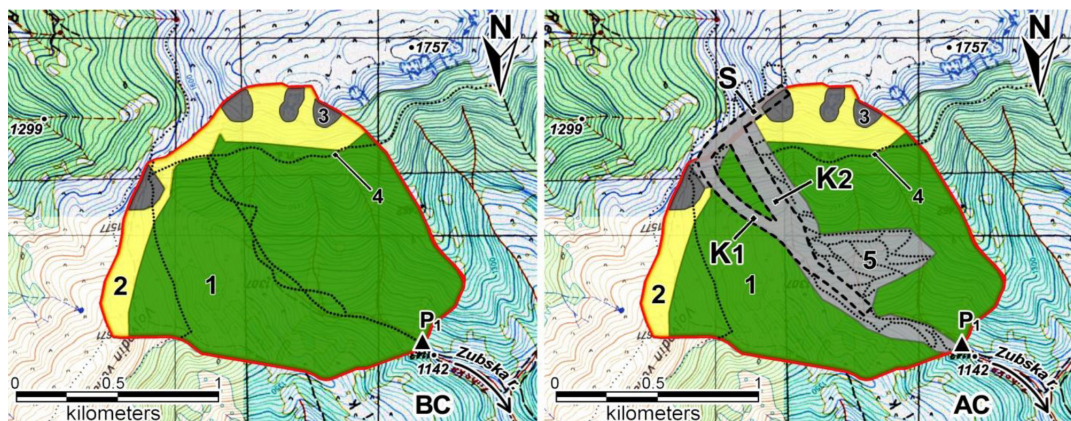
Табела 1 Основне физичке карактеристике вршног дела слива Зубске реке

Table 1 Main physical characteristics of Zubska river headwater

Параметар	Ознака	Јединица мере	Вредност		
			Ски-стаза		
			“Сунчана долина”	“Коњарник 1”	“Коњарник 2”
Површина	A	km ²	0.039	0.049	0.025
Највиша кота	P _p	m.n.m.	1724	1548	1554
Најнижа кота	L _p	m.n.m.	1544	1230	2355
Дужина ски-стазе	L	km	0.566	1.134	0.469
Просечан нагиб ски-стазе	S _m	%	31.80	28.04	42.43
Експозиција			NE	NW	NW

Табела 2 Основне физичке карактеристике ски-стаза

Table 2 Main physical characteristics of ski runs



Слика 2 Вршни део слива Зубске реке, са ски-стазама

S - „Сунчана долина“ K1 - „Коњарник 1“ K2 - „Коњарник 2“ и промене начина коришћења земљишта у условима пре (BC) и после изградње скијалишта (AC): 1 - шума; 2 - ливаде; 3 - природне голети (пробоји једре стене на површину терена); 4, 5 - антропогене голети (приступни путеви; ски стазе; полазне и излазне станице ски-лифта; коридор ски-лифта; паркинг; различите грађевинске локације)

Figure 2 Zubska river headwater with ski runs

S – Sunchana Dolina K1 – Konjarnik 1 K2 – Konjarnik 2 and land cover changes in the Zubska River headwater before construction (bc) and after construction (ac): 1 – forest; 2 – meadows; 3 – native bare land (rock outcrops); 4 – roads; 5 – anthropogenic bare land (ski runs, top and bottom stations of the ski lift, ski lift corridors, construction sites, access roads, parking lot and urbanized spots)

Метод рада

Развој бразда и јаруга је осматран од 1.04.2007. године до 01.09.2007. године, на основу детаљног геодетског премера [7]. Издвојена је експериментална површина величине $A_e=0.0056 \text{ km}^2$, дужине 100 m, просечне ширине 60 m, са просечним нагибом од 52.5%. Дуж највећих јаруга на ски-стази „Коњарник 2“ постављено је 15 попречних профила (на растојању

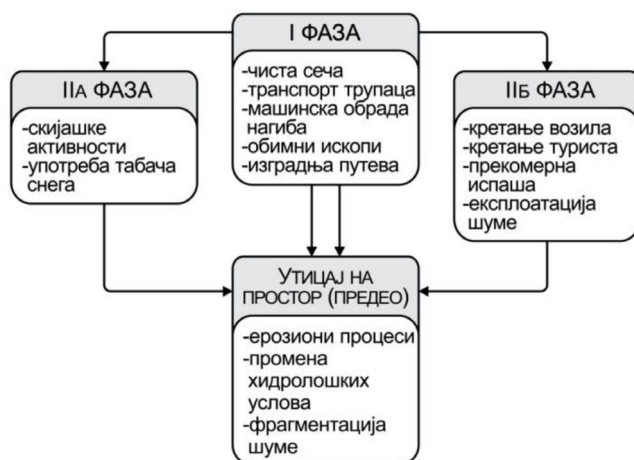
од 3-8 m), који су снимани једном недељно и после сваке кишне епизоде, коришћењем тоталне станице са ласером (Topcon GPT-3100N). Ефекти рестаурационих радова су осматрани од пролећа 2009. године до краја јесени 2013. године.

