

# Usporedba metaboličkih parametara te parametara za procjenu snage i brzine u laboratorijskim i terenskim mjerenjima u cestovnom biciklizmu

---

**Pozaić, Viktorio**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:536353>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-28**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET  
(studij za stjecanje visoke stručne spreme  
i stručnog naziva "magistar kineziologije")

Viktorio Pozaić

USPOREDBA METABOLIČKIH PARAMETRA  
TE PARAMETRA ZA PROCJENU SNAGE I  
BRZINE U LABORATORIJSKIM I TERENSKIM  
MJERENJIMA U CESTOVNOM BICIKLIZMU

(Diplomski rad)

MENTOR:

Doc.dr.sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, rujan 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET  
(studij za stjecanje visoke stručne spreme  
i stručnog naziva "magistar kineziologije")

Viktorio Pozaić

USPOREDBA METABOLIČKIH PARAMETRA  
TE PARAMETRA ZA PROCJENU SNAGE I  
BRZINE U LABORATORIJSKIM I TERENSKIM  
MJERENJIMA U CESTOVNOM BICIKLIZMU

(Diplomski rad)

MENTOR:

Doc.dr.sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, rujan 2017.

## SAŽETAK

# USPOREDBA METABOLIČKIH PARAMETARA TE PARAMETARA ZA PROCIJENU SNAGE I BRZINE U LABORATORIJSKIM I TERENSKIM MJERENJIMA U CESTOVNOM BICIKLIZMU

U ovom radu uspoređeni su metabolički parametri te parametri za procjenu snage i brzine u progresivnom testu opterećenja na biciklrgometru (BKF1), progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i test trci na vrijeme na pisti na dionici od 2000 metara (SP2KM) a istraživanje je provedeno na 10 biciklista (2 žene i 8 muškaraca) koji se natječu na nacionalnoj i međunarodnoj razini (DOB 20,80 ±5,90 god, VISINA 177,86 ±9,59 cm, TEŽINA 66,90 ±8,25 kg).

Analizom vrijednosti frekvencije srca (FS) ustanovljeno je da se vrijednosti FS<sub>max</sub> ostvarene u testovima statistički značajno ne razlikuju (BKF1, 190,70±12,96 otk/min; PT2KM, 189,60±12,23 otk/min; SP2KM, 189,60±12,26 otk/min, p>0.05), dok se vrijednosti postignute FS<sub>anp</sub> ostvarene u testovima BKF1 i PT2KM statistički značajno razlikuju (BKF1, 176,30±11,21 otk/min; PT2KM, 149,10±7,27 otk/min). Istovremeno vrijednosti postignute FS<sub>anp</sub> ostvarene u testu BKF1 i SP2KM (BKF1, 176,30±11,21 otk/min; SP2KM, 181,00±9,91 otk/min) se statistički značajno ne razlikuju p>0,05.

Analizom vrijednosti postignute snage (P) u ova tri testa ustanovljeno je da se niti vrijednosti P<sub>max</sub> ostvarene u testovima statistički značajno ne razlikuju (BKF1, 368,00±75,09 W; PT2KM, 376,00±72,29 W; SP2KM, 390±75,12 W), ali se vrijednosti P<sub>anp</sub> statistički značajno razlikuju (BKF1, 286,00±74,11 W; SP2KM, 376,00±72,29 W).

Utvrđena je vrlo visoka korelacija P<sub>avg</sub> između SP2KM i BKF1 (r=0,92; p<0,01), te vrlo visoka korelacija u parametru P<sub>max</sub> između SP2KM i BKF1 (r=0,93; p<0,01), SP2KM i PT2KM (r=0,99; p<0,01).

Ustanovljena je značajna razlika u vrijednosti maksimalne postignute brzine (v<sub>max</sub>) (SP2KM, 44,40±5,10 km/h; PT2KM, 40,60±3,10 km/h; p<0,05). Utvrđena je vrlo visoka korelacija prosječne postignute brzine između test trke na 2000 metara na pisti i maksimalne postignute brzine u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (r=0,84; p<0,01).

Na temelju rezultata istraživanja zaključujemo da su sva tri testa primjenjiva što se tiče maksimalnih postignutih vrijednosti. Protokol BKF1 i PT2KM visoko su korelirani sa vrijednostima na test trci na 2000 metara na pisti. Analizom vrijednosti frekvencije srca pri anaerobnom pragu zaključujemo da je anaerobni prag sa svojim vrijednostima u testu BKF1 bliži prosječnoj frekvenciji srca u testu SP2KM. Parametri izmjereni protokolima BKF1 i PT2KM imaju visoku prediktivnu moć sa dostignućem na test trci na 2000 metara na pisti. Na temelju rezultata istraživanja zaključujemo da je točka defleksija pouzdanija metoda za određivanje anaerobnog praga u protokolu BKF1 od koncentracija laktata u krvi od 4 mmol/L u protokolu PT2KM. Ispitanici koji su postigli bolje vrijednosti u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na biciklergometru i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu moći će držati veću prosječnu snagu (W) u test trci na 2000 metara na pisti. Također zaključujemo da veća postignuta snaga pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na biciklergometru i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu prognozira nam bolji doseg na navedenim testovima. Temeljem rezultata istraživanja zaključujemo da ispitanici koji ostvaruju veću snagu i brzinu pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na biciklergometru i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu, odnosno ispitanici koji imaju bolji anaerobni prag u navedenim testovima ostvarit će kraće vrijeme u test trci na 2000 metara.

Ključne riječi: frekvencija srca, snaga, anaerobni prag, brzina, laktat

## **ABSTRACT**

### **COMPARISON OF METABOLIC PARAMETERS AND PARAMETERS FOR POWER AND SPEED IN LABORATORY AND TERRITORIAL CONDITIONS IN ROAD CYCLING**

Cycling is a sport in which the diagnosis of the condition of athlete's functional abilities occupies a very important place in planning and programming the training. The aim of this paper is to determine whether there is a statistically significant difference between metabolic parameters and parameters for power and velocity estimation in the progressive bicycle test load, progressive discontinuous field test on a road bike, and run time test at 2000 m.

The sample of participants in this test consisted of two women and eight male cyclists competing nationally and internationally (AGE  $20,80 \pm 5,90$  years, HEIGHT  $177,86 \pm 9,59$  cm, WEIGHT  $66,90 \pm 8.25$  kg).

The heart rate analysis of these three tests gave the following results : the maximum FSmax heart rate values obtained in the tests are statistically not significantly different (BKF1,  $190.70 \pm 12.96$  bpm; PT2KM,  $189.60 \pm 12.23$  bpm; SP2KM,  $189.60 \pm 12.26$  bpm,  $p > 0.05$ ), this meaning that each of the tests is valid and reliable because the respondent is being lead to his extreme endurance limits. Values of achieved heart rate at anaerobic thresholds in BKF1 and PT2KM are statistically significantly different (BKF1:  $176.30 \pm 11.21$  bpm; PT2KM,  $149.10 \pm 7.27$  bpm). At the same time, the values obtained at the anaerobic threshold heart rate achieved in the BKF1 test and the average heart rate value in the test run (BKF1,  $176.30 \pm 11.21$  bpm; SP2KM,  $181.00 \pm 9.91$  bpm) do not differ from  $p > 0.05$  statistically significantly.

By analysing the achieved power values in these three tests the following was established: the values of the maximum achieved Pmax power obtained in the tests are statistically not significantly different (BKF1,  $368.00 \pm 75.09$  W; PT2KM,  $376.00 \pm 72.29$  W; SP2KM,  $390 \pm 75.12$  W). The results of anaerobic threshold values obtained in BKF1 and SP2KM tests differ significantly (BKF1,  $286.00 \pm 74.11$  W; SP2KM,  $376.00 \pm 72.29$  W). A very high correlation was determined between the average strength achieved at the 2000m test run and the progressive continuous load test on the treadmill which is  $r = 0.92$ ;  $p < 0.01$ . Based on the results of the research, a very high correlation was found in the

parameter of the maximal achievement of run-time power at 2000 meters per track and in the progressive continuous load test on bicycler (BKF1)  $r = 0.93$ ;  $p < 0.01$ , and in progressive discontinuous test on road bicycle (PT2KM)  $r = 0.99$ ;  $p < 0.01$ .

By analysing the achieved power values in these three tests the following was established : the values of the maximum achieved velocity in the SP2KM and PT2KM test statistically differ significantly (SP2KM,  $44.40 \pm 5.10$  km/h; PT2KM,  $40.60 \pm 3.10$  km/h ). A very high correlation was found between the average speed achieved in the 2000m runway test run (SP2KM) and the maximum achieved speed in the progressive discontinuous field test on a road bike (PT2KM) of  $r = 0.84$ ;  $p < 0.01$ .

Based on the results of the research, we may conclude that all three tests are applicable as regards maximum values achieved. The BKF1 and PT2KM protocols are highly correlated with the test run values at 2000 meters per runway. By analyzing the heart rate values at an anaerobic threshold we may conclude that the anaerobic threshold with its values in the BKF1 test is closer to the average heart rate in the SP2KM test. Parameters measured by the BKF1 and PT2KM protocols have a high predictive power with a 2000m test run at the runway. Based on the results of the research, we conclude that the deflection point is a more reliable method for determining the anaerobic threshold in BKF1 protocols from the 4 mMOL / L lactate concentration in the PT2KM protocol. Respondents who have achieved better values in the progressive continuous load test on the ergometer bike and progressive discontinuous field test will be able to hold a greater average power (W) in the test run at 2000 meters per runway. We may also conclude that higher achievement at an anaerobic threshold in a progressive continuous load test on the ergometer bike and a progressive discontinuous field test on a road bicycle predicts a better reach on the tests. Based on the results of the research, we conclude that the respondents who exercise greater power and speed at the anaerobic threshold in the progressive continuous load test on the ergometer bike and the progressive discontinuous field test on the road bicycle, i.e. those with a better anaerobic threshold in said tests will achieve a shorter time in the 2000 m test run.

Keywords: heart rate, power, anaerobic treshold, speed, lactates

## Sadržaj

1.UVOD.....	1
1.1.Cestovni biciklizam .....	2
1.2. Energetski kapaciteti .....	4
1.3. Testovi za procjenu energetskih kapaciteta .....	5
1.4. Aerobni i anaerobni prag .....	7
2.PROBLEM ISTRAŽIVANJA .....	9
3.CILJ RADA .....	10
4.DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA .....	11
5.METODE ISTRAŽIVANJA.....	14
5.1.Uzorak ispitanika .....	14
5.2. Uzorak varijabli.....	14
5.2.1. Morfološke varijable .....	15
5.2.2. Mjere metaboličkih parametra .....	15
5.2.3. Mjere subjektivne procijene opterećenja .....	18
5.2.4. Mjere za procjenu snage i brzine .....	19
5.3. Testovi opterećenja na biciklu.....	19
5.3.1. Progresivni kontinuirani test opterećenja na bicikl ergometru .....	20
5.3.2. Progresivni diskontinuirani terenski test na cestovnom biciklu .....	20
5.3.3. Test trka na 2000 metara na pisti .....	21
5.4. Određivanje anaerobnog praga .....	22
5.5. Mjerna oprema .....	23
6.REZULTATI .....	25
6.1.Deskriptivna analiza .....	26
6.2.Analiza veza između parametra za procjenu snage i brzine .....	39
7. ZAKLJUČAK.....	63
8. LITERATURA:.....	65



## 1. UVOD

Bicikl kao cestovno vozilo s dva kotača ima svoju dugu povijest. Po prvi puta se pojavljuje u 19. stoljeću. Tadašnji izgled i konstrukcija bicikla bitno se razlikuju od današnjeg suvremenog bicikla. Osoba koja se spominje kao prvi vozač bicikla bio je njemački barun Karl von Daris, koji je 1817. godine konstruirao bicikl na guranje koji je nazvao *draisine*. Između 1850. i 1860. godine Francuz Ernest Michaux sa svojim učenikom Pierre Lallementom konstruirao je bicikl s pedalama. Prvi biciklistički klub te prve biciklističke trke održavale su se u gradu Parizu. Tako je 1869. godine održana prva cestovna biciklistička utrka od Pariza do Rouena u dužini od 123 kilometara, a prvi kroz cilj je prošao za 11 sati (Kresonja, 2009, str. 9–11).

Biciklisti u većini slučajeva za pripremanje za natjecanja koriste tri načina treninga. Prvi način treninga je utrkivanjem do kondicije, drugi način je uvijek u formi dok treći način treninga je periodizacija. Prvi način treninga koji nazivamo utrkivanjem do kondicije sastoji se od dva koraka. Prvi korak se odnosi na veliki broj prijeđenih kilometara na biciklu koji iznosi do 1500 kilometara, dok u drugom koraku se nastoji doći na vrlo visoku razinu sportske forme odlasima gotovo svakog vikenda na biciklističke utrke. Drugi način treninga uvijek u formi se odnosi na krajeve s toplijom klimom gdje biciklisti nastoje ostati u formi tijekom cijele sezone. To može biciklistima predstavljati negativnu stranu jer ako neprestrano se natječu i žele zadržati visoku razinu sportske forme može doći do pretreniranosti. Treći način treninga je periodizacija. Periodizacija je sustav koji koriste velik broj biciklista. Periodizacija zahtjeva dugoročno planiranje te nije lagan zadatak. Karakteristika periodizacije je raspoređivanje treninga unutar nekog određenog vremenskog perioda kako bi natjecateljsku formu doveli u vrijeme najvažnih biciklističkih natjecanja do samoga vrhunca i time smanjili mogućnost za nastanak pretreniranosti (Friel, 1997, str. 95–97).

Parametri poput frekvencije srca pri anaerobnom pragu, maksimalne frekvencije srca, koncentracije laktata pri anaerobnom pragu te maksimalne koncentracije laktata neizostavni su parametri koji bi svaki test trebao pružiti kako bi kvalitetno planirali i programirali trening (Vučetić i sur., 2013).

## 1.1. Cestovni biciklizam

Cestovne biciklističke utrke u pravilu odvijaju se po svim vremenskim uvjetima. Iznimno suci imaju dopuštenje cestovnu biciklističku utrku skratiti ili otkazati ukoliko je situacija opasna te ugrožava odnosno dovodi u opasnost sigurnost biciklista: olujno nevrijeme s grmljavinom ili tučom, obilnije oborine snijega, vrlo velika magla koja smanjuje vidljivost. Biciklističke utrke dijele se na: etapne utrke, klasične cestovne utrke, kronometar i kriterijske utrke. Natjecanja u cestovnom biciklizmu odvijaju se na cesti na točno definiranoj i određenoj trasi ili na kružnoj stazi gdje starta i završava utrka na istom mjestu. Cestovne biciklističke utrke traju do 260km za bicikliste elite kategorije, do 180km za mlade seniore i do 120km za juniore. Iznimno u cestovnom biciklizmu postoje i dulje biciklističke utrke, uz odobrenje nadležne biciklističke federacije te se u tom slučaju radi o svjetskim ili europskim prvenstvima ili tradicionalnim biciklističkim utrkama. Pobjednik u ovakvim tipovima utrke je onaj biciklista koji prvi prođe kroz cilj. Kriterij je tip biciklističke utrke koji se odvija na kružnoj stazi koja po pravilima ne smije biti dulja od 5km. Natjecanja se najčešće odvijaju po gradskim ulicama ili nekim drugim manje prometniji gradskim mjestima. Kriterijske utrke se voze ili na vrijeme ili na određeni broj krugova. Ako se vozi na vrijeme onda je određeno da se vozi, na primjer 40 minuta + 1 krug. Za vrijeme ulaska biciklista u zadnji krug sudac signalizira zvonom. Ukoliko grupa vodećih biciklista ulovi neku grupu vozača za cijeli krug, vodeća grupa biciklista ima pravo voziti u grupi te im se računa krug prednosti. Kronometar je tip cestovne biciklističke utrke koji se dijeli na pojedinačni ili ekipni kronometar. Na kronometru biciklisti startaju u određenim vremenskim razmacima, najčešće se radi o vremenskom razmaku od 1 minute te im se mjeri vrijeme u kojem prođu stazu. Pobjednik ekipnog ili pojedinačnog kronometra je onaj biciklist ili grupa biciklista ukoliko se radi o ekipnom kronometru, koji prođu stazu u najkraćem vremenskom periodu. U disciplini kronometar vožnja u zavjetrini nije dopuštena te se kažnjava diskvalifikacijom. Natjecanja u ekipnom kronometru se odvijaju na način da svi biciklisti iz određenog tima startaju zajedno te u tom slučaju biciklisti mogu koristiti zavjetrinu svojih vozača u timu ali ne smiju koristiti zavjetrinu od biciklista iz drugih timova. U ekipnom kronometru mjeri se vrijeme trećeg vozača koji prođe kroz cilj ukoliko ekipa u timu broji od 3 do 6 biciklista. Vrijeme petog vozača se mjeri koji prođe kroz cilj ukoliko ekipa u timu broji od 8 do 9 biciklista. Etapna biciklistička utrka je višednevna utrka koja se u većini slučajeva sastoji od klasičnih cestovnih biciklističkih utrka, a može sadržavati i nekoliko ekipnih ili individualnih kronometara kao i kriterijskih utrka. Vremena ostvarena u svim pojedinačnim utrkama se zbrajaju i pobjednik je

onaj biciklista koji ostvari najmanje ukupno vrijeme na kraju svih etapa odnosno biciklističkih utrka. Etapne utrke mogu trajati od nekoliko dana pa sve do tri tjedna kao što su Grand Tour utrke. U Grand Tour utrke spadaju Giro d Italia, Tour de France i Vuelta a Spana. Kroz tri tjedna te utrke uključuju prolazak kroz planinske predjele Alpa, Domomita, nekoliko kronometara uz samo dva dana odmora između etapa. Te tri Grand Tour utrke tradicionalno završavaju u Parizu, Milanu i Madridu. Za pobjedu na ovakvoj utrci potrebno se više faktora. Jedan od ključnih faktora je fizička pripremljenost uz koju je potrebna velika mentalna snaga, sportska sreća, sposobnost oporavka te jako dobar tim koji radi za kapetana momčadi. Na etapnim utrkama se osim konačnog pobjednika po vremenu obično odvijaju i natjecanja za najboljeg sprintera, penjača, za najboljeg mladog vozača te za najbolju ekipu (Kresonja, 2011, str. 11-12).

