



## PROCJENA ENERGETSKA KAPACITETA PLANINARSKIH STAZA PARKA PRIRODE MEDVEDNICA: PILOT ISTRAŽIVANJE

### ESTIMATION OF ENERGETIC CAPACITIES OF MOUNTAIN IN ROUTES OF THE NATURE PARK MEDVEDNICA: A PILOT STUDY

Mario Kasović<sup>1,3,4</sup>, Marina Popijač<sup>2</sup>, Mladen Budinščak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup>Javna ustanova Park Prirode Medvednica, Zagreb, Hrvatska

<sup>3</sup>Fakultet sportskih studija, Sveučilište Masaryk, Brno, Republika Češka

<sup>4</sup>Triatlon klub Maksimir, Zagreb, Hrvatska

#### SAŽETAK

Uvod: Ljubiteljima i konzumentima otvorenog prostora u prirodnom okruženju kao što je Park prirode Medvednica vrlo važna informacija je koju i koliko dobiti po zdravlje dobivaju prilikom planinarenja odabranom planinarskom stazom ili rutom. Na taj način mogu planirati vrijeme, volumen i opterećenje prema svojim mogućnostima te pratiti i kontrolirati svoj zdravstveni fitness. Cilj: primarni cilj istraživanja je prikazati novi protokol za klasifikaciju planinarskih staza Parka Prirode Medvednica primjenom suvremenih funkcionalno-dijagnostičkih metoda procjene energetske kapaciteta te kvantificirati razlika između najpopularnije dvije od njih. Metode: protokol za dijagnostiku opterećenja energetske kapaciteta ispitanika prilikom testiranja pojedine planinarske staze obuhvaća laboratorijsko i terensko testiranje. Parametri dobiveni laboratorijskim testiranjem koristiti će se kao referentne vrijednosti i polazište za usporedbu sa terenskim testovima i energetske zahtjevima pojedine planinarske staze. U istraživanju se koriste dva sofisticirana spiroergonomska sustava Quark CPET i METAMAX 3B. Rezultati: pokazali su postojanje kvalitativnih razlika između staza u većini parametara. Istraživanje je pokazalo mogućnosti novog protokola za klasifikaciju planinarskih staza primjenom suvremenih funkcionalno-dijagnostičkih metoda procjene energetske kapaciteta. Zaključak: rezultati bi se mogli iskoristiti u planiranju sportsko-rekreativnih aktivnosti te kao vrijedan podatak kolika je dobit konzumiranja prirodnih resursa Parka prirode Medvednica. Nastavkom istraživanja obuhvatilo bi se područje ostalih staza južnog dijela planine kako bi se dobila potpuna slika i energetska procjena kapaciteta planinarskih staza u blizini Grada Zagreba.

*Ključne riječi: planinarenje, energetska procjena, Park Prirode Medvednica*

#### ABSTRACT

The nature and open space lovers want to know a very important information regarding health benefits of hitchhiking different mountain routes. By knowing this information, they can plan time, volume and intensity towards their abilities and track and control physical fitness. The main aim of this study was to present the new protocol and to classify mountain routes of the Nature park Medvednica by using up to date functional and diagnostic methods to estimate energy capacities and to quantify the differences between the two most popular ones. The protocol to estimate energy capacities of each mountain route is consisted of laboratory and field based testing. The parameters obtained from the laboratory testing will be used as referent values and starting point to differentiate between field based testing and energy capacities of each mountain route. In the present study, two sophisticated system of Quark CPET and METAMAX 3B were used. Results showed significant qualitative differences between mountain routes in the majority of parameters. The study showed the possibility of a new protocol to classify mountain routes by using new functional and diagnostic methods to estimate energy capacities. The results can be used in hitchhiking and add a significant value of health-benefits of the nature park Medvednica. The next level of this study will be discovering other southern routes of the mountain to get an overall picture and energy capacity estimation of mountain routes near the city of Zagreb.