Промена начина коришћења земљишта је анализирана на основу детаљног теренског картирања истраживаног подручја, употребом сателитских и аеро-фото снимака, као и топографских карата. Примењен је софтвер ArcMap10, а за анализу визуелне изложености деградације коришћен је модул Spatial Analyst Tools [24, 25, 26]. Интензитет ерозионих процеса на истраживаном подручју процењен је на основу примене „Методe Потенцијала ерозије“, која је креирана, развијена и калибрисана у Србији, а користи се у свим околним земљама [27]. Промене хидролошких услова су вредноване поређењем максималних протицаја у условима пре и после изградње ски-центра. Прорачун максималног протицаја (Q_{max}) је обављен применом теорије синтетичког јединичног троугаоног хидрограма и SCS (Soil Conservation Service) методологије за раздвајање ефективних од укупних падавина [28, 29], уз коришћење регионалних зависности за време кашњења [30], унутардневну расподелу падавина [31], и хидролошку класификацију типова земљишта [32]. Прорачун је обављен за услове надпросечне влажности земљишта AMC III (Antecedent Moisture Conditions III), и значајно редукованог инфилтрационо-ретенционог капацитета.

Основна хипотеза јесте да лоше планирани пројекти са великим обимом радова, у фрагилним природним условима, имају снажан деструктиван утицај на околни простор. Такође, представљене су предузете рестаурационе и противерозионе (РПЕ) мере, како би се илустровала сложеност процеса реконструкције деградираног простора.

Резултати истраживања

Деградација простора у ски-центру „Стара планина“ је последица активности које су се одиграле у три фазе (слика 3). I фаза се одвијала у периоду лето 2006-јесен 2007 године, док су IIА и IIБ фаза актуелне и данас.



Слика 3 Фазе деградације простора у ски-центру „Стара планина“

Figure 3 Disturbing activities in Serbian ski resorts and consequential environmental impacts

Негативни ефекти I фазе

Ова фаза је започела са масивном сечом шуме, извлачењем трупца, израдом земљаних приступних путева, обимним ископима за потребе инфраструктурних објеката (темељи стубова ски-лифтова; инсталације за електро и водоснабдевање, отпадне и фекалне воде) и машинском обрадом ски-стаза. Чисте сече су обухватиле око 26 ha шума (буква и смрча), просечне старости око 80 година, са запремином дрвне масе од око 7800 m³. Стабла су сечена на нивоу терена, док је коренов систем остајао у земљишту. Током машинског обликовања стаза, бројни пањеви са деловима кореновог система су извађени из подлоге, што је проузроковало нова оштећења земљишта. Извлачење трупца, са просечном транспортном дистанцом од 174 m, је изазвало потпуну деструкцију површинског слоја земљишта и преосталог травног покривача, посебно на нагибима већим од 20%. Машинска обрада ски-стаза и нивелисање нагиба (попуњавање депресија; проширивање ски-стаза на оптималну ширину од 45-60 m; модификација изражених кривина; ублажавање екстремних нагиба) изведени су готово до матичне подлоге, на површини од 11.3 ha, што је значајно изменило локални рељеф. Наведене активности су довеле до готово потпуног уништења површинског слоја земљишта, поремећаја његове природне стратификације и деструкције травног покривача, чиме су створени услови за развој интензивних ерозионих процеса и формирање брзог површинског отицаја. Мрежа приступних земљаних путева изграђена је за потребе транспорта материјала и опреме током монтаже ски-лифтова. Густа путна мрежа (6.79 km²) је формирана без пропуста и ригола, и значајно је допринела убрзаном транспорту и концентрацији површинског отицаја и наноса.

Најтеже форме деградације су уочене на ски стази „Коњарник 2“: системи бразда и дубоких јаруга (слика 4).



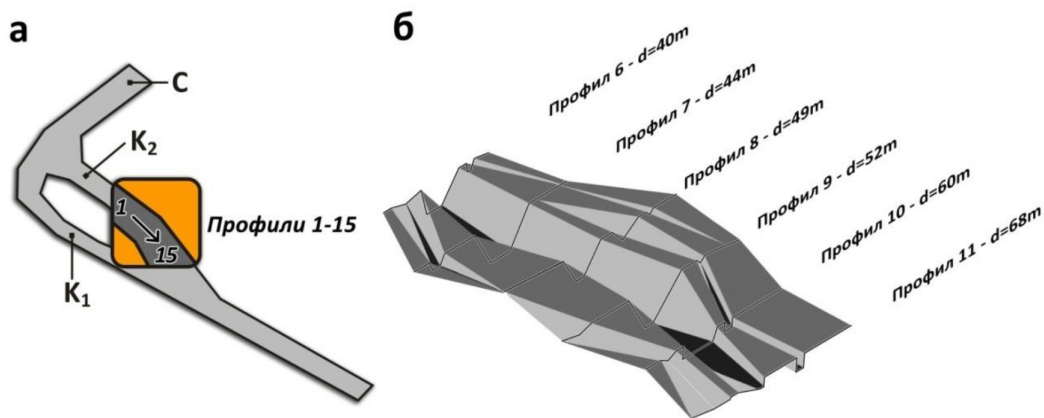
Слика 3 Дубоке јаруге на ски-стази „Коњарник 2“ (Август 2007)

Figure 3 Deep gullies on the Konjarnik 2 ski run (August 2007)