Prosječna postignuta snaga ( $W$ ) u vožnji na kronometar na Tour de Francu koji je obično dužine od 40. do 60. kilometara u vrhunskih kronometraša iznosi iznad 400 watta (Padilla i sur., 2000). Antropometrijske karakteristike u cestovnom biciklizmu se značajno razlikuju kod vozača koji su brdaši te kod vozača koji su sprinteri. Sprinteri su u većini slučajeva veći i teži (180–185 cm, 70–75 kg, BMI-22), dok su brdaši manji i lakši (175–180 cm, 60–66 kg, BMI 19–20) (Padilla i sur., 1999; Lucia i sur., 2001).

## 1.2. Energetski kapaciteti

Osnovni izvor energije za vrijeme tjelesne aktivnosti odnosno za mišićnu kontrakciju je adenzin-trifosfat. Adenzin-trifosfat mišićne stanice stvaraju na tri različita načina. Prvi način je trenutni put – ATP-KP sistem, drugi je prijelazni put, gdje se energija dobiva procesom anaerobne glikolize dok posljednji je dugotrajni put, gdje se energija za rad dobiva oksidacijskim procesima. Prva proces koji nazivamo trenutni put dobivanja energije te drugi proces kojeg nazivamo prijelazni put dobivanja energije su anaerobna jer ne zahtijevaju prisutnost kisika u stanici. Anaerobna i aerobna opskrba energijom u čovjeka međusobno se kombiniraju. Pri maksimalnom opterećenjima za vrijeme tjelesne aktivnosti 80% energije se dobiva iz anaerobnih izvora, a krajem prve minute 70% energije daju anaerobni izvori dok 30% energije daju aerobni izvori, a u drugoj minuti odnos je izjednačen te 50% energije daju i anaerobni i aerobni izvori energije. Vježbajući maksimalnim intenzitetom tijekom tjelesne aktivnosti te količine kisika koju potrošimo tijekom te aktivnosti, definiramo aerobne funkcionalne sposobnosti organizma. Najveća količina kisika koju organizam može potrošiti u jednoj minuti naziva se maksimalni primitak kisika ( $VO_{2max}$ ). Veći maksimalni primitak kisika po kilogramu tjelesne mase će imati sportaši iz tipično aerobnih sportova. Ograničavajući čimbenici aerobnih sposobnosti su kemijska sposobnost mišićnih stanica da upotrebljavaju kisik u proizvodnji energije i sposobnost srčano-žilnog i dišnog sustava da taj kisik dopremaju do mišića. Anaerobni energetski sustavi izazivaju snažan strukturalni, živčani i biokemijski odgovor organizma. Vrlo visok intenzitet same sportske aktivnosti i njeno kratko trajanje karakteristično je za anaerobne sportove (Matković i Ružić, 2009, str. 41 - 42).

### 1.3. Testovi za procjenu energetske kapaciteta

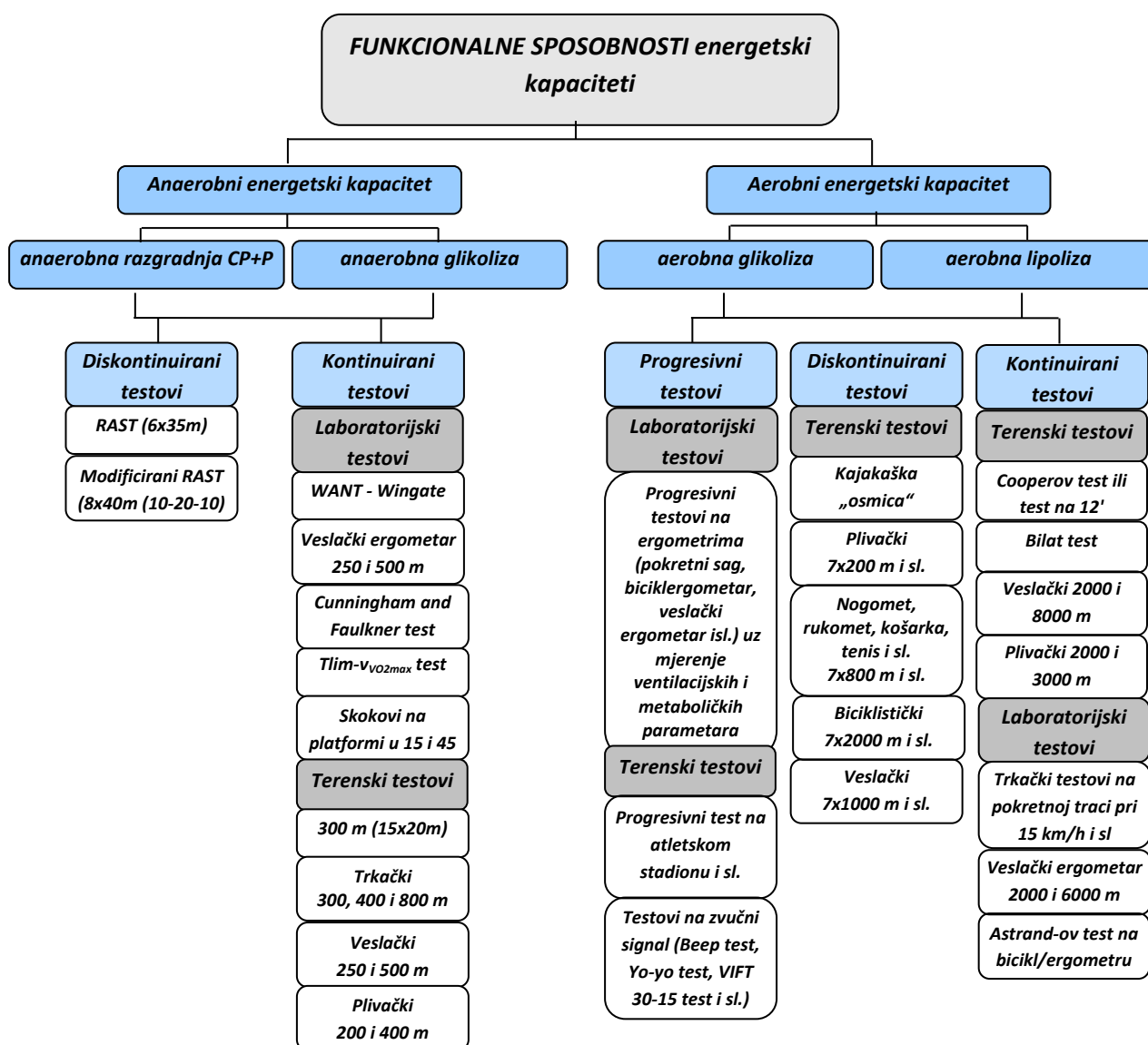
Sportska dijagnostika podrazumijeva utvrđivanje razine sposobnosti, trenutnog stanja treniranosti sportaša i osobina koje imaju vrlo veliki značaj za uspjeh u pojedinom sportu. Sportska dijagnostika tijekom određenog trenažnog procesa provodi se kao prvo početno odnosno inicijalno mjerenje, drugo prijelazno odnosno tranzitivno mjerenje i posljednje finalno mjerenje s ciljem da se utvrdi trenutno stanje sportaševe sportske forme ili jednostavno da se kontrolira stanje sportaševe kondicijske pripremljenosti tijekom određenog perioda. Sposobnosti srčano-žilnog i dišnog sustava mogu se vrlo kvalitetno vrednovati i procijeniti dijagnostikom funkcionalnih sposobnosti (Vučetić, 2007).

Kod profesionalnih biciklista vrijednosti u spiro-ergometrijskom progresivnom testu opterećenja na biciklergometru iznose za maksimalni primitak kisika ( $VO_{2max}$ ) iznad 75 ml/kg/min i za maksimalnu ostvarenu snagu ( $W_{max}$ ) iznad 500 W (Lucia i sur., 2001).

Testove za provedbu dijagnostike energetske kapaciteta u praksi dijelimo na: s obzirom na mjesto testiranja, vrstu testa, vrstu opterećenja te način izvedbe. Testovi s obzirom na mjesto testiranja se mogu podijeliti na laboratorijske i terenske testove. Testove s obzirom na vrstu testa dijelimo na specifične i nespecifične. Podijela testova s obzirom na vrstu opterećenja: testove fiksnog i progresivnog opterećenja, a testove s obzirom na način izvedbe na kontinuirane i diskontinuirane. Kontinuirani testovi su vrsta testa u kojima nema prekida između pojedinog stupnja opterećenja, dok diskontinuirani testovi su karakteristični sa prekidima između pojedinih stupnjeva opterećenja (Vučetić, 2009).

Izbor kvalitetnog protokola za procjenu energetske kapaciteta sportaša izuzetno je zahtjevna i važna odluka. Najvažnije informacije koje bi izabrani protokol trebao procijeniti su parametri intenziteta opterećenja, subjektivnog osjećaja opterećenja i koncentracije laktata u krvi pri vršnim vrijednostima te frekvencije srca i koncentracije laktata pri aerobnom i anaerobnom pragu. Temeljem tih parametara trener je u mogućnosti procijeniti razinu kondicijske pripremljenosti sportaša kojeg je testirao, definirati individualne zone treniranosti sportaša koje sportašu a i treneru služe za doziranje opterećenja, definirati ciljeve treninga te izraditi plan i program treninga za određeno razdoblje (Vučetić i sur., 2013).

Slika 1. Testovi za procjenu energetske kapaciteta (Vučetić, 2009)



## 1.4. Aerobni i anaerobni prag

Prvi prag se naziva aerobni prag ili ga možemo nazvati laktatni ili prvi ventilacijski prag, dok se drugi prag naziva u većini slučajeva anaerobni, odnosno drugi ventilacijski prag ili *MLSS* (maksimalno laktatno stabilno stanje)(Barstow, i sur., 1993).

Rezultatom istraživanja utvrđeno je kako nije moguće precizno kod svakog sportaša odrediti anaerobni prag na 4 mmol/l (Stegmann i sur. 1981).

Anaerobni prag ima svoju primjenu u kliničkoj medicini s ciljem pronalaska različitih vrsta poremećaja krvožilnog sustava (Wassermann i McIlroy, 1964). U sportskom treningu anaerobni prag ima veliki značaj te se koristi za programiranje intenziteta vježbanja s ciljem razvoja aerobne izdržljivosti (Whipp i Ward, 1980).

<b>Zone treniranosti</b>	<b>FS (o/min)</b>	<b>%FS<sub>anp</sub> (%)</b>	<b>%FS<sub>peak</sub> (%)</b>	<b>v (km/h)</b>
--------------------------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------

Tablica 1. Prikaz zona intenziteta (Vučetić i sur., 2013)

<b>Zona oporavka</b>	<120	<65	< 60	< 8.0
<b>Ek. aero. zona 1 i 2</b>	120 – 150	65 – 80	60 – 75	8.0 – 11.0
<b>In. aero. zona 1</b>	150 – 170	80 - 90	75 - 85	11.0 – 14.0
<b>In. aero. zona 2</b>	170 - 185	90 - 100	85 - 90	14.0 – 15.5
<b>VO2max zona</b>	> 185	> 100	> 90	> 15.5

Najčešće u praksi postoji više načina i podjela zona intenziteta, jedna od najčešće korištenih podjela je podjela na pet zona intenziteta opterećenja. U tablici 1. prva zona je zona oporavka (regeneracije) i nalazi se prije aerobnog praga (na oko 2 mmol/l) i čisto je aerobna zona - aerobni metabolizam. Druga i treća zona definirane su kao aerobno ekstenzivna (EA1 i EA2) i aerobno intenzivna (IA1 i IA2) zona. To su zone zahtjevnijeg intenziteta a nalaze se između aerobnog i anaerobnog praga a često se nazivaju i aerobno-anaerobna zona i odgovara rasponu intenziteta u kojima se energija za mišićni rad oslobađa istovremeno iz aerobnog i anaerobnog metabolizma. Četvrta zona je zona vrlo zahtjevnog intenziteta a nalazi se iznad anaerobnog praga (približno oko 4 mmol/l), u toj zoni dominira anaerobni metabolizam. Peta i posljednja zona je VO2max zona u kojoj se frekvencija srca penje značajno iznad intenziteta anaerobnog praga. Zone intenziteta se određuju na temelju točno i precizno izmjerenih i određenih anaerobnih pragova (Vučetić i sur., 2013).



## **2. PROBLEM ISTRAŽIVANJA**

U vrhunskom sportu danas funkcionalna dijagnostika ima vrlo veliki značaj. Provodi se sve veći broj mjerenja i istraživanja funkcionalnih sposobnosti. Fiziološke i biokemijske reakcije tijekom natjecateljske ili trenažne aktivnosti mogu se precizno dobiti jedino mjerenjem funkcionalnih sposobnosti. Sve bolji i precizniji uvid u pojedine fiziološke i biokemijske reakcije sportaševa organizma omogućava nam napredak sportske tehnologije (Milanović, D. 2009, str. 94).

Mali broj istraživanja je posvećen usporedbi metaboličkih parametra te parametra za procjenu snage i brzine u laboratorijskim i terenskim uvjetima u cestovnom biciklizmu te samim time glavni problem ovoga rada je analiza, usporedba i utvrđivanje relacija metaboličkih parametra te parametra za procjenu snage i brzine u progresivnom testu opterećenja na biciklrgometru, progresivnom diskontinuiranom laktatnom testu provedenom u terenskim uvjetima i test vožnji na vrijeme na dionici od 2000 metara.

### **3. CILJ RADA**

Cilj ovoga rada je utvrditi relacije između metaboličkih parametra te parametra za procjenu snage i brzine izmjerenih u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na biciklergometru, progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu i test trci na 2000 m na pisti.

#### 4. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Manji broj istraživanja je posvećen usporedbi metaboličkih parametara te parametara za procjenu snage i brzine u laboratorijskim i terenskim mjerenjima.

Balmer J. i sur. (2000) u svojem radu uspoređuju rezultate istraživanja u kojem su ispitanici bili podijeljeni u dvije grupe. Prva grupa je tri puta nastojala postići maksimalnu snagu u maksimalnom aerobnom testu (MAP). Druga grupa ispitanika izvodila je samo jedanput maksimalni aerobni test (MAP) te su nakon toga vozili kronometar u dužini od 16,1km koji su nastojali proći u što kraćem vremenu. Uzorak prve grupe se sastojao od 9 ispitanika dok uzorak druge grupe se je sastojao od 16 ispitanika prosječne dobi  $32 \pm 5$ , visine  $1,79 \pm 0,04$  m te tjelesne težine  $71.1 \pm 4,7$  kg. U rezultatima prve grupe nije utvrđena statistički značajna razlika u maksimalnoj postignutoj snazi između tri ista ponavljana testa do otkaz. Srednji koeficijent varijacije za bicikliste je bio (95%CI 5 0.97–2.03). U drugoj grupi ispitanika utvrđena je vrlo visoka korelacija između maksimalne postignute snage u maksimalnom aerobnom testu (MAP) te prosječne postignute snage u kronometru na dionici od 16,1km te ona iznosi  $r=0,99$ . U ovom istraživanju nije utvrđena statistički značajna povezanost druge grupe ispitanika između maksimalne postignute snage u maksimalnom aerobnom testu (MAP) i vremenu ostvarenom na kronometru te ona iznosi  $r=0,46$ .

Ahrend Marc i sur. (2016) uspoređuju laboratorijske parametre u biciklističkim testovima za brdske bicikliste sa terenskom simulacijskom utrkom. Uzorak ispitanika čini 10 brdskih biciklista koji su aktivni natjecatelji (Dob:  $34 \pm 8,7$  god,  $VO_{2peak}$ :  $69 \pm 11,1$  ml/min/kg). Svi ispitanici testirani su putem tri testa. Prvi test je bio kontinuirani test na biciklergometru pomoću kojih su odredili anaerobni prag za svakog ispitanika i maksimalni primitak kisika ( $VO_{2peak}$ ). Drugi test je bio izometrički test snage. Treći test se sastojao od intervala rada  $4 \times 10$  sekundi,  $2 \times 1$  minutu i  $1 \times 5$  minuta sa intervalom odmora od 1 minute. Četvrti test je bila simulacijska utrka na terenu. Rezultati istraživanja su pokazala dobru povezanost između maksimalne postignute snage i  $VO_{2peak}$  u laboratorijskom testu do otkaza i simulacijske trke u terenskim uvjetima koja iznosi za snagu  $r=0,70$  i  $VO_{2peak}$   $r=0,85$ . U testu je također dokazana dobra povezanost između dva laboratorijskih testova do otkaza u trajanju od 1 minute koja iznosi  $r=0,69$ . Niska korelacija je dokazana između testa od 10 sekundi i simulacijske utrka koja iznosi  $r=0,20$ .