*Key words: hitchhiking, energy estimation, Nature park Medvednica*

## UVOD

Planinarenje je, kao sportska i rekreativna aktivnost, sve više popularnije u modernom društvu i načinu života. Građani Grada Zagreba nastoje što kvalitetnije svoje slobodno vrijeme provesti u prirodnom okruženju daleko od urbanih sredina, prometa i gužvi. Iz tog razloga odlučuju se hodajući na uspone na najomiljenije mjesto za pobjeći od svakodnevnih problema, a to je Zagrebačka gora ili Medvednica. Bikčevićeva i Leustekova staze najpopularnije su planinarske staze za pristup samom vrhu i uživanju u svim blagodatima Parka prirode Medvednica te se njima kreće i najveći broj rekreativaca. Osim u prirodnom okruženju i svježem zraku planinari mogu uživati i u tjelesnoj aktivnosti koja se često zanemaruje, a toliko je važan faktor u prevencije zdravlja i kvaliteti života. Ljubiteljima i konzumentima otvorenog prostora u prirodnom okruženju kao što je Park prirode Medvednica vrlo važna je informacija koju i koliko dobrobit po zdravlje dobivaju prilikom planinarenja odabranom planinarskom stazom ili rutom. Na taj način mogu planirati vrijeme, volumen i opterećenje prema svojim mogućnostima te pratiti i kontrolirati svoj zdravstveni fitness.

Primarni cilj ovog istraživanja je prikazati novi protokol za klasifikaciju planinarskih staza Parka Prirode Medvednica primjenom suvremenih funkcionalno-dijagnostičkih metoda procijene energetska kapaciteta te kvantificirati razlika između dvije najpopularnije. Osim primarnog, sekundarni cilj istraživanja je prikazati beneficije i prednosti konzumiranja tjelesne aktivnosti u prirodnom okruženju u odnosu na urbane sredine.

## METODE

Protokol za dijagnostiku opterećenja energetska kapaciteta ispitanika prilikom testiranja pojedine planinarske staze obuhvaća laboratorijsko i terensko testiranje. Laboratorijsko testiranje odvija se u kontroliranim uvjetima sa kontinuiranim progresivnim testom opterećenja. Za tu priliku koristi se ergometrijski pokretni sag koji omogućava simulaciju hoda kao prirodnog oblika kretanja kojeg koristimo prilikom uspona na planinarskim stazama. Parametri dobiveni laboratorijskim testiranjem koristiti će se kao referentne vrijednosti i polazište za usporedbu sa terenskim testovima i energetskim zahtjevima pojedine planinarske staze (1, 2, 12).

Tri terenska testiranja odvijaju se u stvarnim situacijskim uvjetima, odnosno na predviđenim planinarskim stazama te na kontrolnoj ravnoj stazi u urbanoj sredini. Sva terenska testiranja odvijaju se uvjetima kontinuiranog opterećenja. Terenska testiranja odvijaju se planinarskim stazama Bikčevićeva i Leustekova staza te na kontrolnoj ravnoj stazi oko Jezera Jarun. U ispitivanju je sudjelovao jedan ispitanik mlađa muška osoba, rođena 14. siječnja 1994 godine, potpuno zdrav i dobre fizičke kondicije, visine 184 i mase 80kg, student Kineziološkog fakulteta. Sva testi-

ranja, laboratorijsko i tri terenska, prevedena su tijekom prve polovice 2019. godine.

U istraživanju se koriste dva sofisticirana spiroergonomska sustava Quark CPET i METAMAX 3B. Quark CPET je laboratorijski stacionarni sustav za analizu izmjene plinova (VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>) koji koristi kontinuirani progresivni test opterećenja na pokretnom sagu (KFI). Porast opterećenja u ovom istraživanju postiže se povećanjem brzine sagra (Taylorov test mod.), a test se izvodi do iscrpljenja ispitanika, ili otkaza (3, 4). Sustavom se prikuplja i analizira najvažnijih parametara za procjenu opterećenja energetska kapaciteta ispitanika, a rezultati predstavljaju referentne vrijednosti. METAMAX 3B je prenosiv spiroergometrijski sustav koji daje jednake izlazne parametre kao laboratorijski sustav Quark CPET sa dodatkom jednog više parametra „Promjena nadmorske visine“. Pogoda je za provođenje testiranja u terenskim i situacijskim uvjetima jer ga odlikuje mala dimenzija i masa. Za razliku od Quark CPET koji koristi kontinuirano progresivno opterećenje prilikom testiranja, ovaj sustav u studiji koristi kontinuirano opterećenje u sva tri terenska mjerenja (9).