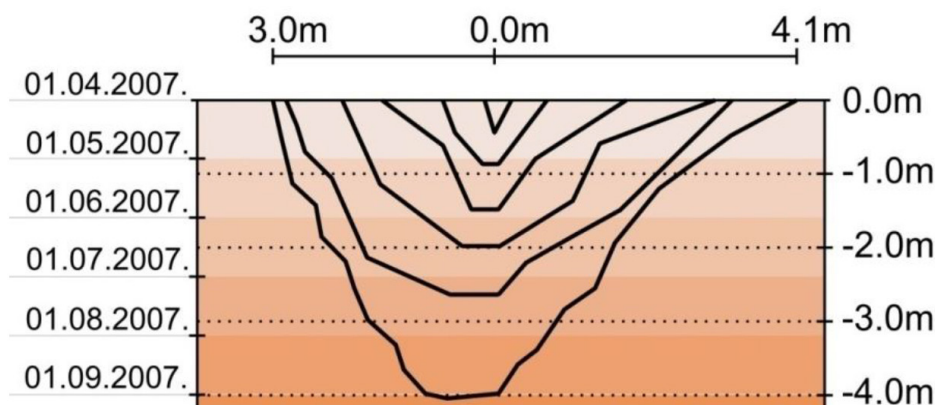
Развој јаруга је осматран (слика 5) од профила 1 (1453.7 mm) до профила 15 (1401.2 mm). Највећа јаруга достигла је дубину од 4 m, ширину 7 m и дужину 30 m, на профилу 9 (слика 6). Систем паралелних јаруга формиран је са обе стране главне јаруге, али знатно мањих димензија. До краја лета 2007. године, процес развоја јаруга је досегао матичну стеноу, са укупном запремином еродираног материјала $E_p=744.93 \text{ m}^3$, која изражена као специфична (јединична) ерозиона продукција E_{psp} износи:

$$E_{psp} = \frac{E_p}{A_e} = \frac{744.93}{0.0056} = 133023.2 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$$

Солифлукције (покрети површинског слоја земљишта засићеног водом, у условима честог смрзавања и одмрзавања), су осматрене 24 пута у периоду Новембар 2006 - Новембар 2007. године. Јавиле су се на површинама величине 3 - 10 m², са дужином покренутог слоја 0.3 - 0.7 m, чиме су убрзале процес трансформације бразда у јаруге. Промена хидролошких услова је последица значајно измењене структуре површина на сливу (слика 2). До лета 2006. године, вршни део слива Зубске реке био је покривен стабилним шумама на 1.47 km² (83.05% од укупне површине слива). Годину дана касније (лето 2007), шума је заузимала свега 1.08 km² (61.02% од укупне површине), док су природне ливаде смањене за 0.04 km². Истовремено, антропогене голети (ски-стазе, полазна и излазна станица ски-лифта, коридор ски-лифта, различите грађевинске локације, приступни путеви, паркинг) су увећане са 0.04 km² (2.26% од укупне површине) на 0.47 km² (26.6% од укупне површине). Промена хидролошких услова је изражена рачунским вредностима максималних протицаја (за контролни профил P1 - слика 2), у условима пре (лето 2006) и после изградње ски-центра (лето 2007), што је представљено одговарајућим хидрограмима (слика 7), за различите вероватноће појаве ($p = 0.5\%$, 1% и 2%).

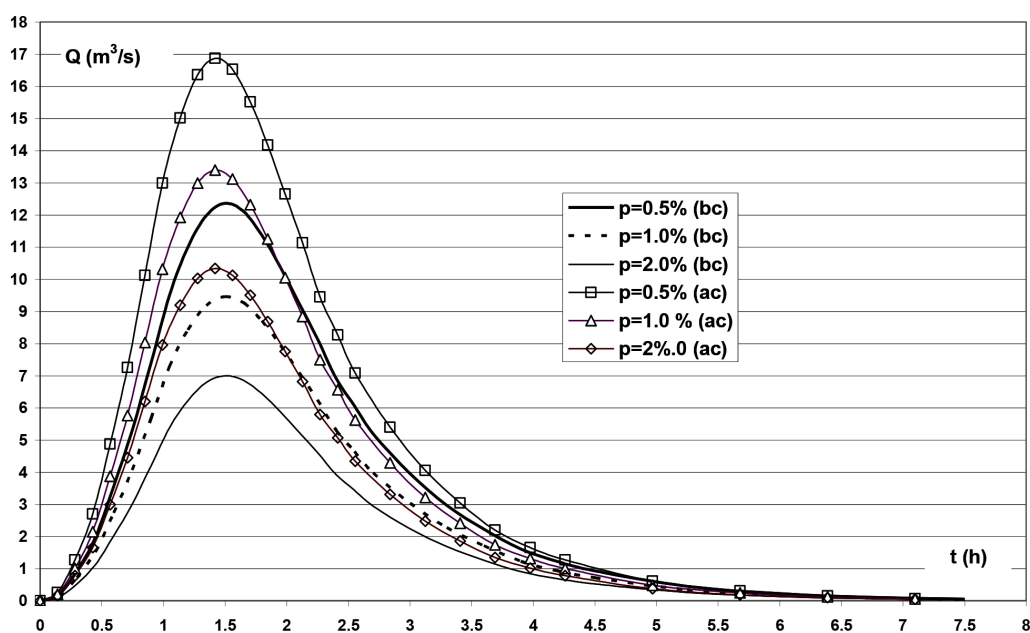


Слика 5 Експериментална површина за осматрање процеса развоја јаруга на ски-стази „Коњарник 2“
 Figure 5 The experimental surface for monitoring of the process of development of gullies on ski run Konjarnik 2