Coso JD i Mora Rodriguez R. (2006) provode istraživanje u svrhu validacije vršne snage (PPO) kod kratkog biciklističkog sprinta (IL test). IL test je uspoređivan sa Wingate anaerobnim testom (WAnT). Uzorak ispitanika se je sastojao od 15 mladih aktivnih osoba koji su odradili dva eksperimenta. Nakon oporavka (tj. Kratke pauze), vozili su biciklergometar 30 sekundi maksimalnim intenzitetom za WAnT test. U svrhu testiranja pouzdanosti, eksperiment je ponovljen tri dana kasnije. IL test je pokazao izuzetno visoku pouzdanost. Korelacija između IL i WAnT testova bila je vrlo visoka te iznosi  $r=0,82$  iako su apsolutne vrijednosti PPO-a bile značajno više za IL test ( $1268 \pm 41$  W vs  $786 \pm 27$  W;  $p < 0,001$ ). Prikazano je kako se PPO može pouzdano evaluirati pomoću IL testa. Vise PPO vrijednosti u IL testu mogu se pripisati boljoj identifikaciji vršne snage, budući da brzina i otpor slobodno variraju tijekom sprinta u usporedbi sa WAnT, gdje je otpor fiksiran. IL test je optimalan za ponovljena mjerenja anaerobne izvedbe s obzirom na kratko trajanje (4 sekunde) i visoku pouzdanost.

Hawley John A. i Noakes Timothy D. (1992) provode istraživanje u kojem je prvi cilj utvrditi povezanost između maksimalne postignute snage ( $W_{peak}$ ) i maksimalnog primitka kisika ( $VO_{2max}$ ), dok drugi cilj istraživanja je bilo utvrditi povezanost između maksimalne postignute snage ( $W_{peak}$ ) u laboratorijskom testu do otkaza i vremena ostvarenog na

biciklističkom testu u dužini od 20 kilometara. U prvoj grupi istraživanja sudjelovalo je 100 biciklista i triatlonaca (muška grupa dobi:  $29,4 \pm 5,6$  god; visine  $1,73 \pm 0,12$ m i težine:  $72,3 \pm 12,2$  kg, dok je ženska grupa bila prosječne dobi:  $32,2 \pm 6,8$  god, visine:  $1,65 \pm 0,07$  m i težine  $56,2 \pm 8,8$  kg. Rezultati istraživanja ukazuju na vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute snage ( $W_{peak}$ ) i maksimalnog primitka kisika ( $VO_{2max}$ ) koja iznosi  $r=0,97$ . Također dokazana je vrlo visoka korelacija između maksimalne postignute snage ( $W_{peak}$ ) i vremena postignutog na dionici od 20 kilometara koja iznosi  $r=0,91$ .

Weinstein Yitzhak i sur., (1998) provode istraživanje s ciljem utvrđivanja povezanosti između vršne vrijednosti koncentracije laktata, frekvencije srca te volumena plazme tijekom Wingate testa. Uzorak ispitanika se sastoji od 21 osobe (15 muškaraca, 14 žena) prosječne dobi:  $23,3 \pm 7,0$  god, težine:  $62,5 \pm 12,0$  kg, te visine:  $170,8 \pm 9,7$  cm i  $16,3 \pm 6,2\%$  potkožnog masnog tkiva. Ispitanici su dva puta za redom provodili Wingate test u periodom odmora od sedam dana. Srednja vrijednost postignute snage u testu 1 i testu 2 iznosi  $8,4 \pm 0,2$  i  $8,3 \pm 0,2$  W/kg tjelesne težine, što je bilo za očekivati u testu. Vršna vrijednost maksimalne koncentracije laktata koja je mjerena nakon 5 minuta od završetka testa u 1 i 2 testu se ne razlikuje ( $9,7 \pm 0,3$  i  $9,8 \pm 0,3$  mmol/l). Vršna vrijednost maksimalne frekvencije srca koja je zabilježena 5 sekundi nakon prekida testa u 1 i 2 Wingate testu se ne razlikuje ( $170,8 \pm 2,2$  i  $171,3 \pm 2,2$  otk/min). Vršna vrijednost volumena plazme također se ne razlikuje u prvom i drugom testu ( $12,0 \pm 3,4$  i  $11,1 \pm 3,2\%$ ). Koeficijent korelacije između 1 i 2 testa za vršnu vrijednost koncentracije laktata iznosi  $r=0,926$ , a za vršnu vrijednost frekvencije srca iznosi  $r=0,941$  te za vršnu vrijednost volumena plazme iznosi  $r=0,878$ .

## 5. METODE ISTRAŽIVANJA

### 5.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika u ovom istraživanju se sastojao od 2 žene i 8 muškaraca biciklista prosječne dobi:  $20,80 \pm 5,90$  god, visine:  $177,86 \pm 9,59$  cm te težine:  $66,90 \pm 8,25$  kg. Svi ispitanici su dobrovoljno pristupili istraživanju uz uvjet da su anamnestički zdravi. U uzorak ispitanika su uključeni biciklisti koji se natječu na nacionalnoj i međunarodnoj razini.

### 5.2. Uzorak varijabli

Po dolasku u sportsko dijagnostički centar ispitanici su upoznati s planom i programom provedbe mjerenja, koji se sastojao od 3 dijela:

- 1.) mjerenja u laboratorijskim uvjetima u Sportsko dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, gdje su provedena mjerenja morfoloških mjera (2 varijable) i testiranje na progresivnom testu opterećenja na biciklergometru (6 parametar frekvencije srca, 4 parametra koncentracije laktata u krvi i 2 parametra snage),
- 2.) mjerenja u terenskim uvjetima na stazi na Jarunu pri čemu je proveden terenski progresivni diskontinuirani biciklistički test na cestovnom biciklu (7 parametara

frekvencije srca, 1 parametar koncentracije laktata u krvi, 2 parametar snage 3 parametra brzine).

- 3.) mjerenja u terenskim uvjetima na pisti na biciklističkom veledromu u Zagrebu gdje je provedena test utrka na 2 km (6 parametara frekvencije srca, 1 parametar koncentracije laktata u krvi, 2 parametra snage i 1 parametar brzine).

### 5.2.1. Morfološke varijable

Od morfoloških varijabli koristili smo dvije mjere a to su tjelesna masa (kg) i tjelesna visina (cm). Tjelesnu masu mjerili smo uz pomoć digitalne vage dok tjelesnu visinu uz pomoć antropometra.

### 5.2.2. Mjere metaboličkih parametra

Uzorak varijabli za procjenu metaboličkih parametra činili su izmjereni i procijenjeni parametri dobiveni uz pomoć progresivnog testa opterećenja na biciklergometru, diskontinuiranog progresivnog testa opterećenja na Jarunu te vožnje na vrijeme na pisti na dionici od 2 kilometara. Parametri srčane frekvencije praćeni su uz pomoć monitora srčane frekvencije (Garmin 520 Edge, Njemačka). Koncentracija laktata u krvi mjerena je prenosivim lakatatometrom (LactateScout<sup>+</sup>, Njemačka) uzimanjem uzorka od 2 µl krvi iz jagodice prsta odmah nakon završetka testa ili dionice u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na biciklergometru, progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu i test trci na pisti. U progresivnom diskontinuiranom testu na cestovnom biciklu koncentraciju laktata u krvi mjerena je u pauzi nakon svake odrađene dionice (pauza je trajala 60 sekundi).

<b>OZNAKA</b>	<b>NAZIV VARIJABLE</b>	<b>MJERNA JEDINICA</b>
<b>DOB</b>	Dob ispitanika	godina
<b>VISINA</b>	Tjelesna visina	cm
<b>TEZINA</b>	Tjelesna težina	kg
<b>FS</b>	Frekvencija srca	otk/min
<b>FS OP</b>	Frekvencija srca u oporavku	otk/min
<b>FS anp</b>	Frekvencija srca pri anaerobnom pragu	otk/min
<b>FS max</b>	Maksimalna frekvencija srca	otk/min
<b>Lak</b>	Koncentracija laktata	mmol/L
<b>Lak anp</b>	Koncentracija laktata pri anaerobnom pragu	mmol/L
<b>Lak max</b>	Maksimalna koncentracija laktata	mmol/L
<b>Lak4</b>	Koncentracija laktata pri anaerobnom pragu	mmol/L
<b>P</b>	Snaga	W
<b>P anp</b>	Snaga pri anaerobnom pragu	W
<b>P max</b>	Maksimalna postignuta snaga	W



<b>V</b>	Brzina	km/h
<b>V anp</b>	Brzina pri anaerobnom pragu	km/h
<b>V max</b>	Maksimalna postignuta brzina	km/h
<b>P avg</b>	Prosječna postignuta snaga	W
<b>FS avg</b>	Prosječna frekvencija srca	otk/min
<b>T</b>	Postignuto vrijeme	Sek
<b>V AS</b>	Prosječna postignuta brzina	km/h
<b>Lak OP</b>	Koncentracija laktata oporavku	mmol/L

Tablica 2. Prikaz svih varijabli korištenih za potrebe istraživanja.

### 5.2.3. Mjere subjektivne procijene opterećenja

Za vrijeme progresivnog kontinuiranog testa opterećenja na bicikl ergometru te progresivnog diskontinuiranog laktat testa na Jarunu kod svih ispitanika praćen je subjektivan osjećaj opterećenja uz pomoć modificirane Borgove skale koja sadrži 15 kategorija percepcije opterećenja (Borg, 1973). Ispitanicima je prije testa objašnjeno da nakon upita mjerioca pogledaju na Borgovu mjernu skalu i rukom signaliziraju broj na ljestvici koji odgovara u tom trenutku njihovoj percepciji napora.

Tablica 3. Ljestvica subjektivne procjene opterećenja (SPO) (Borg, 1973)

<b>SPO</b>	<b>OPIS</b>
<b>0</b>	Odmor
<b>1</b>	Veoma lagano
<b>2</b>	Lagano
<b>3</b>	Umjereno
<b>4</b>	Djelomično teško
<b>5</b>	Teško
<b>6</b>	
<b>7</b>	Veoma teško
<b>8</b>	

#### 5.2.4. Mjere za procjenu snage i brzine

Ispitanicima za vrijeme progresivnog kontinuiranog testa opterećenja na bicikl ergometru, diskontinuiranom laktatnom testu te testu na pisti na dionici od 2km za mjerenje snage koristili su garminove pedale model Vector 2. Garminov model Vector 2 mjerac je snage sa senzorom u obje pedale. Vector 2 snagu mjeri na mjestu hvatišta sile na pedali. Za mjerenje brzine na progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu te na test trci na pisti na dionici od 2000 metara koristili smo garminov model Edge 520.

#### 5.3. Testovi opterećenja na biciklu

Svi ispitanici testirani su putem tri biciklistička testa. Razmak između pojedinih testova je bio minimalno tri dana kako bi ispitanici imali vremena za odmoriti te kako bi mogli

u svakom testu dati svoj maksimum. Temperatura u laboratorijskim uvjetima bila je između (18-21°C i 40-60% vlažnosti zraka), dok u terenskim uvjetima između (15-19°C i 40-60% vlažnosti zraka). Prvi test kojim smo testirali sve ispitanike bio je progresivni test opterećenja na bicikl ergometru, nakon toga ispitanike smo testirali putem progresivnog diskontinuiranog terenskog testa na cestovnom biciklu na Jarunu a posljednji test je bila test trka na 2000 na pisti.

### 5.3.1. Progresivni kontinuirani test opterećenja na bicikl ergometru

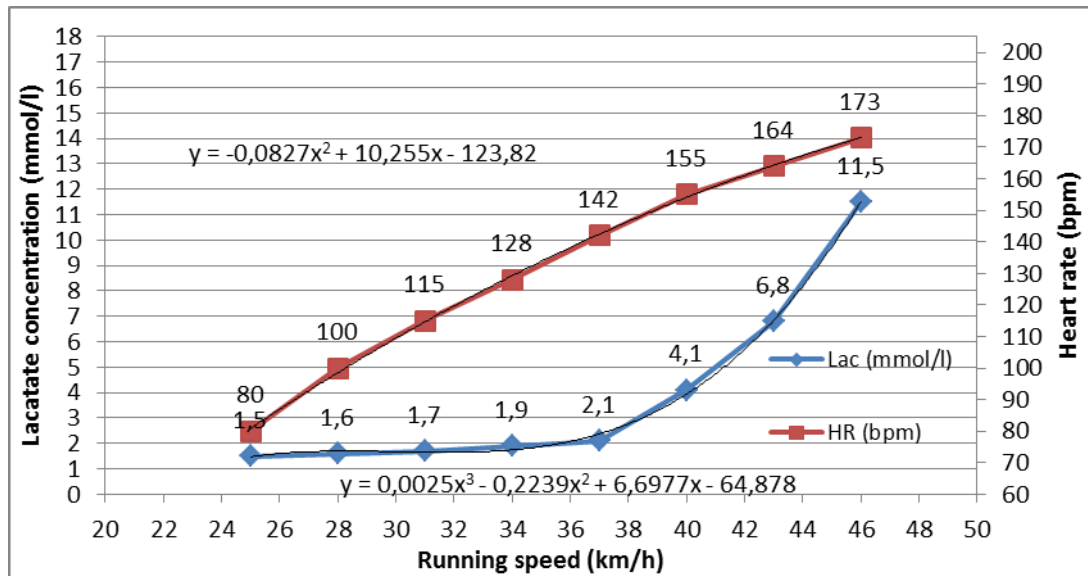
Prvi test kojim smo testirali bicikliste bio je progresivni test opterećenja na bicikl ergometru. Test započinje sa 1 minutom mirovanja u kojem se mjere metabolički parametri. Start na ovom testu je sa 50W dok se svakih 60 sekundi povećava opterećenje za 20W uz konstantu frekvenciju pedaliranja od 90 okr/min. Test traje do otkaza. Nakon završetka testa ispitanici u mirovanju nastavljaju voziti još 5 minuta bez opterećenja. U mirovanju se je mjerila koncentracija laktata u krvi nakon 1 minute oporavka. Progresivni test opterećenja provodio se u sportsko dijagnostičkom centru na Kineziološkom fakultetu.

### 5.3.2. Progresivni diskontinuirani terenski test na cestovnom biciklu

Drugi test kojim smo testirali ispitanike bio je progresivni diskontinuirani terenski test na cestovnom biciklu. Biciklistički test se je provodio na dionici od 2000 metara na sportsko rekreacijskom centru na Jarunu. Test je započeo sa brzinom od 25km/h. Nakon svake odrađene dionice uslijedila bi pauza od 1 minute. Za vrijeme pauze ispitanicima se je mjerila koncentracija laktata u krvi. Nakon svake odrađene dionice brzina bi se povećavala za 3km/h. Predviđeni broj dionica je 10. Na dionici od 2000 metara bila su postavljena dva mjerioca. Jedan mjerioc nalazio se je na početku dionice od 2000m dok drugi na kraju dionice kako bi nakon svake odrađene dionice biciklistima mogli izmjeriti koncentraciju laktata u krvi. Progresivni diskontinuirani terenski test na cestovnom biciklu provodio se je do otkaza.

Nakon završetka testa svim ispitanicima smo mjerili koncentraciju laktata u krvi nakon 1 minute oporavka.

Slika 2. Grafički prikaz odnosa frekvencije srca i koncentracije laktata analiziranih u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu



Grafički prikaz na slici 2. prikazuje odnos između maksimalne postignute frekvencije srca i maksimalne postignute koncentracije laktata u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM).

### 5.3.3. Test trka na 2000 metara na pisti

Treći test kojim smo testirali bicikliste bila je vožnja na vrijeme na Veledromu na dionici od 2000 metara. Cilj je zadanu dionicu od 2000 metara proći u što kraćem vremenu. Nakon završetka testa svim ispitanicima smo mjerili koncentraciju laktata u krvi nakon 1 minute oporavka.