U dijagnostici opterećenja energetska kapaciteta korišteno je 11 standardnih i najvažnijih parametara u svim mjerenjima (tablica 1.)

## REZULTATI

U tablici 2. prikazani su brožani rezultati dobiveni na temelju 11 parametara za procjenu energetska kapaciteta za tri navedene staze te laboratorijskog inicijalnog mjerenja.

## DISKUSIJA

Planinarske staze obiluju raznolikošću tehničkih parametara što ih čini posebnima i jedinstvenim. Pa tako, možemo sa potpunom sigurnošću reći da ne postoje dvije identične planinarske staze na našoj planeti Zemlji. Prema standardnim sustavima za kvalifikaciju planinarskih staza, staze dijelimo najčešće prema tri osnovna parametra koji opisuju njene tehničke karakteristike i zahtjevnost: širina staze, gradijent uspona ili razlika u nadmorskoj visini te vrsta i karakteristike podloge po kojoj se uspinje (6).

U ovom istraživanju korištene su slijedeća tri parametra: razlika u nadmorskoj visini, pređena udaljenost ili dužina staze i vrijeme. Parametri širina staze i vrsta podloge po kojoj se uspinje nisu uzimali u obzir jer se radi od sličnim parametrima koji nemaju toliki utjecaj u ovoj analizi. Najveću razliku u nadmorskoj visini ima Bikčevićeva staza sa 683 m uspona dok nešto manje ima Leustekova staza sa 652 m. Kontrolna staza na Jarunu ima zanemarivih 2 m uspona na cjelokupnu njenu dužinu. Vrijednosti parametra udaljenosti pokazuju suprotne vrijednosti (Tablica 2.).

Najduža staza je ona oko Jarunsko jezera koja je duga 6116 m. Iza nje nalazi se Leustekova staza dužine 4951 m dok je najkraća izmjerena sa 3921 m Bikčevićeva staza (Tablica 2.)

Tablica 1. Parametri za procjenu opterećenja energetske kapaciteta

Table 1. Parameters used in estimation of energy systems load

Br.	Parametri	Oznaka	Mjerna jedinica
1.	Razlika u nadmorskoj visini	altitude changes	m
2.	Pređena udaljenost	s	km
3.	Vrijeme	t	s
4.	Ukupna energetska potrošnja	W	kcal
5.	Brzina hodanja	v	km/h
6.	Frekvencija srca	HR	/min
7.	Dišni volumen	VT	L
8.	Frekvencija disanja	BF	/min
9.	Minutna ventilacija	V'E	L/min
10.	Maksimalni primitak kisika	VO <sub>2max</sub> /	l/min
11.	Relativni primitak kisika	VO <sub>2</sub> /kg	ml/kg/min

\*Parametar koji nije mjereno sa Quark CPET laboratorijskim stacionarnim sustavom

Tablica 2. Parametri koji su praćeni na stazama

Table 2. Parameters observed during the trek

Br.	Parametri	Oznaka	KF1	Jarun	Bikčevićeva	Leustekova
1.	Razlika u nadmorskoj visini	m	-	2	683	652
2.	Pređena udaljenost	s	-	6116	3921	4951
3.	Vrijeme	t	16:30	1:08:00	0:57:00	1:13:00
4.	Ukupna energetska potrošnja	W	233	424	748	937
5.	Postotak bazalnog metabolizma	%	-	20%	35%	44%
6.	Maksimalna brzina hoda	v	16,5	6,4	5,7	6,2
7.	Prosječna brzina hoda	v	9,8	5,5	3,9	4,0
8.	Maksimalna frekvencija srca	HR	201	108	180	170
9.	Postotak od maksimalne frekvencija srca	%	-	54%	90%	85%
10.	Prosječna frekvencija srca	HR/min	160	97	154	150
11.	Postotak prosječne frekvencije srca	%	-	61%	96%	94%
12.	Prosječni dišni volumen	%	3,2	1,5	2,32	2,31
13.	Maksimalna frekvencija disanja	/min	42	29	59	39
14.	Prosječna frekvencija disanja	/min	25	23	33	30
15.	Maksimalna minutna ventilacija	l/min	156,5	46,4	132,1	117,3
16.	Prosječna minutna ventilacija	l/min	84,2	33,1	75,6	69,0
17.	Maksimalni primitak kisika	VO <sub>2max</sub> /l/min	4,3	1,59	3,87	3,1
18.	Postotak maksimalnog primitka kisika	%	-	37%	90%	72%
19.	Relativni primitak kisika	VO <sub>2</sub> /kg	53,9	20	48	39
20.	Postotak relativnog primitka kisika	%	-	37%	89%	72%