Слика 6 Развој попречног профила јаруге на профилу бр. 9 (ски-стаза „Коњарник 2“, Април - Септембар 2007)

Figure 6 Development of gully cross section on profile 9 (Konjarnik 2 ski run, April – September 2007)



Слика 7 Хидрограми максималних протицаја Зубске реке, у хидролошким условима пре (bc) и после (ac) изградње ски-центра „Стара планина“ (за вероватноће појаве $p = 0.5, 1$ и 2%)

Figure 7 Hydrographs of maximal discharges in hydrological conditions before construction (bc) and after construction (ac) of the Stara Planina ski resort (for probabilities $p = 0.5, 1$ and 2%)

Изградња ски-центра нарушила је природну дренажну мрежу слива и повећала површински отицај, пре свега, са ски-стаза и приступних путева. Промена структуре површина (обешумљавање и уклањање земљишта) драматично су умањили интерцепцију и инфилтрационо-ретенциони капацитет земљишта, чиме је вршни део слива Зубске реке постао сензибилан за појаву екстремних хидролошких догађаја, као што су максимални протицаји ($Q_{\max}$), са смањеним повратним периодима: вредности $Q_{\max}$ -АМСП (1%, 2006) = $9.46 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ и $Q_{\max}$ -АМСП (2%, 2007) = $10.33 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ су сличне, односно, вредности $Q_{\max}$ - АМСП (0.5%, 2006) = $12.36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ и $Q_{\max}$ -АМСП (1%, 2007) = $13.39 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Истовремено, остали значајни параметри прорачуна, као што су улазне падавине, или физичко-географске карактеристике слива, остали су исти.

Негативни ефекти ПА и ПБ фазе

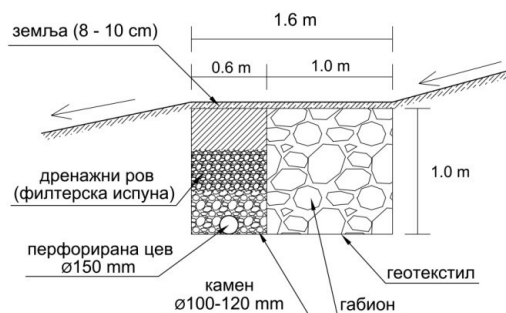
Оштећења услед скијашких активности дешавају се када су скијаша приморани да се заустављају или скрећу на стрмим и узаним деоницама ски-стаза, где је снежни покривач тањи од 15 cm, при чему се ивице скија заривају у површински слој земљишта и засецају траву. Ски-стазе (S, K1, K2) су оптерећене са 7.000 - 12.000 пролазака скијаша дневно. Делови ски-стаза са оштећеним земљиштем и травним покривачем имају промењен топлотни биланс, што проузрокује брже топљење снега и тиме угрожава безбедност скијаша. Трајање снежног покривача на деоницама са очуваним земљиштем и травним покривачем је 2 - 5 дана дуже него на деоницама са оштећењима. Уређење стаза у току ски-сезоне подразумева употребу табача снега, како би се обезбедила равномерна расподела снега (природног или вештачког). Ски-стазе у ски-центру „Стара планина“ се налазе у висинском појасу од 1230 - 1724 mnm, са честим флукуацијама дневне температуре, поготово на микролокацијама јужне и западне експозиције, услед чега долази до местимичног отапања снега. Чести су повремени удари ветра који развејава снег на вишим деоницама ски-стаза, што захтева употребу табача снега, са 2 - 4 дневна проласка. Уколико се табачи користе на снегу висине мање од 20 cm, метални делови гусеница (зуби дужине 10 - 12 cm; тип “Kassbohrer”, модели PB 300 и 500) оштећују или чупају травни бусен из подлоге, и разарају површински слој земљишта. Најугроженији су делови ски-стаза где долази до промене нагиба из веома стрмог у блажи, као и на местима где табач снега (ратрак) мења правац кретања.

Током периода без снежног покривача (Мај-Октобар), ски-стазе постају простор за одвијање различитих, често нежељених (и нелегалних) активности, као што су: пролазак различитих типова возила (грађевинске машине-гусеничари; мотоцикли; трактори; ципови); неконтролисана активности у шумарству (сеча и транспорт трупаца); неконтролисано кретање туриста (5 - 47 туриста дневно је регистровано у периоду Јули-Август 2010 - 2013). Повремено, на ски-стазама се уочава присуство оваца и говеда, а прекомерна испаша на појединим локацијама доводи до сабијања земљишта и додатних оштећења вегетације, чиме се стварају повољни услови за деловање ерозионих процеса. На машински обрађеним ски-стазама (више од 50% укупне површине) обнављање травног покривача је веома споро. Рестаурациони радови су започети током пролећа 2008. године а завршени су током јесени исте године. На жалост, неконтролисана употреба табача снега, кретање возила и присуство туриста, у пролећно-летњем периоду 2009 - 2013. године, довели су до местимичних оштећења новоуспостављеног травног покривача на ски-стазама.