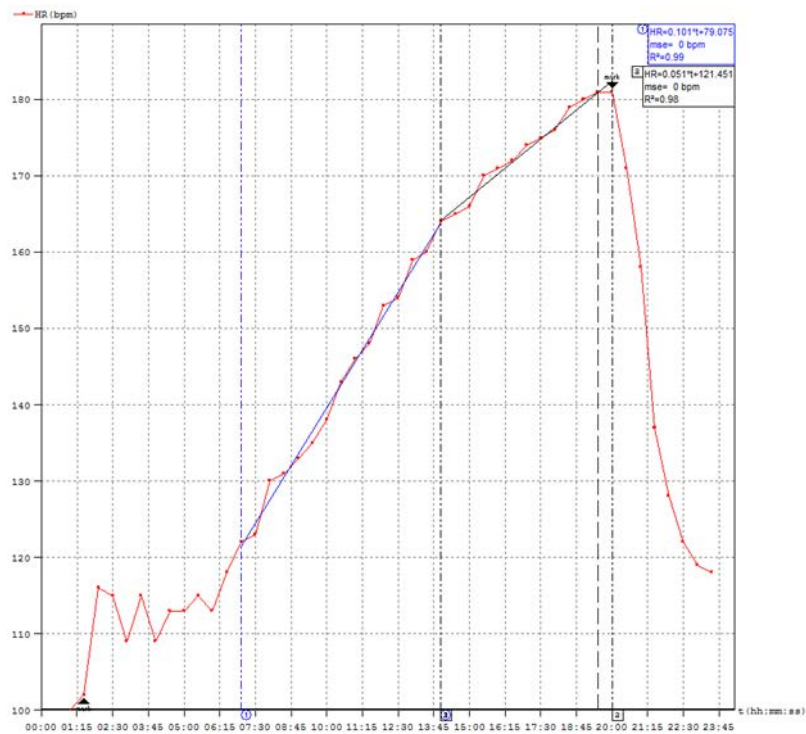
Slika 3. Biciklistička pista u Zagrebu(stadion Kranjčevićeva)



#### 5.4. Određivanje anaerobnog praga

Tijekom testiranja svi ispitanici su nosili garminov pojas *soft strap premium heart rate* koji je povezan sa ciklokompjutorom garmin 520 Edge. Za određivanje frekvencije srca koristili smo garminov program beta softver: Edge 520, Ver. 6.24. na osnovu kojih smo odredili maksimalnu frekvenciju srca i frekvenciju srca pri anaerobnom pragu primjenom točke defleksije (Conconi i sur., 1982). Točka defleksije frekvencije srca (*heart rate deflection point*) pokazuje linearnu povezanost s nižim intenzitetima opterećenja a pri submaksimalnim opterećenjima odstupa od linearnosti (Bodner i sur., 2000). Na progresivnom diskontinuiranom terenskom testu anaerobni prag se odredio na temelju koncentracije laktata u krvi od 4 mmol/L (Mader i sur., 1976).

Slika 4. Grafički prikaz točke defleksije u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1)



Grafički prikaz na slici 4. prikazuje način određivanja anaerobnog praga putem točke defleksije (Conconi i sur., 1982).

## 5.5. Mjerna oprema

- U ovom istraživanju korištena je slijedeća mjerna oprema:

- antropometrijski set za mjerenje morfoloških karakteristika ispitanika (GPM, Švicarska)
- Bicikl ergometar – testiranje na progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru rađeno je pomoću trenažera CompuTrainer Pro Lab (CompuTrainer, USA) i PC-a s programskom podrškom softvera CompCS (CompuTrainer, USA).
- Garminov model Vector 2 koji nam je omogućio mjerenje snage na svima testovima. Vector 2 ima ugrađen senzor u obje pedale te snagu mjeri na mjestu hvatišta sile sa pedalom.
- Ciklokompjutor Garmin 520 edge (Njemačka) pomoću kojeg su svi ispitanici pratili i održavali zadanu brzinu na progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na jarunu. Garmin 520 edge je bio spojen sa garminovim mjeračem snage Vectorom 2 te je na taj način davao informacije o snazi u vatima/kg.
- Cestovni bicikli- svaki ispitanik je testiranje obavio na svojem cestovnom biciklu koji koristi za trening i natjecanja.
- Laktatomjer LactateScout<sup>+</sup> (Njemačka)-pomoću laktatomjera kod svih ispitanika mjerili smo koncentraciju laktata u krvi.

## 5.6. Metode obrade i analiza podataka



Nakon završenih mjerenje uslijedila je obrada i statistička analiza podataka. Rezultati svih testiranja su uneseni u Microsoft Office Excel 2016 nakon čega je uz pomoć statističkog programa statistica for Windows 12.0 analizirani rezultati prikupljeni mjerenjem. Pomoću statističkog programa Statistica for Windows 12.0 izračunali smo osnovne statističke parametre, usporedili i analizirali podatke te grafički i tablično prikazali u programu Microsoft Office Excel 2016. Pomoću deskriptivne statistike dobili smo sljedeće parametre: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), minimalni (Min) i maksimalni rezultat (Max) te pokazatelji parametra distribucije (Skewness, Kurtosis). Analizom varijanse(ANOVA) utvrdili smo statističke značajne razlike u parametrima između tri različita testa. Pearsonov koeficijent korelacije koristili smo kako bi utvrdili povezanost između pojedinih varijabli.

## **6. REZULTATI**

## 6.1. Deskriptivna analiza

Pomoću deskriptivne statistike dobili smo sljedeće parametre: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), minimalni (Min) i maksimalni rezultat (Max) te pokazatelji parametra distribucije (Skewness, Kurtosis).

Tablica 4. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu morfoloških mjera svih ispitanika

<b>n=10</b>	<b>AS ± SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurt</b>
<b>Dob (god)</b>	20,80±5,90	15,00-34,00	1,40	1,85
<b>Vis (cm)</b>	177,86±9,59	160,20-187,40	-1,27	0,39
<b>Tez (kg)</b>	66,90±8,25	52,50-75,60	-0,72	-0,87

Legenda str. 16.

Tablica 5. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu metaboličkih mjera svih ispitanika u protokolu BKF1

<b>N=10</b>	<b>AS±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurt</b>
<b>FSBKF1 anp (otk/min)</b>	176,30±11,22	156,00-193,00	-0,68	0,18
<b>FSBKF1 max (otk/min)</b>	190,70±12,96	170,00-200,00	-0,32	-0,90
<b>LakBKF1 max (mmol/L)</b>	13,58±1,69	11,60-16,70	0,57	-0,38
<b>FSBKF1 OP30'' (otk/min)</b>	178,70±10,63	161,00-193,00	-0,43	-0,86
<b>FSBKF1 OP60'' (otk/min)</b>	164,40±9,81	152,00-178,00	-0,08	-1,04
<b>FSBKF1 OP90'' (otk/min)</b>	151,60±11,76	132,00-169,00	0,08	-0,31
<b>FSBKF1 OP120'' (otk/min)</b>	136,60±8,77	125,00-152,00	0,65	-0,67
<b>LakBKF1 OP1' (mmol/L)</b>	13,58±1,69	11,60-16,70	0,57	-0,38
<b>LakBKF1 OP3' (mmol/L)</b>	12,38±1,55	10,10-14,60	-0,08	-1,27
<b>LakBKF1 OP5' (mmol/L)</b>	11,85±1,46	9,60-13,90	-0,25	-0,91

Legenda str. 16.

Tablica 6. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu metaboličkih mjera svih ispitanika u protokolu PT2KM

<b>N=10</b>	<b>AS±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurt</b>
<b>FSPT2km Lak2 (otk/min)</b>	118,70±9,79	110,00-139,00	1,53	1,25
<b>FSPT2km Lak4 (otk/min)</b>	149,10±7,27	140,00-165,00	0,90	1,74
<b>FSPT2km max (otk/min)</b>	189,60±12,23	172,00-206,00	-0,31	-1,06
<b>LakPT2km max (mmol/L)</b>	13,33±1,44	11,20-15,90	0,42	-0,27
<b>FSPT2km OP30" (otk/min)</b>	176,00±10,61	158,00-189,00	-0,58	-0,71
<b>FSPT2km OP60" (otk/min)</b>	157,70±14,03	131,00-171,00	-1,04	-0,40
<b>FSPT2km OP90 (otk/min)</b>	144,90±13,92	128,00-165,00	-0,05	-1,41
<b>FSPT2km OP120" (otk/min)</b>	130,00±10,66	118,00-151,00	0,61	0,00

Legenda str. 16.

Tablica 7. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu metaboličkih mjera svih ispitanika u protokolu SP2KM

<b>N=10</b>	<b>AS±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurt</b>
<b>FSSP2km avg (otk/min)</b>	181,00±9,91	167,00-194,00	-0,18	-1,36
<b>FSSP2km max (otk/min)</b>	189,60±12,26	171,00-206,00	-0,30	-1,00
<b>LakSP2km max (mmol/L)</b>	13,23±1,52	11,40-16,10	0,91	0,12
<b>FSSP2km OP30" (otk/min)</b>	175,20±9,89	159,00-188,00	-0,60	-0,94
<b>FSSP2km OP60" (otk/min)</b>	159,90±11,26	142,00-173,00	-0,81	-0,99
<b>FSSP2km OP90" (otk/min)</b>	146,40±10,10	130,00-165,00	0,04	0,33
<b>FSSP2km OP120" (otk/min)</b>	131,50±8,49	120,00-150,00	0,94	1,64

Legenda str. 16.

Tablica 8. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu snage svih ispitanika u protokolu BKF1

<b>N=10</b>	<b>AS±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurt</b>
-------------	--------------	----------------	-------------	-------------

<b>PBKF1 anp (W)</b>	286,00±74,12	130,00-390	-0,95	1,20
<b>PBKF1 max (W)</b>	368,00±75,10	230,00-470	-0,94	0,35

Legenda str. 16.

Tablica 9. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu snage svih ispitanika u protokolu PT2KM

<b>N=10</b>	<b>AS±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurt</b>
<b>PPT2km anp (W)</b>	289,00±70,78	140,00-390,00	-0,92	1,21
<b>PPT2km max (W)</b>	376,00±72,30	240,00-460,00	-1,14	0,41

Legenda str. 16.

Tablica 10. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu snage svih ispitanika u protokolu SP2KM

<b>N=10</b>	<b>AS±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurt</b>
<b>PSP2KM avg (W)</b>	350,00±73,63	210,00-430,00	-1,25	0,49
<b>PSP2km max (W)</b>	390,00±75,13	250,00-480,00	-1,10	0,31

Legenda str. 16.

Tablica 11. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu brzine svih ispitanika u protokolu PT2KM

<b>N=10</b>	<b>AS±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurt</b>
<b>VPT2km Lak2 (km/h)</b>	25,80±3,61	24,00-36,00	3,06	9,54
<b>VPT2km Lak4 (km/h)</b>	31,65±3,35	29,00-40,00	1,93	4,27
<b>VPT2km max (km/h)</b>	40,60±3,10	37,00-46,00	0,27	-0,90

Legenda str. 16.

Tablica 12. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu brzine svih ispitanika u protokolu SP2KM

<b>N=10</b>	<b>AS±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurto</b>
-------------	--------------	----------------	-------------	--------------

<b>VSP2km AS (km/h)</b>	38,55±5,12	30,00-47,00	0,40	0,34
<b>VSP2km max (km/h)</b>	44,40±5,10	35,00-54,00	0,19	1,28

Legenda str. 16.

Tablica 13. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ostvarenog vremena u protokolu SP2KM

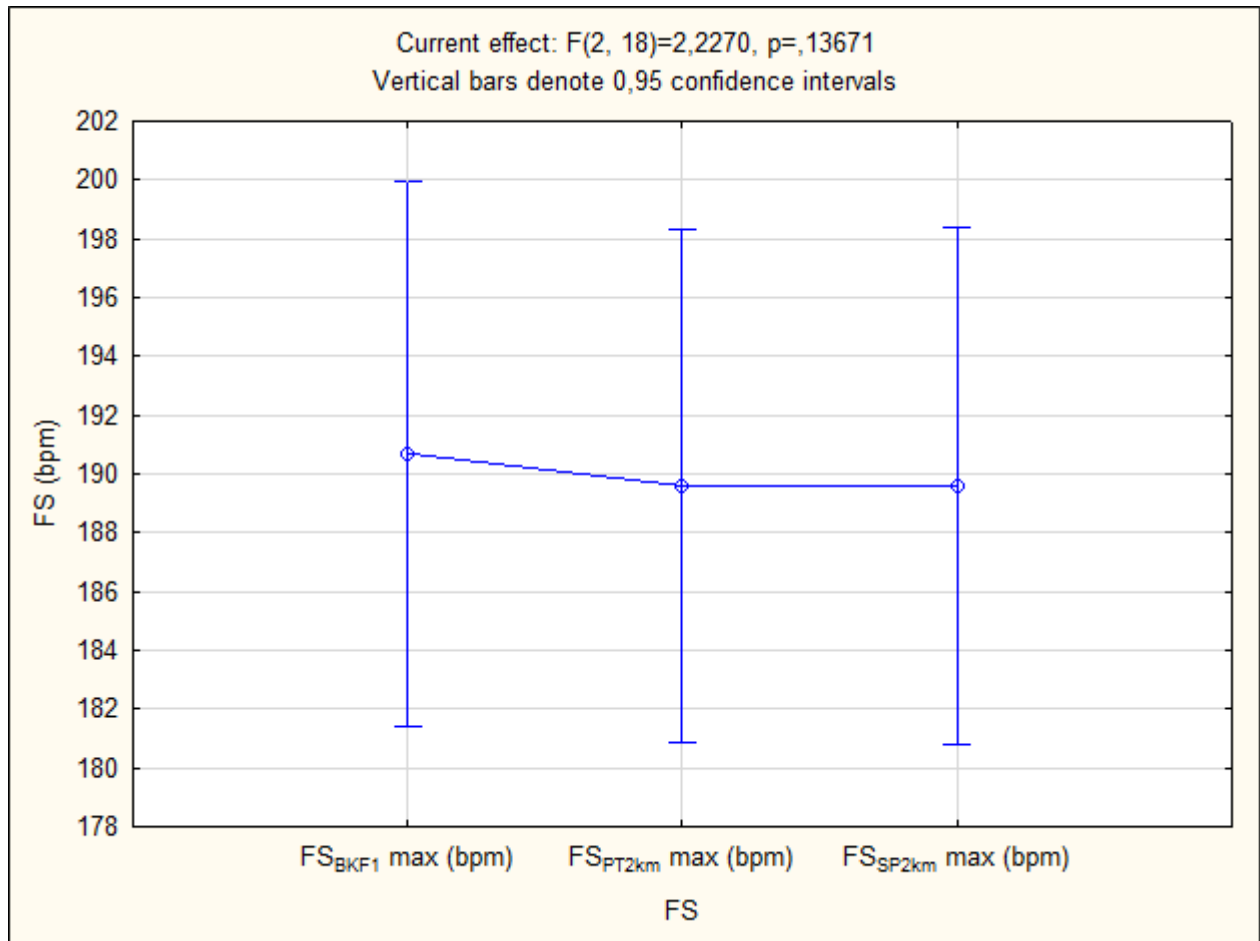
<b>N=10</b>	<b>AS±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Skew</b>	<b>Kurto</b>
<b>tSP2KM (t)</b>	198,80±21,00	173-241	0,90	0,26

Legenda str. 16.

6.2. Analiza razlika između metaboličkih parametra te parametra sa procjenu snage i brzine u primjenjivim testovima opterećenja.

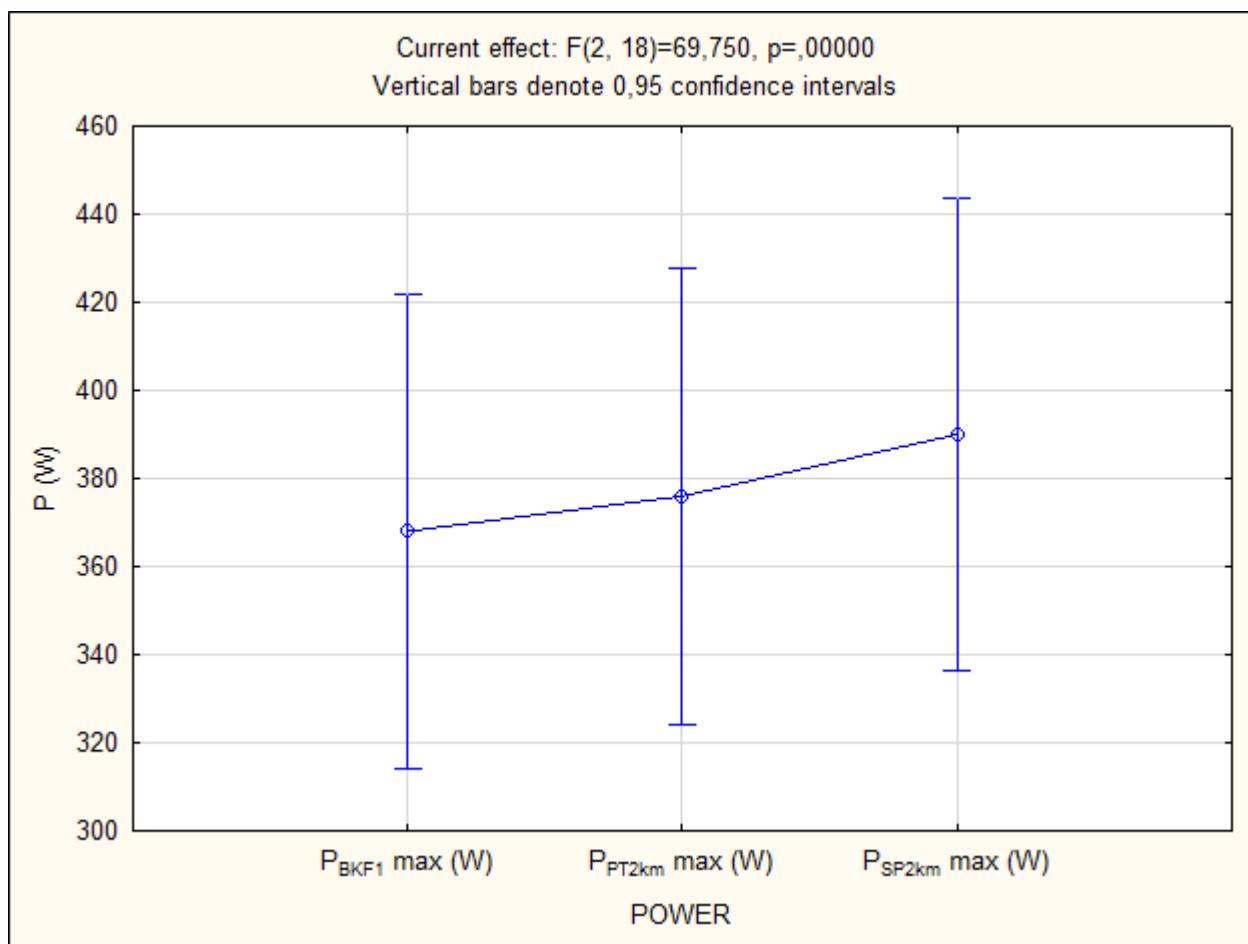
Provedena je analiza razlike u svakoj od promatranih metaboličkih varijabli te analiza razlika između varijabli za procjenu snage i brzine između laboratorijskih i terenskih mjerenja.