Kad je u pitanju vrijeme trajanja pojedinog testiranja najduže traje uspon Leustekovom stazom sa vremenom od 1 sata i 13 minuta. Vrijeme uspona na kontrolnoj iznosi 1 sat i 8 minuta dok najkraće vrijeme ima Bikčevićeva staza sa 57 minuta. Prema navedenim podacima Bikčevićeva staza je zahtjevnija od Leustekove iz razloga znatno strmijeg uspona kojeg definira veći parametar razlike u nadmorskoj

visini (683 m) i znatno manji parametar dužine staze (3921 m). Ova razlika je još značajnija u zadnjem dijelu Bičevićeva staze koja je značajno strmijeg uspona i zahtjevnije vrste podloge od ostalog dijela staze. U prilog ovoj tvrdnji ide i parametar brzine hoda koji je najmanji baš na ovoj stazi, a osobito u njenom zadnjem dijelu (Tablica 2.)

Jedan od najčešćih funkcionalnih pokazatelja opterećenja organizma koji se danas koristi je parametar frekvencije srca. Frekvenciju srca vrlo je lako izmiriti sve preciznijim, dostupnijim i jeftinijim srčanim monitorima. Rezultati pokazuju značajno više vrijednosti frekvencije srca mjerene na Bikčevićovoj stazi. Prema obliku amplituda možemo zaključiti, a već je spomenuto ranije, da planinarenje ovom stazom zahtjeva intenzivniju tjelesnu aktivnost koja je osobiti izražena u zadnjem dijelu. Upravo u tom dijelu izmjerena je maksimalna frekvencija srca na stazi od 180 otkucaja u minuti što predstavlja 90% od ukupne maksimalne frekvencije samog ispitanika. Amplituda trenutne frekvencije Leustekove staze ukazuje da ona ima više položenijih dijelova na kojima opada intenzitet. Vrijednost maksimalne trenutne frekvencije niža je za 5% i iznosi 170 otkucaja u minuti što čini 85% maksimalne dozvoljene frekvencije srca ispitanika. Promatrajući srednju vrijednost razlika se smanjuje u odnosu na Bikčevićevu stazu i iznosi 150 otkucaja (154 otkucaja Bikčevićeva). Još manja je razlika postotka od prosječne frekvencije (96% Bikčevićeva, 94% Leustekova). Parametri ukazuje na značajno višu razinu aktivacije kardiološkog sustava prilikom planinarenja u odnosu na hodanje oko Jaruna, ali i da postoji razlika intenzitet razine tjelesne aktivnosti između planinarskih staza uzrokovane različitom konfiguracijom staza (13, 14).

Za osobe koji paze na unos i energetska potrošnju pritom pazeći na višak kilograma i vitku liniji slijedeći parametri staza biti će jako zanimljivi. Iako su dosadašnji rezultati ovog istraživanja ukazali da Bikčevićeva staza zahtjeva intenzivnije planinarenje i značajnije veću aktivaciju krvožilnog sustava podaci ukupne energetske potrošnje idu u prilog Leustekovoj stazi. Za vrijeme od 1 sat i 13 minuta tijelo ispitanika na njoj potroši energetske zalihe u vrijednosti od 937 kcal, dok na Bikčevićovoj oko 20% manje 748 kcal. Gledano kroz postotke ispitanik će na Leustekovij stazi potrošiti 44% kcal svog bazalnog metabolizma prema 35% kcal na Bikčevićovoj stazi uz manju maksimalnu i srednju frekvenciju srca i intenzitet (11). Istovremeno će 12% više vremena provesti u aktivnosti u prirodi i friškom zraku ili 16 minuta. Za 1 sat i 8 minuta hodanja potrošiti će se 233 kcal što iznosi tek 20% bazalnog metabolizma (Tablica 2.).