Реконструкција деградираног простора

Ски-центар „Стара планина“ је формиран без примене мера противерозионе заштите, што се односи и на периоде експлоатације и одржавања, а негативни ефекти су, у већој или мањој мери, довели у питање његову функционалност. У периоду Мај-Октобар 2008. године обављени су радови на противерозионој заштити и уређењу скијалишта „Стара планина“, применом концепта рестаурације и противерозионе заштите, на основу техничке документације израђене на Шумарском факултету Универзитета у Београду, на Одсеку за еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса. Рестаурациони и противерозиони радови (РПЕ) обављени су у сагласју са светским стандардима који се примењују у овој области [33, 34, 35, 36, 37, 38].

РПЕ радови у ски-центру „Стара планина“ су изведени у условима тешке деградације терена, готово 18 месеци после изградње скијалишта [22, 23, 39]. Технички радови су обављени до краја Септембра 2008. године: чишћење и продубљивање локалних водотокова који угрожавају ски-стазе и приступне путеве, како би се обезбедила потребна пропусна моћ током појаве великих вода; изградња две депонијске преграде за заустављање вученог наноса; израда стабилизационо-дренажних конструкција (СДК) на ски-стазама К1 и К2. СДК се користе за превенцију солифлукција и сакупљање подземних вода од бројних извора (посебно на нижем делу ски-стазе К1). СДК су дизајниране и употребљене за уређење ски-стаза на Старој планини, и представљају новитет на светском нивоу [40]. СДК се састоје из габионских корпи пуњених каменом, које су обавијене нетканим геотекстилом, и дренажног рова (слика 8).



Слика 8 Стабилизационо-дренажна конструкција (излив; ски-стаза „Коњарник 1“, Октобар 2008)

Figure 8 Stabilization and drainage construction (outflow; ski run Konjarnik 1, October 2008)

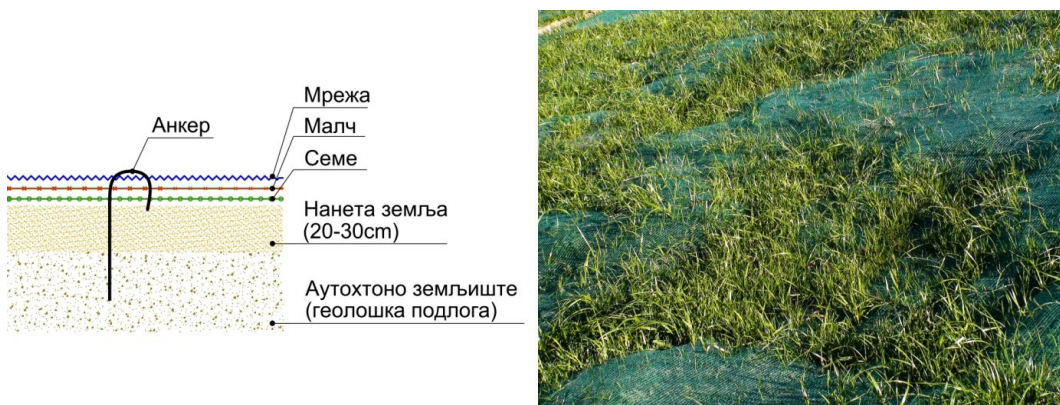
Биотехнички радови су завршени до средине Октобра 2008. године, укључујући обнављање земљишта и вегетације, инсталацију контурних стабилизатора (КС) и формирање површинске дренаже. Обнављање земљишта и вегетације на ски-стазама одвијало се у следећим фазама (слика 9): насипање слоја фертилне земље (0.2-0.3 m), сетва одговарајуће травно-легуминозне смеше (20 gr/m²); малчирање сецканом сламом (0.5 kg/m²); прекривање мрежом са ретким ткањем и фиксирање за подлогу челичним анкерима (на дубину од 0.4 - 0.5m). Коришћене су травно-легуминозно смеше, састављене од врста које је могуће обезбедити у

довољним количинама на тржишту (табела 3), јер у Србији не постоји организована производња, нити сакупљање довољних количина семена аутохтоних врста. Све „комерцијалне“ врсте су одабране на основу еколошких својстава која одговарају високо-планинским условима, и претходне детаљне флористичке анализе аутохтоне вегетације (табела 3).

Аутохтоне врсте	Комерцијална травно-легуминозна смеша
1. <i>Anemone ranunculoides</i>	1. <i>Festuca rubra</i> (30%)
2. <i>Verbascum</i> sp.	2. <i>Agropyrum repens</i> (15%)
3. <i>Lusula silvatica</i>	3. <i>Festuca arundinacea</i> (10%)
4. <i>Taraxacum officinale</i>	4. <i>Agrostis alba</i> (15%)
5. <i>Sesleria</i> sp	5. <i>Trifolium repens</i> (10%)
6. <i>Gentiana asclepiadea</i>	6. <i>Festuca ovina</i> (20%)
7. <i>Rumex</i> sp.	
8. <i>Viola tricolor</i>	

Табела 3 Аутохтоне врсте и састав коришћене комерцијалне травно-легуминозне смеше на Старој планини

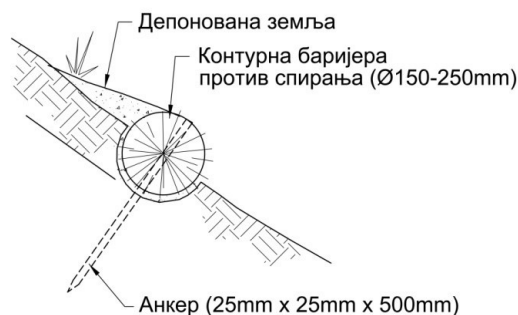
Table 3 Native species and the composition of used commercial grass-legume mixtures at Stara Planina