Slika 5. Razlike u vrijednostima maksimalne frekvencije srca između progresivnog kontinuiranog testa opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), progresivnog diskontinuiranog terenskog testa na cestovnom biciklu (PT2KM) i test trka na 2000 metara na pisti (SP2KM)



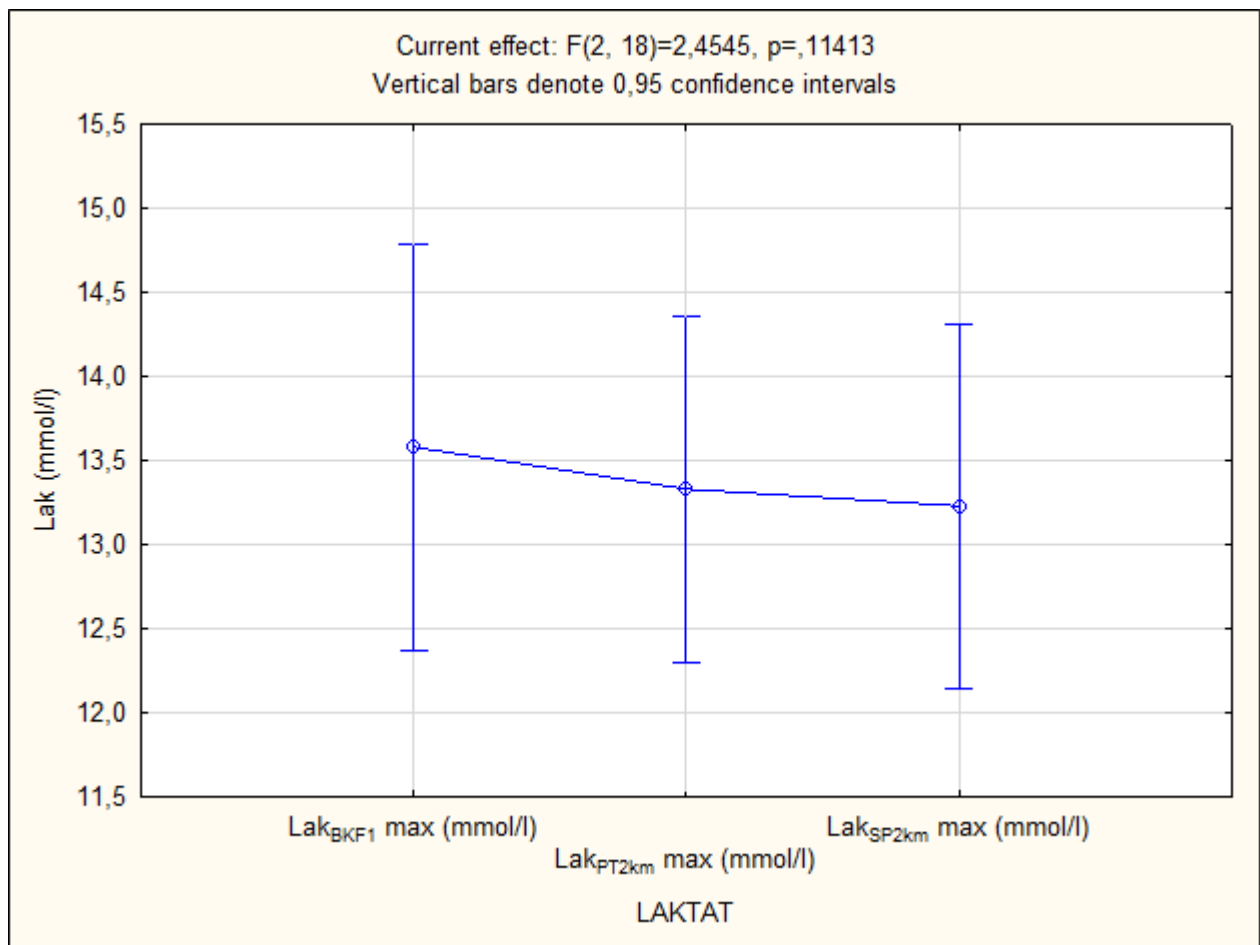
Grafički prikaz na slici 5. pokazuje da ne postoji statistički značajna razlika u maksimalnoj frekvenciji srca. Vrijednosti maksimalne frekvencije srca u testu BKF1 ( $190,70 \pm 12,96$  otk/min), PT2KM ( $189,60 \pm 12,23$  otk/min) te SP2KM ( $189,60 \pm 12,26$  otk/min) statistički se značajno ne razlikuju što je u skladu sa istraživanjem koje su proveli (Smith, M.F. i sur., 2001). Te vrijednosti nam ukazuju da su svi testovi valjani i pouzdani jer svaki test od ispitanika iziskuje da daje svoj maksimum te dovodi svakog ispitanika do njegovih krajnjih granica izdržljivosti.

Slika 6. Razlike u vrijednostima maksimalne postignute vataže između između progresivnog kontinuiranog testa opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), progresivnog diskontinuiranog terenskog testa na cestovnom biciklu (PT2KM) i test trka na 2000 metara na pisti (SP2KM)



Grafički prikaz na slici 6. prikazuje da postoji statistički značajna razlika u maksimalnoj postignutoj snazi. Vrijednosti maksimalne postignute snage u testu PSP2KM ( $390,00 \pm 75,13$  W) statistički se značajno razlikuju od vrijednosti maksimalne postignute snage u testovima PPT2KM ( $376,00 \pm 72,30$  W) i PBKF1 ( $368,00 \pm 75,10$  W). Razlog zašto je veća maksimalna postignuta snaga u testu na vrijeme na pisti je ta zato što su biciklisti u vožnji na pisti zadnjih nekoliko stotina metara podigli se sa sjedala i sprintali te su na taj način proizveli veću snagu dok u progresivnom testu opterećenja na bicikl ergometru i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu cijelo vrijeme su vozili u sjedećoj poziciji.

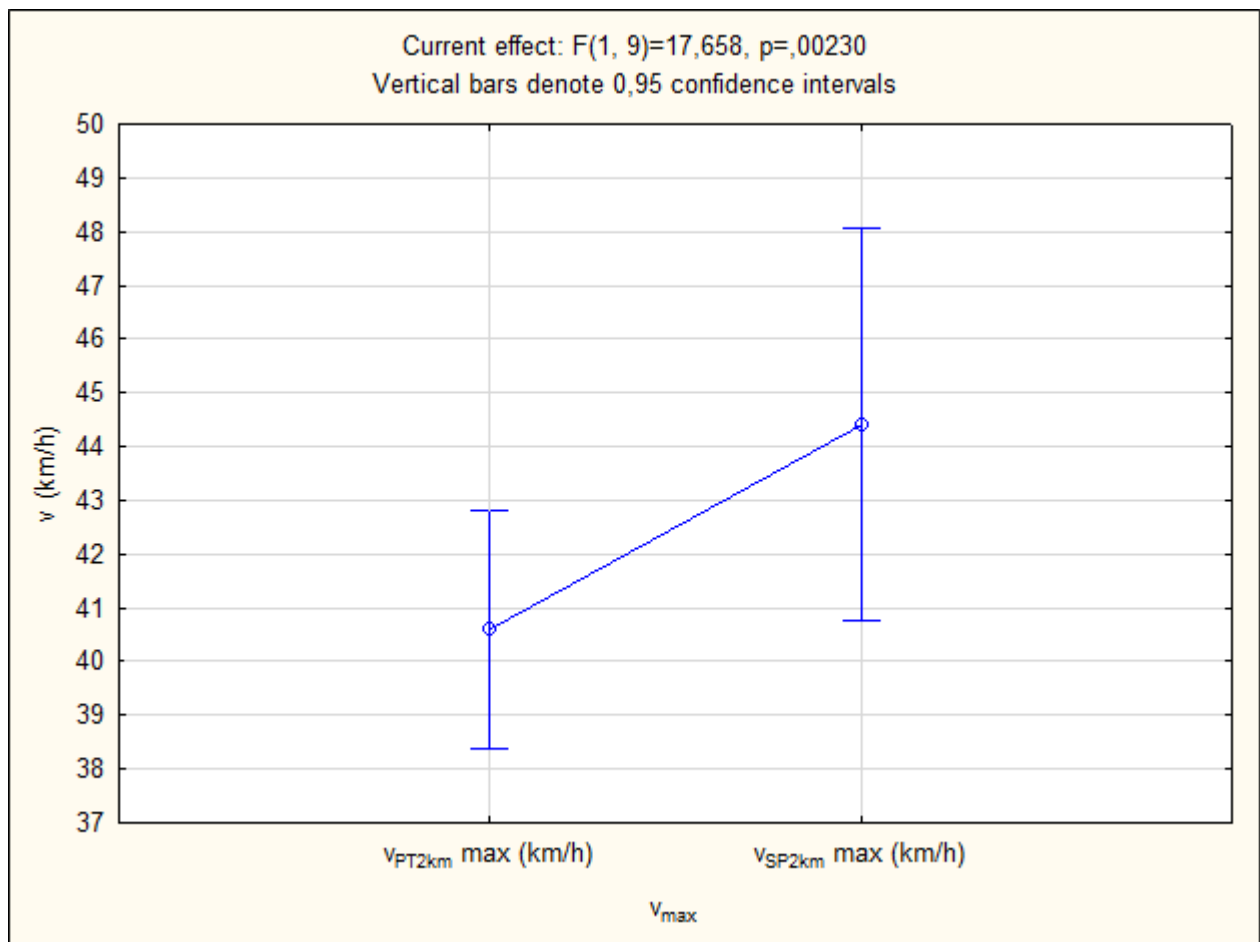
Slika 7. Razlike u vrijednostima maksimalne koncentracije laktata između progresivnog kontinuiranog testa opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), progresivnog diskontinuiranog terenskog testa na cestovnom biciklu (PT2KM) i test trka na 2000 metara na pisti (SP2KM)



Grafički prikaz na slici 7. prikazuje da ne postoji statistički značajna razlika u maksimalnoj koncentraciji laktata. Vrijednosti maksimalne koncentracije laktata u testu BKF1 ( $13,58 \pm 1,69$  mmol/L) neznatno su veće od vrijednosti maksimalne koncentracije laktata u testovima PT2KM ( $13,33 \pm 1,44$  mmol/L), SP2KM ( $13,23 \pm 1,52$  mmol/L). Razlog većoj koncentraciji laktata u testu BKF1 je taj što su sportaši duže vrijeme u samom testu proveli u anaerobnoj zoni što je u skladu sa istraživanjem koje su proveli (Bentley, D. J. i sur., 2001).

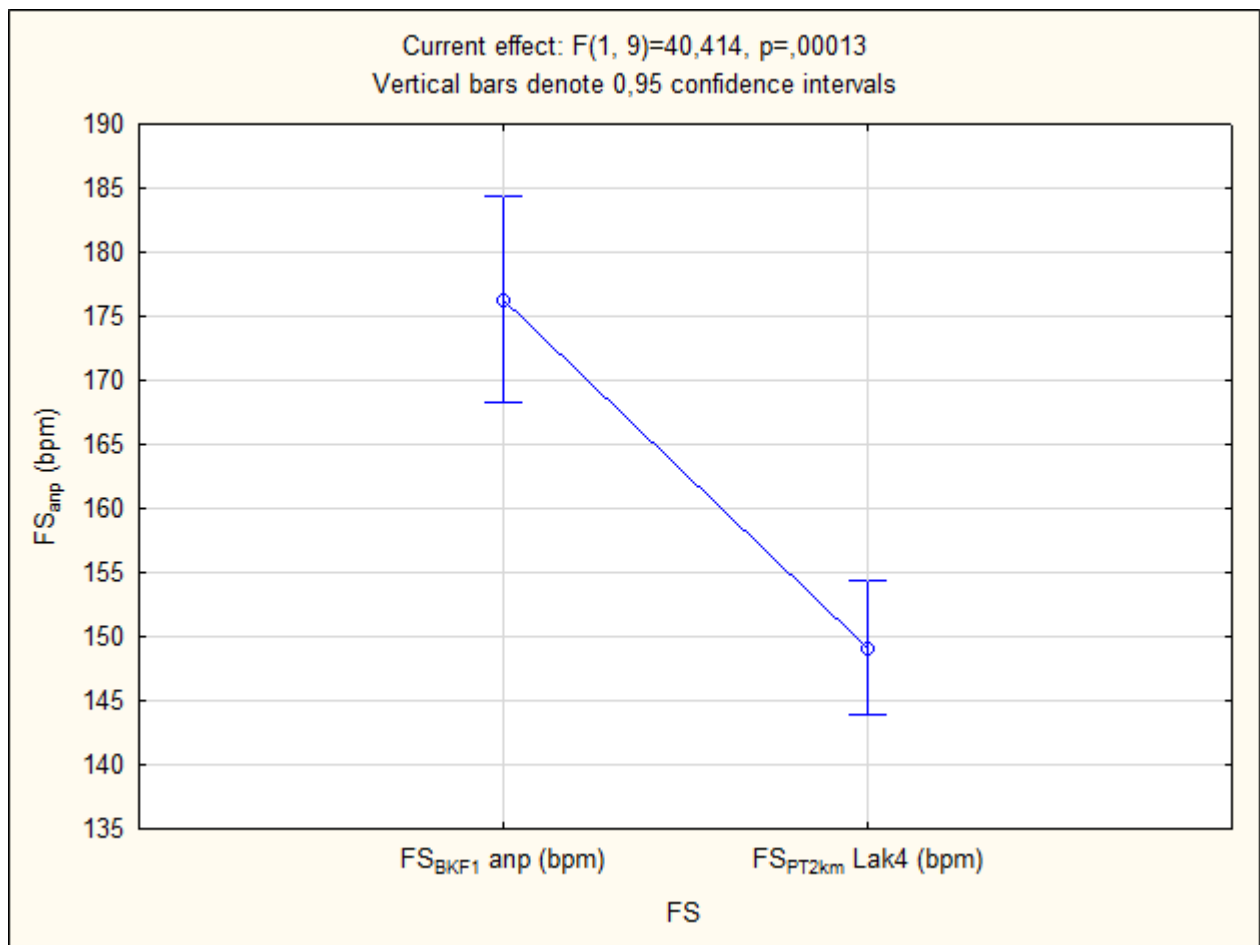
Slika 8. Razlike u vrijednostima maksimalne postignute brzine između progresivnog diskontinuiranog testa opterećenja na cestovnom biciklu (PT2KM) i test trke na 2000 metara na pisti (SP2KM)