Možda i najvažniji razlog odlaska u prirodu i planine možemo naći u čistoći i svježini čistog zraka kojeg nam osiguravaju šume Parka prirode Medvednica udaljene svega 20 minuta vožnje od centra Grada Zagreba. Nažalost današnji moderni gradovi kojima pripada i Grad Zagreb imaju sve lošiju kvalitetu zraka. Zagađenost se vidi u povećanoj razini štetnih plinova dobivenih tehnološkim procesima oko nas. Neki od najznačajnijih plinova su sumporni dioksid, dušikov dioksid, ugljikov monoksid, hlapivi organski spojevi i čestice, koje su uz radioaktivne zagađivače vjerojatno među najštetnijim (Fitting, J. W., 2015). Iz svega navedenog lako je moguće zaključiti koliku važnu ulogu imaju zdrava i prirodna okruženja u kojima čovjek nesmetano diše punim plućima. Time razvija svoje plućne

ventilacijske kapacitete toliko važne za energetska proizvodnju i život (7, 8, 9).

Rezultati istraživanja baziraju se na plućnoj ventilaciji koju opisuju parametrima volumen i frekvencija disanja, minutna ventilacija, maksimalni i relativni primitak kisika. Parametar prosječnog dišnog volumena koji opisuje količinu zraka koji se udahne i izdahne pri respiraciji podjednak je kod obje planinarske staze. Zabilježena je značajno veće maksimalna frekvencija disanja na Bikčevićovoj stazi što je za očekivati jer postoji velika povezanost sa maksimalnom frekvencijom srca. Povezanost se dovodi u direktnu vezu sa viši intenzitetom tjelesne aktivnosti potrebnim za svladavanje znatno strmije staze. Maksimalna frekvencija disanja iznosi 59 u minuti dok je na Leustekovoj stazi značajno niže i iznosi 39 u minuti. Pokazatelj koji govori o zahtjevnosti pojedinog dijela staze. Promatrano kroz prosječne vrijednosti frekvencije disanja i tu Bikčevićeva staza ima više vrijednosti, ali ne toliko izraženije. Bikčevićeva staza ima i značajno višu razinu maksimalne minutne ventilacije koji se jednako veže na zahtjevnost staze kao i maksimalna frekvencija disanja i frekvencija srca. Prosječna minutna ventilacija ponovo je viša na Bikčevićovoj stazi i iznosi 75.6 litara u minuti (Leustekova 69.0 l/min). U ovom parametru razlika je nešto manja od 10% što je itekako vrijedan podatak. Možda i najvažniji parametar koji opisuje ventilacijske kapacitete i aktivaciju plućnih mehanizama je parametar maksimalni primitak kisika ( $VO_{2max}$ ) kojeg koriste vrhunski sportaši u funkcionalnoj dijagnostici treniranosti (5, 7, 10).  $VO_{2max}$  predstavlja maksimalnu količinu kisika koju srce može proslijediti mišićima koji ga upotrebljavaju za proizvodnju energije. Može se izražavati i relativno u odnosu na težinu tijela (ml/kg/min). Ovaj parametar je značajno viši i u apsolutnim vrijednostima kod Bikčevićeve staze i iznosi 3.87 litara u minuti što je 90% maksimalnog rezultata dobivenog testiranje u laboratoriju u kontroliranim uvjetima. Vrijednosti na Leustekovoj stazi iznose 3.1 litru u minuti što je 72% maksimalne vrijednosti. Utjecaj na više vrijednosti imaju svi prethodno navedeni parametri povezani sa karakteristikama staze, a to su prvenstveno frekvencija srca, frekvencija disanja i prosječna minutna ventilacija. I maksimalni relativni primitak kisika očekivano je viših vrijednosti na isto stazi i iznosi 48 mililitara kisika na kilogram tjelesne mase u minuti što iznosi 89% maksimalnog relativnog primitka (3, 7, 14).