Слика 9 Обнављање земљишног и вегетационог покривача (ски-стаза „Коњарник 1“, Јуни 2009)

Figure 9 Reestablishing soil and vegetation cover (ski-run Konjarnik 1, June 2009)

Контурни стабилизатори (КС) се производе од трске, сламе или врбовог прућа, које се везује у ваљке (са или без пластичног омотача), Ø 200-250mm, 2-5m дужине (слика 10). Постављају се на растојању од 8-20m (у зависности од нагиба терена), у плитке ровове (дубине 80-120 mm) и фиксирају дрвеним или металним анкерима. КС се постављају контурно, готово управно на осовину трасе ски-стаза. КС смањују брзину површинског отицаја, задржавају покренути ерозиони материјал, и стабилизују површински слој земљишта, до појаве травног покривача.

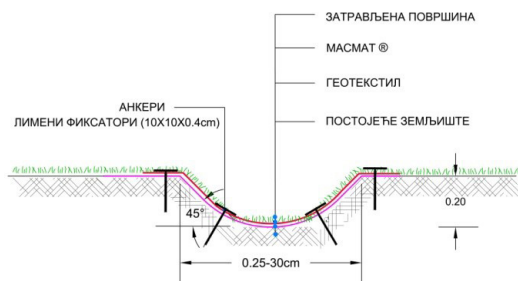


Слика 10 Контурни стабилизатори (баријере) за контролу брзог површинског отицаја (ски-стаза „Коњарник 1“, јуни 2009)

Figure 10 Contour barrier against fast surface runoff (ski run Konjarnik 1, June 2009)

Задржане органске материје, земља и вода стварају стабилну средину за клијање семена. Такође, смањују локални нагиб и превентивно делују на појаву процеса браздања и јаружања. Трају једну до две године, после чега долази до распадања природног материјала, што додатно обогаћује земљиште хранљивим материјама.

Током наношења и планирања плодног земљишта на деградираним површинама формиран је површински дренажни систем, у виду обложених канала дубине 0.15–0.20 m, нагиба 3–5%. Канали су заштићени МасМат мрежом (тродимензионални геокомпозит), која се користи као заштита од ерозије, а омогућује раст травне вегетације. МасМат мрежа је израђена од двоструко плетене челичне жице, обмотане полипропиленским влакнима. Поставља се по дну и косинама канала, а фиксира челичним анкерима (слика 11).



Слика 11 Површинска дренажа (ски-стаза „Коњарник 1“, Октобар 2008.)

Figure 11 Surface drainage system (ski run Konjarnik 1, October 2008)

Вегетациони покривач био је успостављен већ 20 дана после сетве, а мере неге су примењиване до краја лета 2009. године. Опште стање и изглед ски-стаза (слика 12) су значајно побољшани након завршетка свих планираних рестаурационих и противерозионих радова. РПЕ радови су коштали око 1.300.000 €, у условима 18 месеци после изградње, а да су примењени током и непосредно по завршетку изградње, трошкови би износили 375.000 €.



Слика 12 Ски-стаза „Коњарник 1“ у условима пре (лето 2007) и после (лето 2013) рестаурационо-противерозионих радова

Figure 12 Ski run Konjarnik 1 under conditions before (summer 2007) and after (summer 2012) restoration and erosion control works



Слика 13 Ски-стаза „Сунчана долина“ у условима пре (лето 2007) и после (лето 2013) рестаурационо-противерозионих радова

Figure 12 Ski run Suncana dolina under conditions before (summer 2007) and after (summer 2012) restoration and erosion control works

Дискусија

Почетак изградње скијалишта „Стара планина“ изазвао је различите форме деградације терена, фрагментацију шума, губитак биоразноврсности, визуелну и функционалану деградацију предела. Изградња ски-центра започела је на основу политичке одлуке, без одговарајуће планске и техничке документације, као и без одговарајућих Студија о процени утицаја на животну средину. Ски-центар је лоциран у Парку Природе (у зонама I и II степена заштите), који је заштићена област за научна истраживања и ограничене туристичке активности [41, 42]. Неке активности, као што су чисте сече шуме и просецање приступних путева, су у супротности са два главна управљачка циља у заштићеним подручјима Србије: заштита екосистема и очување биоразноврсности [42]. Процес изградње и последична фрагментација шуме угрозили су локалне ендемске врсте, укључујући криласти звончић (*Campanula calycis-alata*, који се јавља само у близини локалитета Бабин Зуб) и панчићеву жабуљу траву (*Senecio rancisi*, стеноендемит Централног Балкана), а поред њих угрожен је читав низ врста са црвене листе IUCN (International Union for Nature Conservation): *Buteo rufinus*, *Alauda arvensis*, *Scolopax rusticola* [43].