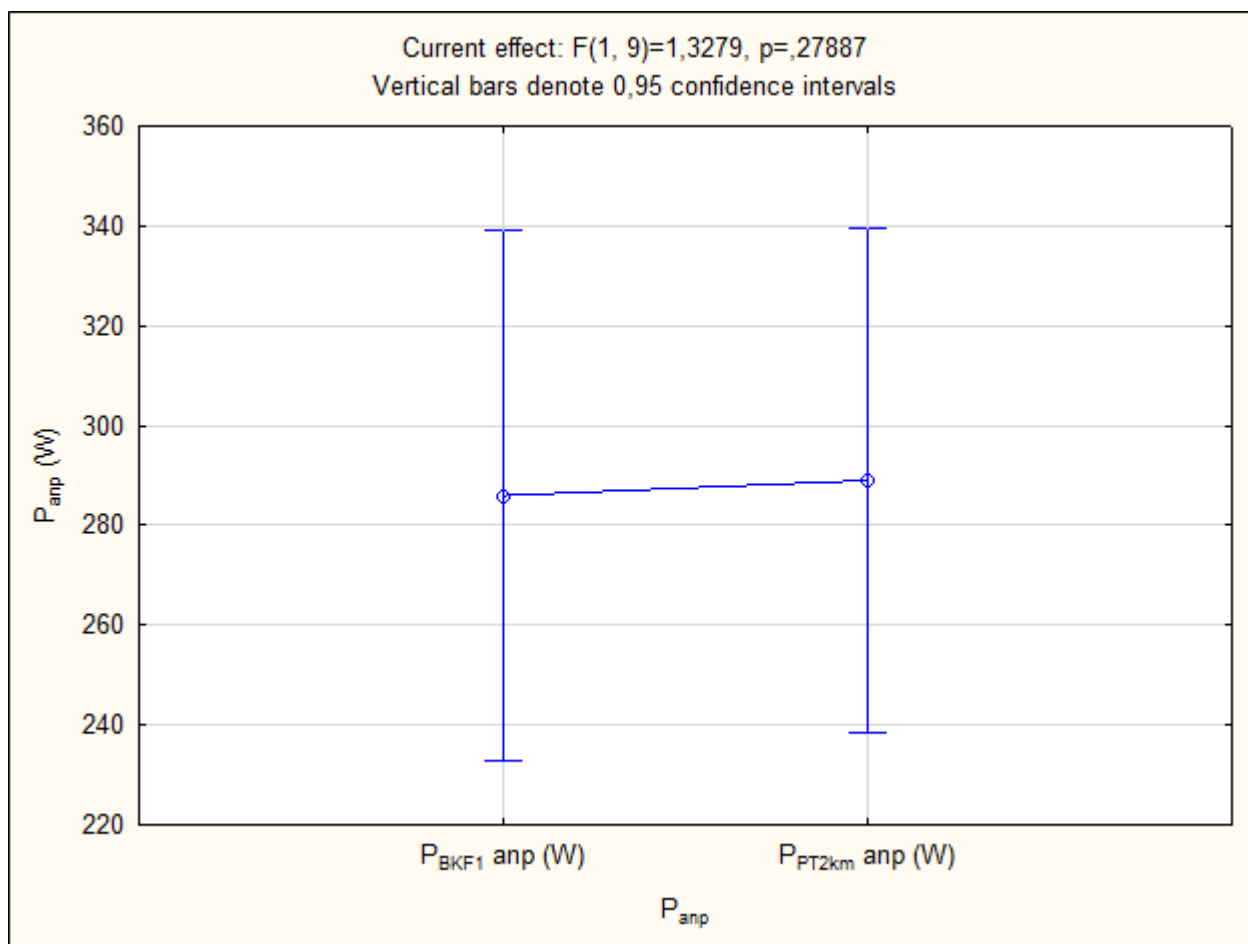
Grafički prikaz na slici 8. prikazuje da postoji statistički značajna razlika u maksimalnoj postignutoj brzini. Vrijednosti maksimalne postignute brzine u testu SP2KM ( $44,40 \pm 5,10$  km/h) statistički je značajno veća od vrijednosti maksimalne postignute brzine u testu PT2KM ( $40,60 \pm 3,10$  km/h). Razlog većoj postignutoj brzini u testu SP2KM je taj što ispitanici zadanu dionicu na pistu odvozili su odmorni, ta dionica je jednaka dionici u PT2KM, dok u PT2KM su bili već umorni od prethodnih dionica i nakupljene koncentracije laktata u mišićima.

Slika 9. Razlike u vrijednostima u postignutoj snazi pri anaerobnom pragu u progresivnog kontinuiranog testa opterećenja na bicikl ergometru (PT2KM) i progresivnog diskontinuiranog terenskog testa na cestovnom biciklu (PT2KM)



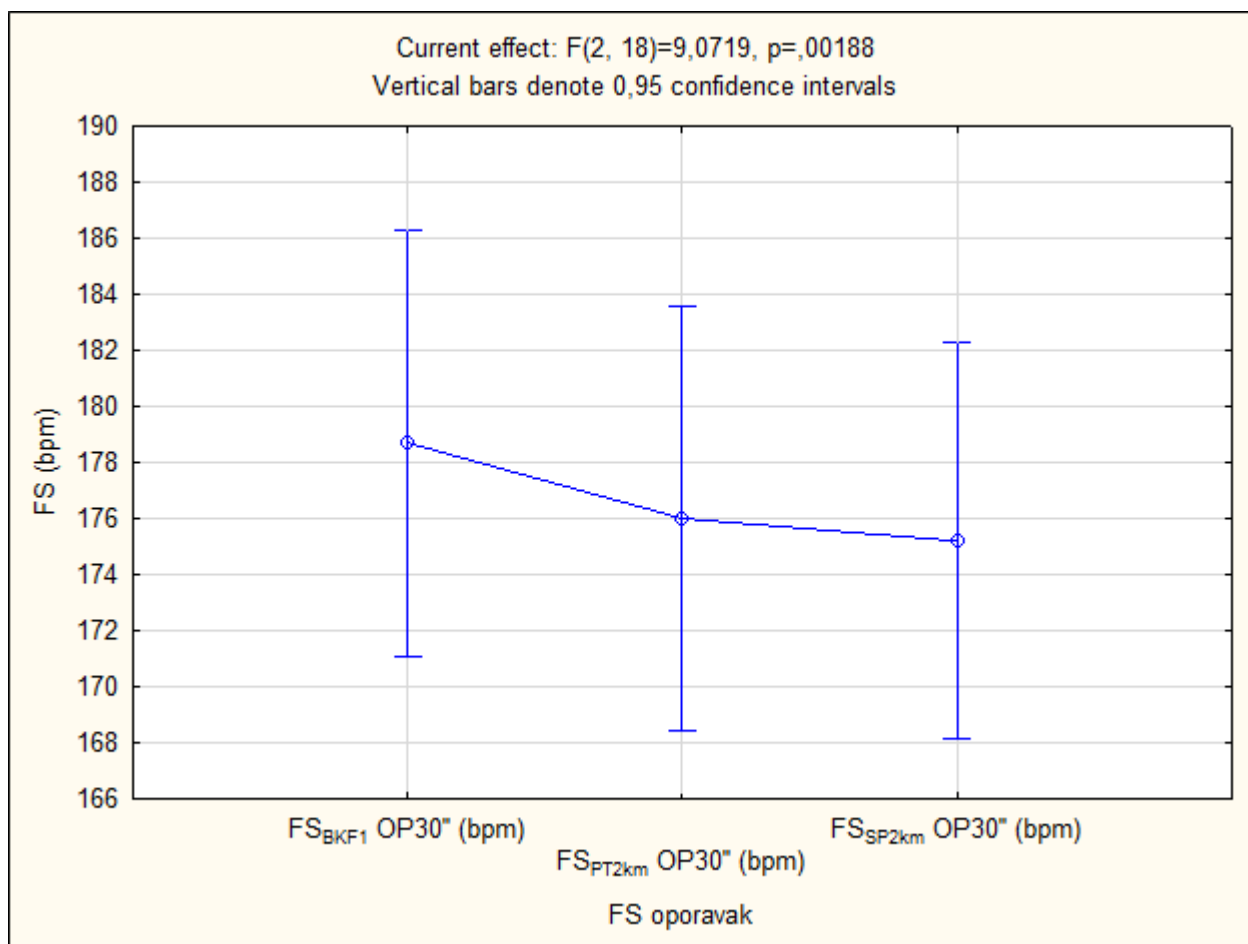
Grafički prikaz na slici 9. prikazuje da postoji statistički značajna razlika u postignutoj frekvenciji srca pri anaerobnom pragu. Vrijednosti postignute frekvencije srca pri anaerobnom pragu u testu BKF1 ( $176,30 \pm 11,21$  otk/min) statistički se značajno razlikuju od vrijednosti postignute frekvencije srca pri anaerobnom pragu u testu PT2KM ( $149,10 \pm 7,27$  otk/min). Razlog manjoj frekvenciji srca pri anaerobnom pragu u testu PT2KM je taj što u testu nakon svake odrađene dionice od 2km uslijedila je pauza od 1 minute. Drugi razlog je taj što se za određivanje anaerobnog praga u testu PT2KM uzela vrijednost koncentracije laktata u krvi od 4mmol/L. U istraživanje su uključeni biciklisti nacionalnog i međunarodnog ranga pa prema rezultatima istraživanja zaključujemo da je anaerobni prag vrlo vjerojatno iznad 4mmol/L.

Slika 10. Razlike u vrijednostima u postignutoj frekvenciji srca pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM)



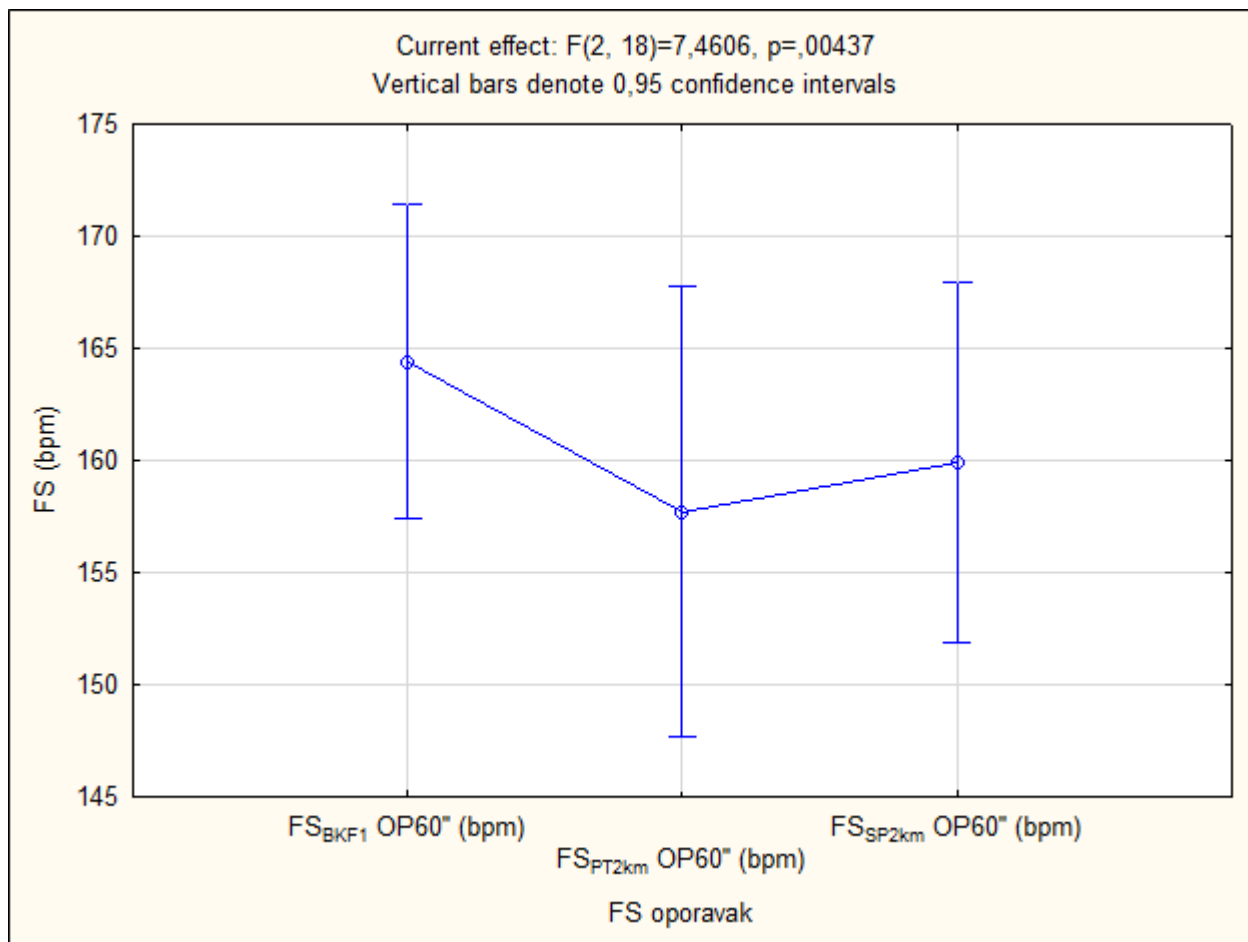
Grafički prikaz na slici 10. prikazuje da ne postoji statistički značajna razlika u postignutoj snazi pri anaerobnom pragu. Vrijednosti postignute snage u testu BKF1 ( $286,00 \pm 74,11$  W) statistički se značajno ne razlikuje od vrijednosti postignute snage pri anaerobnom pragu u testu PT2KM ( $289,00 \pm 70,78$  W).

Slika 11. Razlike u vrijednostima u postignutoj frekvenciji srca u oporavku u prvih 30 sekundi u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM)



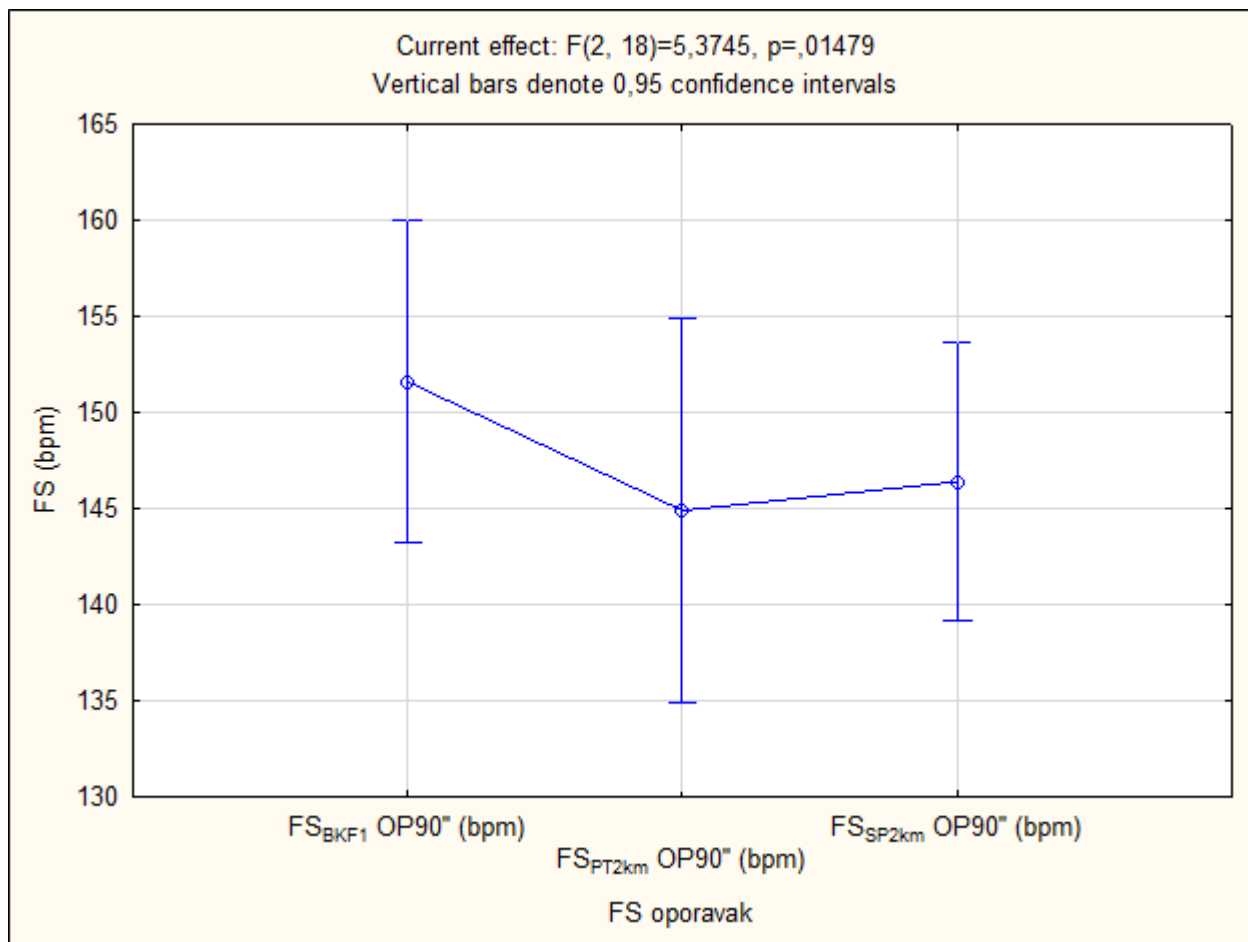
Grafički prikaz na slici 11. prikazuje da postoji statistički značajna razlika u postignutoj frekvenciji srca u oporavku u prvih 30 sekundi. Vrijednosti frekvencije srca postignute u oporavku u prvih 30 sekundi u testu BKF1 ( $178,70 \pm 10,63$  otk/min) statistički su značajno veće od vrijednosti frekvencije srca u oporavku u testovima PT2KM ( $176,00 \pm 10,61$  otk/min), SP2KM ( $175,20 \pm 9,89$  otk/min).