## ZAKLJUČAK

Bikčevićeva staza iako znatno kraća svojim intenzitetom i zahtjevnošću značajno više aktivira srčano žilni sustav koji se očituje u višim vrijednostima maksimalne i prosječne srčane frekvencije. Povećani su parametri plućne ventilacije što itekako doprinosu unosu kvalitetnog zraka bez utjecaja štetnih plinova, spojeva i čestica koje možemo pronaći u urbanim sredinama. Time se dobiva dodatna kvaliteta bavljenja tjelesnom aktivnošću u prirodnom i zdravom okruženju. Iako ne aktivira srčano-žilni i venti-

lacijski sustav kao Bikčevićeva staza, Leustekova staza značajno više od kontrolne staze za koju smo odabrali Jarunsku stazu, aktivira sve mjerene parametre. Leustekova staza značajno više od Bikčevićeve staze uključuje energetske mehanizme. Time će potrošiti čak 44% vrijednosti bazalnog metabolizma u odnosu na 35% Bikčevićevu stazu. Istraživanje je pokazalo mogućnosti novog protokol za klasifikaciju planinarskih staza primjenom suvremenih funkcionalno-dijagnostičkih metoda procijene energetske kapaciteta. Ove vrijednosti mogle bi se iskoristiti u planiranju sportsko-rekreativnih aktivnosti te kao vrijedan

podatak kolika je dobrobit konzumiranja prirodnih resursa Parka prirode Medvednica. Nastavkom istraživanja obuhvatilo bi se područje ostalih staza južnog dijela planine kako bi se dobila potpuna slika i energetska procjena kapaciteta planinarskih staza u blizini Grada Zagreba.

## ZAHVALA

Istraživanje je provedeno u sklopu projekta „*Poticanje inovacija u uslugama šumskih ekosustava*“ (SINCERE - *Spurring INnovations for Forest ECosystem SERvices in Europe*) iz EU programa Obzor 2020.

## Literatura

1. Agnew N. Preoperative Cardiopulmonary exercise testing. *Contin Educ Crit Care Pain*. 2010; 10(2):33-7.
2. Anderson, T. Biomechanics and running economy. *Sports Med*. 1996; 22, 2, 76-89.
3. Armon Y, Cooper DM, Flores R, Zanconato S, Barstow TJ. Oxygen uptake dynamics during high intensity exercise in children and adults. *J Appl Physiol*. 1991; 70, 841-848.
4. Atkinson G, Davison RCR, Nevill AM. Performance characteristics of gas analysis systems: What we know and what we need to know. *Int J Sports Med*. 2005; 26(S1):S2-S10.
5. Borrani F, Candau R, Millet GY, Perrey S, Fuchslocher J, Rouillon JD. Is the VO<sub>2</sub> slow component dependent on progressive recruitment of fast-twitch fibers in trained runners? *J Appl Physiol*. 2001; 90(6):2212-20.
6. Classification and Grading for Recreational Trails (2008) National Trails Office, Irish Sports Council, Top Floor, Block A, Westend Office Park, Blanchardstown, Dublin 15, preuzeto 12.11.2019. sa [https://www.irishtrails.ie/Sport\\_Ireland\\_Trails/Publications/Trail\\_Development/Classification\\_Grading\\_of\\_Recreational\\_Trails.pdf](https://www.irishtrails.ie/Sport_Ireland_Trails/Publications/Trail_Development/Classification_Grading_of_Recreational_Trails.pdf)
7. Draper SB, Wood DM. The oxygen uptake response of sprint- vs. endurance-trained runners to severe intensity running. *J Sci Med Sport*. 2005; 8(2):233-43.
8. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 30 (1): 1-15.
9. Fitting JW. From Breathing to Respiration. *Respiration* 2015; 89:82-7.
10. Nummela A, Hamalainen I, Rusko H. Comparison of maximal anaerobic running tests on treadmill and track. *J Sports Sci*. 2007; 25(1): 87-96.
11. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med* 2004; 34(7):465-85.
12. Walsh ML, Banister EW. Possible mechanisms of the anaerobic threshold. A review. *Sports Med*. 1988; 5: 269-302.
13. Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol*. 1964; 14:844-52.
14. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. *Human Kinetics*, 2004.