Ски-центар „Стара планина“ изграђен је без примене стандарда за превенцију ерозије, оличених кроз праксу најбољег управљања (BMPs-Best management practices), какви се иначе користе широм света приликом изградње сличних објеката [33, 34, 35, 36, 37, 38], што је имало тешке последице по животну средину. BMPs обухватају следеће поступке: изградњу приступних путева и пратеће инфраструктуре (електро-снабдевање, водовод и канализација) унутар једног просторног коридора, током исте грађевинске сезоне; формирање путних пропуста увећаног капацитета за спровођење воде и крупнијих фракција наноса; употребу хеликоптера за транспорт грађевинског материјала и опреме на удаљене локације, у циљу смањења обима радова на изради приступних путева; употребу људске радне снаге за ископ темеља стубова ски-лифта, на локацијама где је отежан приступ механизацији; очување и складиштење површинског слоја земљишта за рестаурационе радове; израду површинске дренаже на ски-стазама ради минимизирања ефеката ерозије земљишта; употребу одговарајућих травно-легуминозних смеша за озелењавање ски-стаза, састављених од аутохтоних врста (*site-specific species*), уз третман ђубривима и малчом. Такође, деградирани површине треба изузети од било каквих активности, најмање два вегетациона периода после рестаурације [34].

Изградња и коришћење ски-центра снажно утиче на њихово физичко и биолошко окружење [44], тако да власници и управљачи имају законску и етичку обавезу да обезбеде стабилност угрожених екосистема. Резултати истраживања на Старој планини потврдили су претходна слична истраживања у свету [1, 2, 12, 45, 46, 47], али су у неким сегментима показали до сада незабележен степен деструкције, пре свега кроз најинтензивнију јаружасту ерозију која је представљена у светској литератури. Наиме, досадашња истраживања везана за рестаурацију ски-стаза углавном су посвећена рестаурацији земљишног и вегетационог покривача применом одређених мера, које укључују сетву травно-легуминозних смеша, малчирање и постављање заштитних мрежа [10, 33, 34, 46]. Рестаурациони модел примењен на Старој планини обухвата поменуте мере, као и одређене новитете, као што су стабилизационо-дренажне конструкције (први пут у свету употребљене на ски-стазама), затим специфичну комбинацију површинских дренажних канала и контурних стабилизатора.

Током петомесечног периода истраживања (1.04.2007.-1.09.2007.) дубина јаруга на ски-стази „Коњарник 2“ достигла је 4 метра, док је специфична ерозиона продукција достигла вредност $E_{psp} = 133.023,2 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$, што представља највећу забележену вредност у светској литератури [7]. Поређења ради, највећи интензитет јаружасте ерозије на деградираним

шумским и пољопривредним земљиштима у Кини износи $E_{psp}=13.863,3 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$ годишње [48], на обрадивим површинама у Хрватској $E_{psp}=375-11.983,3 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$ годишње, у зависности од начина обраде [49], и на пашњацима Новог Зеланда $E_{psp}=21.703 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$ годишње [50]. Истовремено, интензитет ерозије на експлоатисаним шумским површинама Старе планине износи $E_{psp}=5.174,9 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$ годишње, док је на недирнутим, околним шумским површинама свега $E_{psp}=520 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$ [20].

РПЕ радови у ски-центру „Стара планина“ били су прве активности те врсте у Србији. Одсуство инвестиција за РПЕ радове (непосредно по завршетку основних грађевинских радова) проузроковало је касније трошкове (Табела 4). Рестаурациони и противерозиони радови су изведени у условима потпуне деструкције терена, после завршетка свих грађевинских радова на просецању ски-стаза и путева, као и постављања стубова ски-лифтова, тако да су исказане суме најскупља варијанта. Превентивно деловање, дакле у фази током и непосредно после извођења грађевинских радова, произвело би трошкове на нивоу 20-25%, од сума исказаних у табели 4 (1€=95 РСД).

Рестаурационе и противерозионе радове изводила су предузећа која делују, углавном, у области водопривреде и шумарства („Ерозија“-Књажевац; „Водопривреда Ћуприја А.Д.“), уз сталну координацију између пројектанта (Шумарски факултет), стручног надзора (Ј.В.П. „СрбијаВоде“) и инвеститора (Ј.П. „Скијалишта Србије“). Поједине радне позиције нису до сада извођене на ски-стазама у Србији (СДК; КС; површинска дренажа), тако да је била неопходна едукација извођача, кроз прецизирање технике извођења и упознавање са основним техничким својствима појединих материјала.

Ски-центар	Ски-стаза	Трошкови за рестаурационе и противерозине радове	
		динара (РСД)	евра (€)
Стара планина	„Коњарник 1“	85.500.000	900.000
Стара планина	„Коњарник 2“	9.500.000	100.000
Стара планина	„Сунчана долина“	28.500.000	300.000
укупно:		123.500.000	1.300.000

Табела 4 Преглед трошкова за рестаурационе и противерозионе радове

Table 4 Review of expenses for restoration and erosion control works

Рестаурација деградираних локалитета планинског региона најефикаснија је уз коришћење аутохтоних врста [33, 51], што се у Србији ретко примењује због чињенице да не постоји организована производња, нити сакупљање аутохтоног семена трава и легуминоза. Алпска регија (на површини од 191.287 km^2 , са популацијом од 13 милиона људи), има више од 13.000 ски-лифтова и жичара, као и 40.000 ски-стаза, укупне дужине 120.000 km , које годишње користи око 20 милиона туриста. Ски-стазе и коридори ски-лифтова заузимају површину од око 110.000 ha (од чега је 93.300 ha искоришћено за стазе), а више од 24.000 ha се вештачки оснежава. Активно се примењују мере противерозионе заштите, а у последњих 15 година развијене су технике ревитализације терена употребом аутохтоног биљног материјала [33]. Истраживачки институти као што су Höheren Bundeslehr и Forschungsanstalt (HBLFA) Raumberg-Gumpenstein или бивши Landesanstalt Rinn, начинили су пионирске кораке у покушају да развију нове стандарде ревитализације терена у високим зонама, где су лоциране скијашке

стазе и жичаре [34]. Кооперативни напори су артикулисани кроз заједничке ЕУ пројекте, уз учешће истраживачких група и компанија из Аустрије, Италије, Немачке и Швајцарске. На простору Северне Америке, где су регистрована 703 скијалишта [44], мере заштите и ревитализације су садржане у примени обавезујућих BMPs (Best Management Practices-праксе најбољег управљања).