Slika 12. Razlike u vrijednostima u postignutoj frekvenciji srca u oporavku u prvih 60 sekundi u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM)



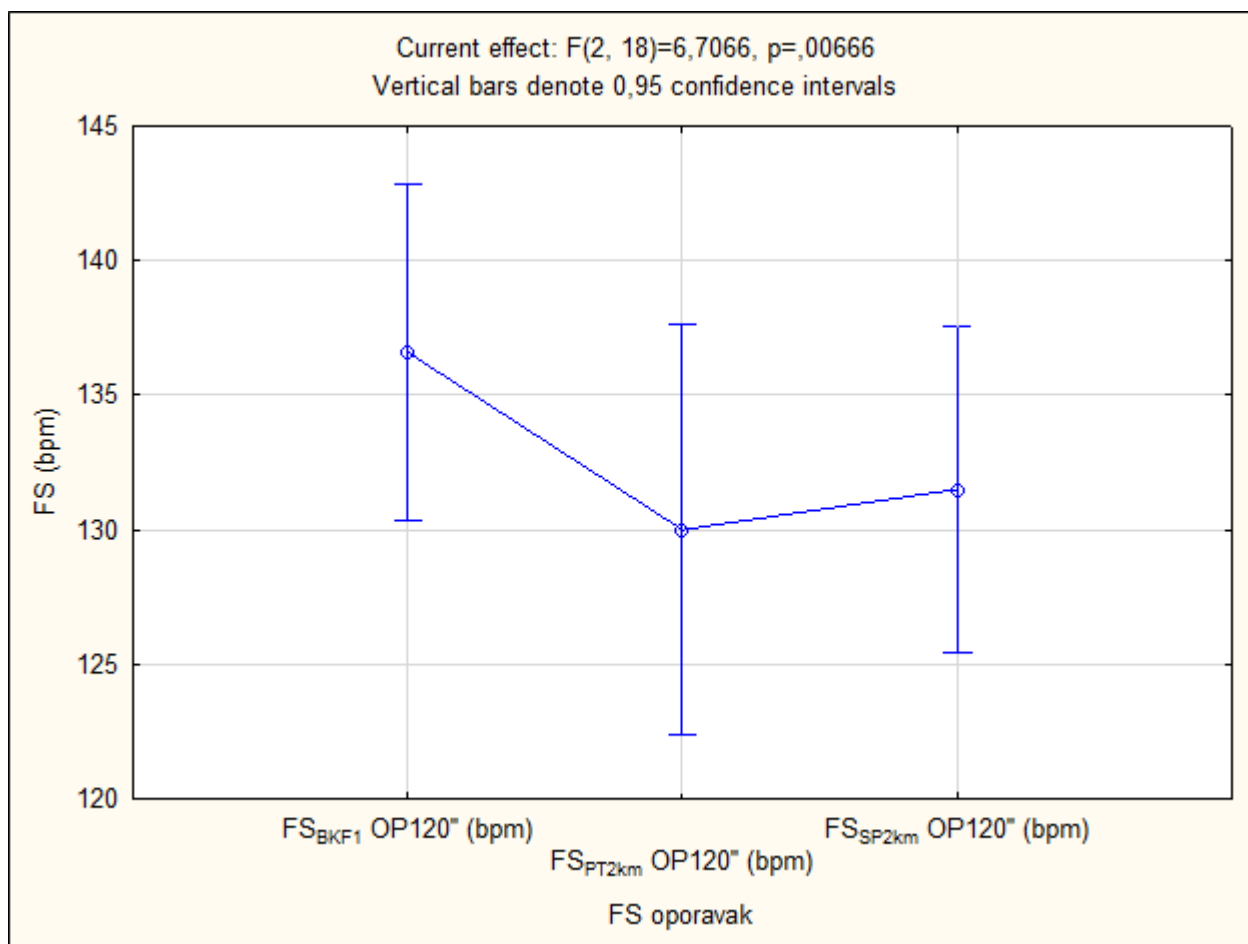
Grafički prikaz na slici 12. prikazuje da postoji statistički značajna razlika u postignutoj frekvenciji srca u oporavku u prvih 60 sekundi. Vrijednosti frekvencije srca postignute u oporavku u prvih 60 sekundi u testu BKF1 ( $164,40 \pm 9,81$  otk/min) statistički su značajno veće od vrijednosti frekvencije srca u oporavku u testovima PT2KM ( $157,70 \pm 14,03$  otk/min), SP2KM ( $159,90 \pm 11,26$  otk/min).

Slika 13. Razlike u vrijednostima u postignutoj frekvenciji srca u oporavku u prvih 90 sekundi u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM)



Grafički prikaz na slici 13. prikazuje da postoji statistički značajna razlika u postignutoj frekvenciji srca u oporavku u prvih 90 sekundi. Vrijednosti frekvencije srca postignute u oporavku u prvih 90 sekundi u testu BKF1 ( $151,60 \pm 11,76$  otk/min) statistički su značajno veće od vrijednosti frekvencije srca u oporavku u testovima PT2KM ( $144,90 \pm 13,92$  otk/min), SP2KM ( $146,40 \pm 10,10$  otk/min).

Slika 14. Razlike u vrijednostima u postignutoj frekvenciji srca u oporavku u prvih 120 sekundi u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM)

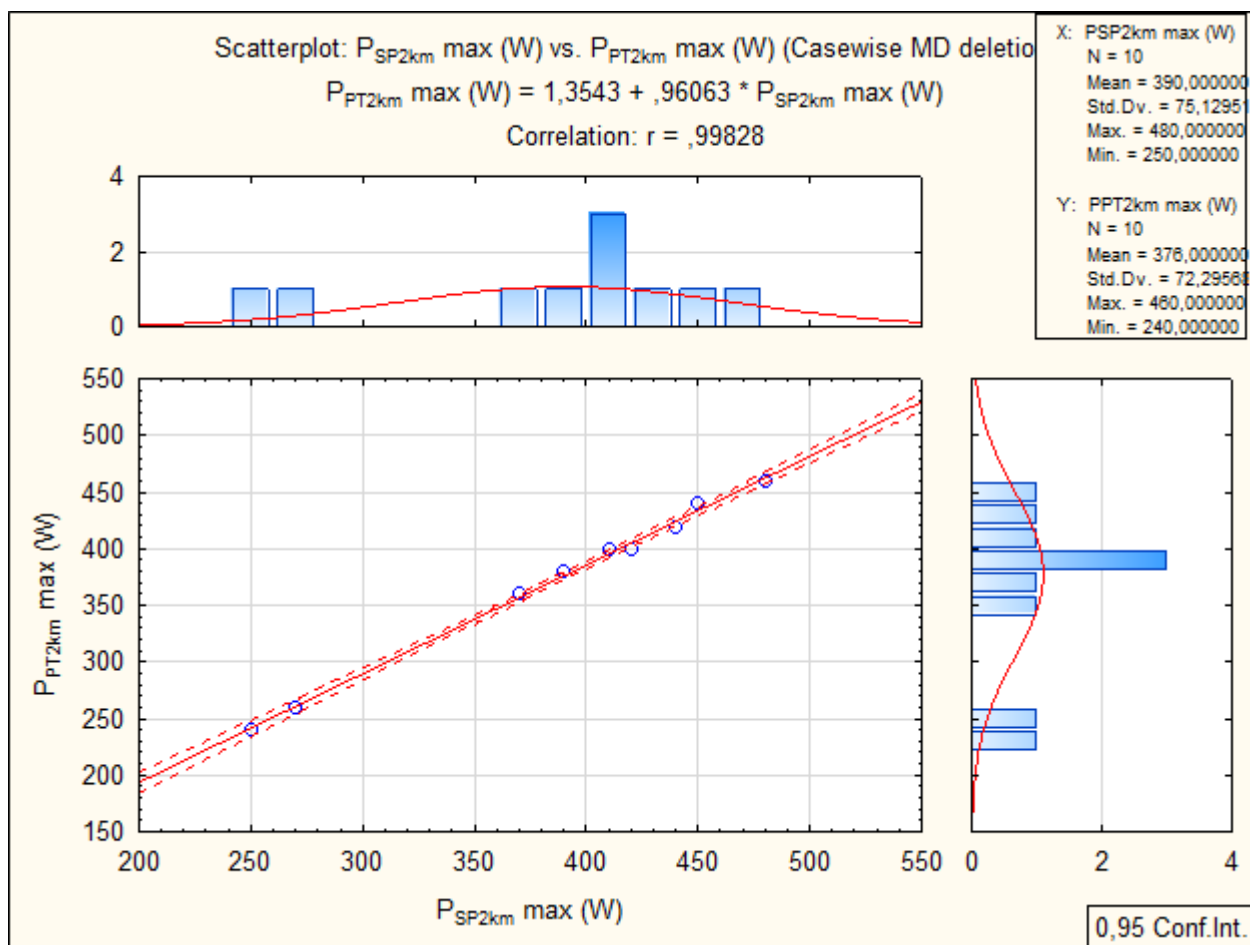


Grafički prikaz na slici 14. prikazuje da postoji statistički značajna razlika u postignutoj frekvenciji srca u oporavku u prvih 120 sekundi. Vrijednosti frekvencije srca postignute u oporavku u prvih 120 sekundi u testu BKF1 ( $136,60 \pm 8,77$  otk/min) statistički su značajno veće od vrijednosti frekvencije srca u oporavku u testovima PT2KM ( $130,00 \pm 10,66$  otk/min), SP2KM ( $131,50 \pm 8,49$  otk/min). Razlog statistički značajno većoj frekvenciji srca u oporavku u testu BKF1 je taj što test traje najduže i ispitanici su duže vrijeme proveli u anaerobnoj zoni u odnosu na testove PT2KM i SP2KM.

## 6.2. Analiza veza između parametra za procjenu snage i brzine

Pearsonov koeficijent korelacije koristili smo kako bi utvrdili povezanost između varijabli za procjenu snage i brzine između laboratorijskih i terenskih mjerenja.

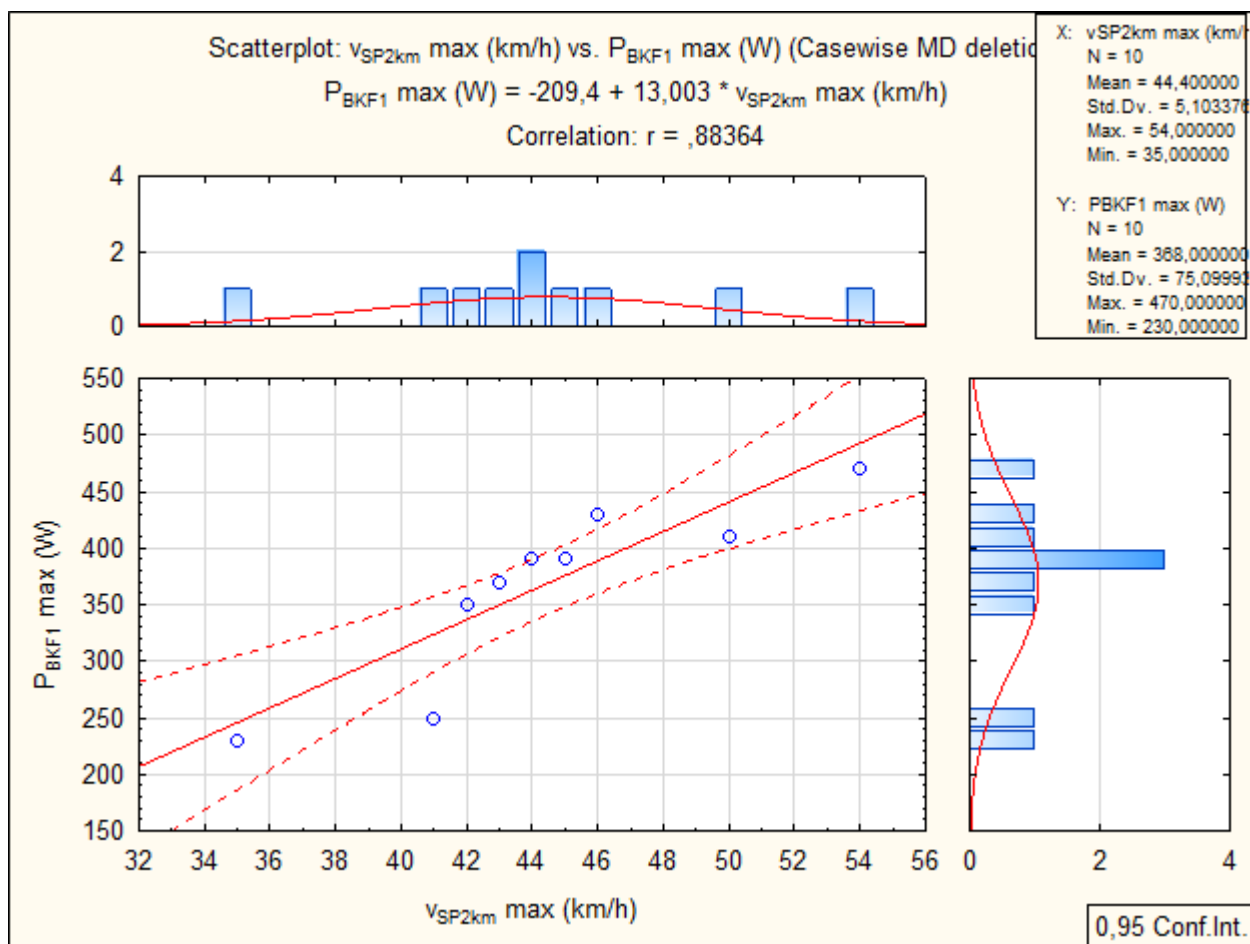
Slika 15. Odnos P max (W) u testovima PT2KM i SP2KM



Grafički prikaz na slici 15. nam pokazuje vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute snage u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) koja iznosi  $r=0,99$ . Navedeni graf nam govori da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu snagu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) postići će i veću maksimalnu snagu u test trci na pisti na dionici od 2000 metara (SP2KM).

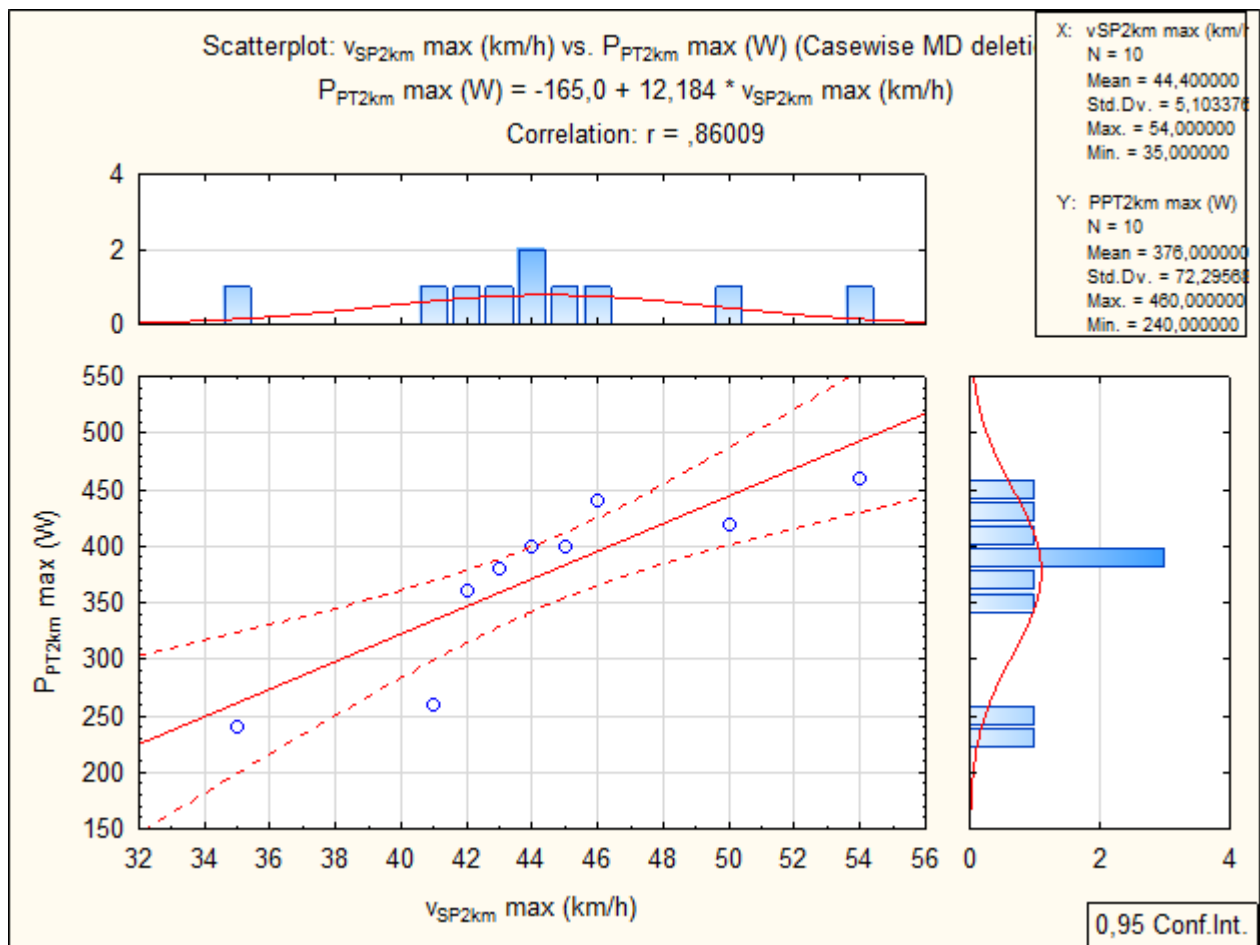
Slika 16. Odnos P max (W) i V max (km/h) u testovima SP2KM i BKF1