Искуства са скијалишта у региону (Црна Гора, Бугарска, Македонија, Босна и Херцеговина), Европе или Северне Америке, говоре да изостанак противерозионе заштите доводи до појаве деградационих процеса, са великом продукцијом ерозионог материјала [5, 34, 52]. На скијалиштима европских Алпа и Северне Америке примењују се строги стандарди управљања земљиштем, са обавезном применом BMPs, што утиче на минимизирање ефеката ерозионих процеса. Најчешће форме деградације терена, у виду ерозионих “ожилака” или спорадичне појаве огољених површина, везане су за процесе спирања земљишта (где је проређен или уништен травни покривач), услед неконтролисаног дејства брзог површинског отицаја, што може довести до појаве бразда и јаруга. Иницијални узроци су, пре свега, прекомерно оптерећење током скијашке сезоне (велики број пролазака скијаша и кретање машина за табање снега, у условима мале висине снежног покривача), или неконтролисане активности током пролећно-летњег периода (кретање туриста, стоке или моторних возила). У зонама изнад границе вегетације (преко 2500 mnm) честа је појава распадина и осулина (Аустрија, Швајцарска, Италија, Француска), пре свега деловањем екстремних климатских услова (максималне и минималне температуре ваздуха; плувиометријски режим), што се решава применом техничких мера заштите. Искуства из Северне Америке говоре да је ерозиона продукција на деградираним површинама ски-стаза готово 10 пута већа него на суседним шумским површинама у природном стању [46].

Закључци

Почетак изградње ски-центра „Стара планина“ представља јединствен пример за неодговорно извођење пројеката, засновано на политичкој одлуци, без одговарајуће планске и техничке документације, уз игнорисање потреба локалних заједница.

Ски-центар „Стара планина“ изграђен је без примене стандарда за превенцију ерозије (BMPs), што је довело до опште деструкције простора на ски-стазама и околним површинама, чиме је угрожена функционалност скијалишта и доведена у питање оправданост инвестиција. Неопходна је израда приручника са прецизно дефинисаним BMPs (Праксе најбољег управљања), у циљу ране идентификације потенцијалних ризика и превентивног деловања.

Рестаурациони и противерозиони (РПЕ) радови су зауставили деградационе процесе, помогли обнављању вегетационог покривача и рехабилитацији предела. РПЕ радове треба изводити симулатно са грађевинским радовима, или по њиховом непосредном завршетку, у циљу минимизирања деструкције терена и рационализације трошкова. Површине које су предмет РПЕ радова треба изузети од било каквих активности, током најмање два вегетациона периода, како би се обезбедило време за њихову потпуну рехабилитацију.

Реализацију наредних пројеката у домену развоја ски-туризма у Србији треба изводити на основу јасне представе о постојању повољних природних услова подручја, социо-економске оправданости, у складу са принципима одрживог развоја и заштите животне средине. То се може остварити израдом одговарајуће планске и техничке документације, у складу са важећим законским прописима, са потпуним учешћем јавности у свим фазама реализације пројеката, уз пуно уважавање потреба и перспектива развоја локалних заједница.

ЛИТЕРАТУРА:

Tsuyuzaki, S. (1994): Environmental deterioration resulting from ski resort construction in Japan. *Environmental Conservation* 21: 121–125.

Ries, J.B. (1996): Landscape damage by skiing at the Schauinsland in the Black Forest, Germany. *Mountain Research and Development* 16:27–40

Macan, G.; Krstić, M.; Ristić, R.; Macan, I. (1997): Variability of erosion production as a consequence of thinning cuttings. In: *The 3rd international conference on the development of forestry and wood science, proceedings, Belgrade, Serbia*, pp 243–248

Balaganskayaa, E.R.; Malinen, K.M. (2000): Soil nutrient status and revegetation practices of downhill skiing areas in Finnish Lapland—a case study of Mt. Yllas. *Landscape and Urban Planning* 50:259–268

„For Earth“, Environmental Association-Bulgaria (2007): www.pirinnp.com, <http://whc.unesco.org>

Ristić, R.; Marković, A.; Radić, B.; Nikić, Z.; Vasiljević, N.; Živković, N.; Dragičević S. (2011): Environmental Impacts in Serbian Ski Resorts, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* (ISSN Printed: 1842-4090; ISSN Online: 1844-489X), Vol. 6, No. 2, pg. 125-134.

Ristić, R.; Kašanin-Grubin, M.; Radić, B.; Nikić, Z.; Vasiljević, N. (2012): Land degradation in ski resort “Stara planina”, *Environmental Management*, (ISSN: 0364-152X, print version; ISSN: 1432-1009, electronic version), No. 49, pg. 580-592 (DOI: 10.1007/s00267-012-9812-y).