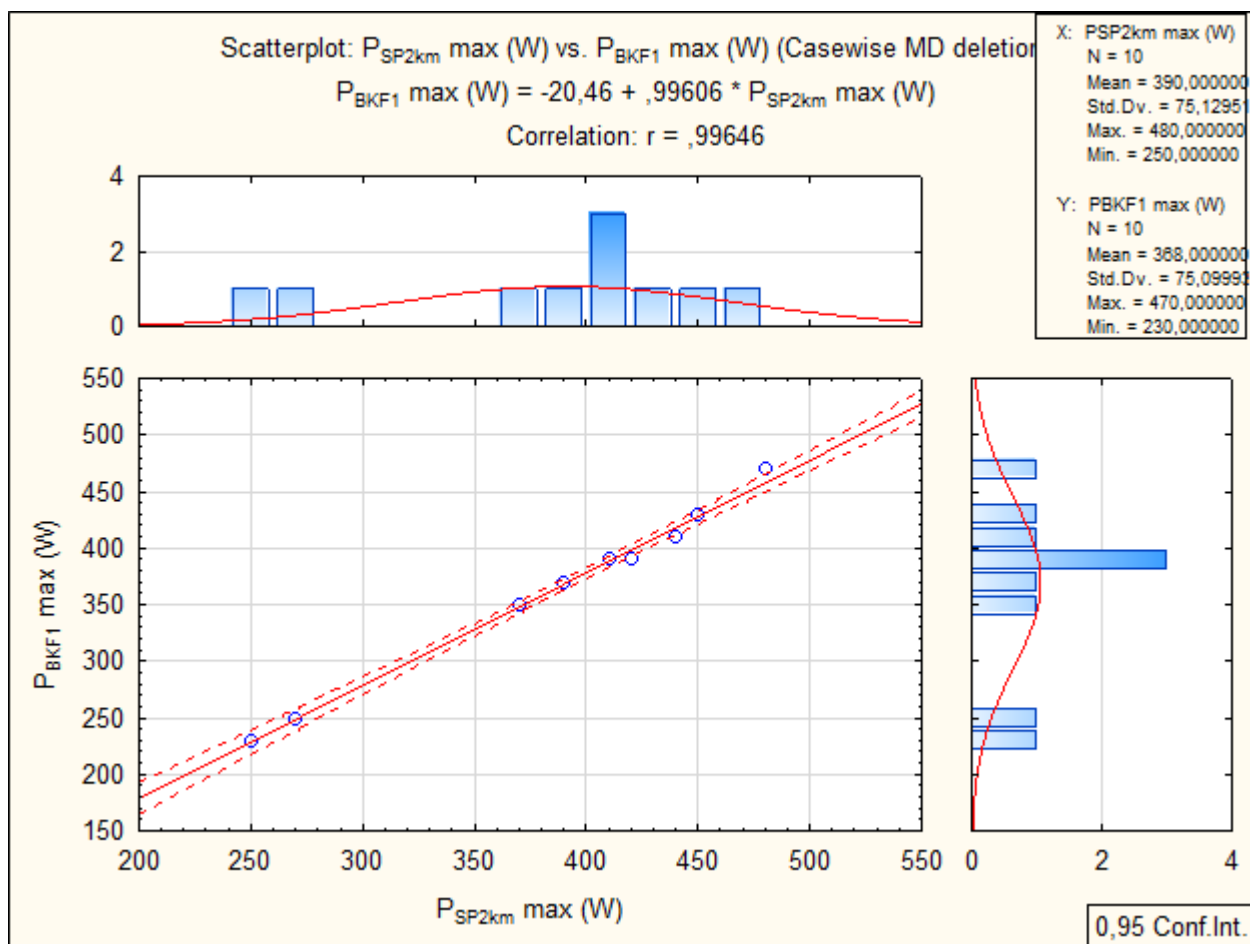
Grafički prikaz na slici 16. nam pokazuje vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute brzine u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) i progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1KM) koja iznosi  $r=0,88$  što je u skladu sa istraživanjem koje su proveli (Balmer J. i sur., 2000.) gdje su utvrdili vrlo visoku korelaciju ( $r=0,99$ ) u maksimalnoj postignutoj snazi između laboratorijskog i terenskog mjerenja. Navedeni graf na govori da ispitanici koji su postigli veću snagu u testu BKF1 postići će i veću maksimalnu brzinu u testu SP2KM.

Slika 17. Odnos  $P$  max (W) i  $V$  max (km/h) u testovima SP2KM i PT2KM



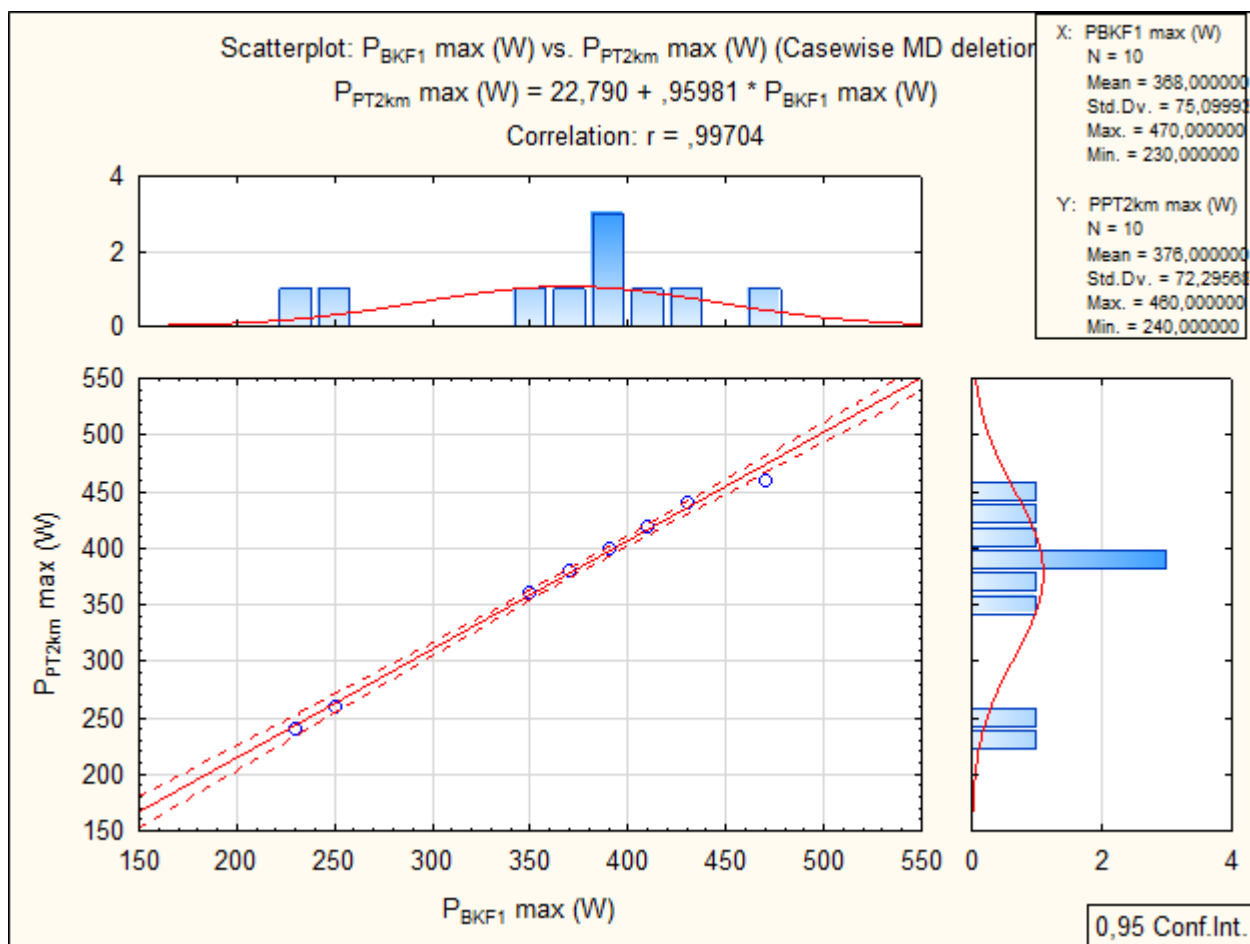
Grafički prikaz na slici 17. nam pokazuje visoko korelaciju između maksimalne postignute brzine u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) koja iznosi  $r=0,87$ . Navedeni graf na govori da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu brzinu u vožnji na vrijeme na pisti (SP2KM) postići će i veću maksimalnu snagu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu (PT2KM).

Slika 18. Odnos  $P$  max (W) u testovima SP2KM i BKF1



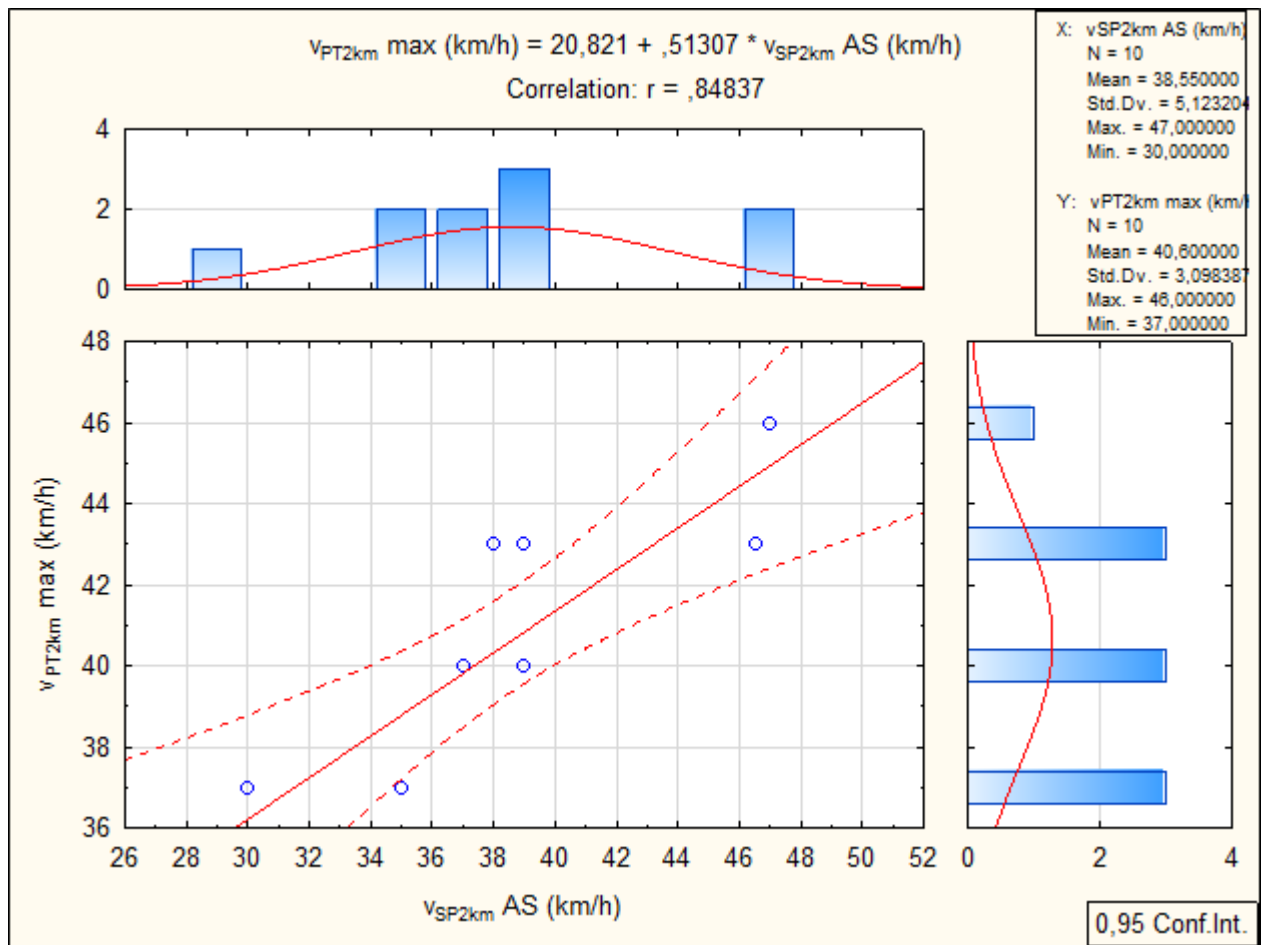
Grafički prikaz na slici 19. nam pokazuje vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute snage u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) i progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) koja iznosi  $r=0,99$ . Navedeni graf na govori da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu snagu u vožnji na vrijeme na pisti (SP2KM) postići će i veću maksimalnu snagu u progresivnom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1).

Slika 20. Odnos  $P \text{ max (W)}$  u testovima BKF1 i PT2KM



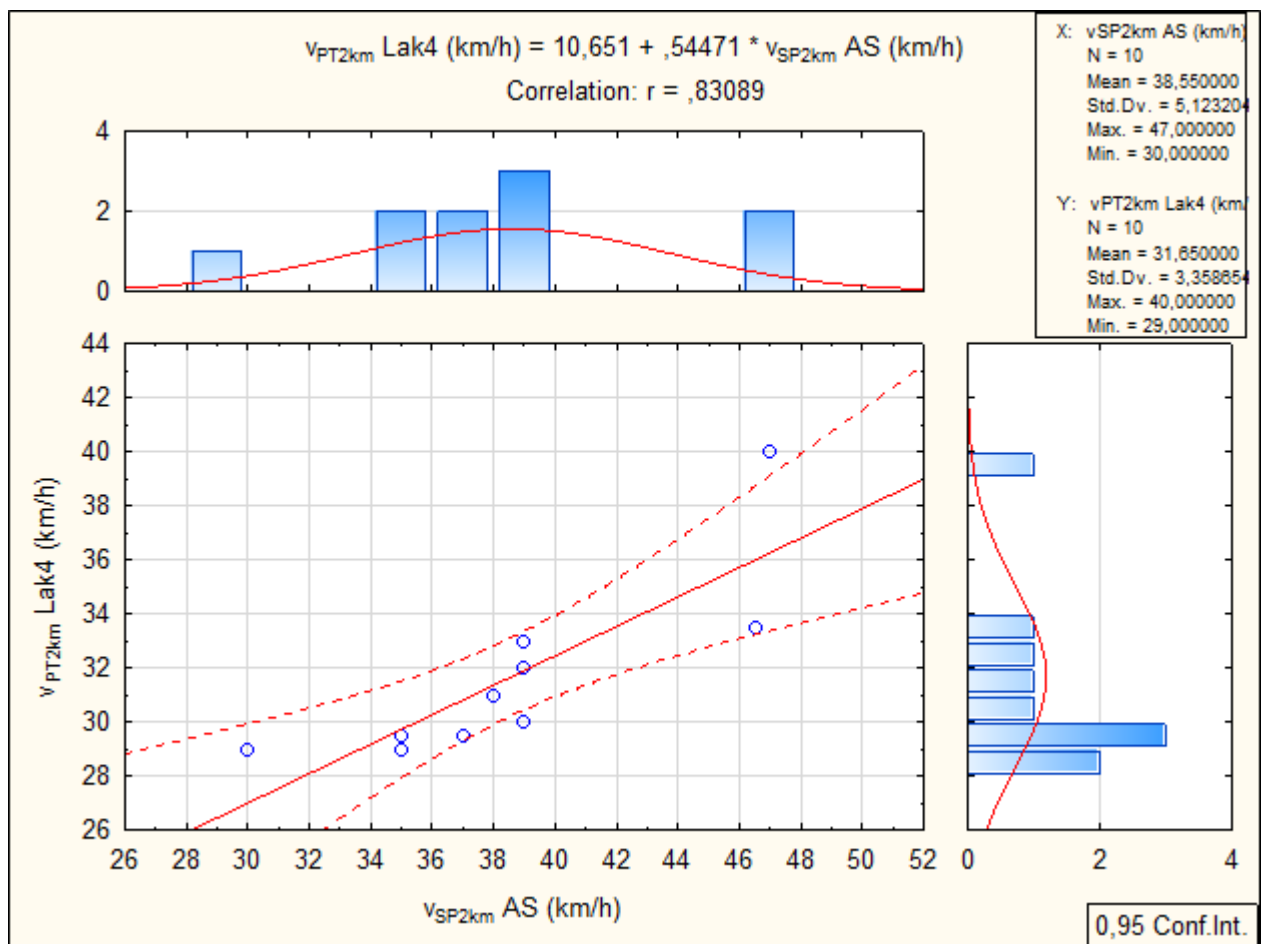
Grafički prikaz na slici 20. nam pokazuje vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute snage u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) koja iznosi  $r=0,99$ . Navedeni graf na govori da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu snagu u progresivnom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) postići će i veću maksimalnu snagu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM).

Slika 21. Odnos  $V_{max}$  (km/h) i  $V_{as}$  (km/h) u testovima SP2KM i PT2KM



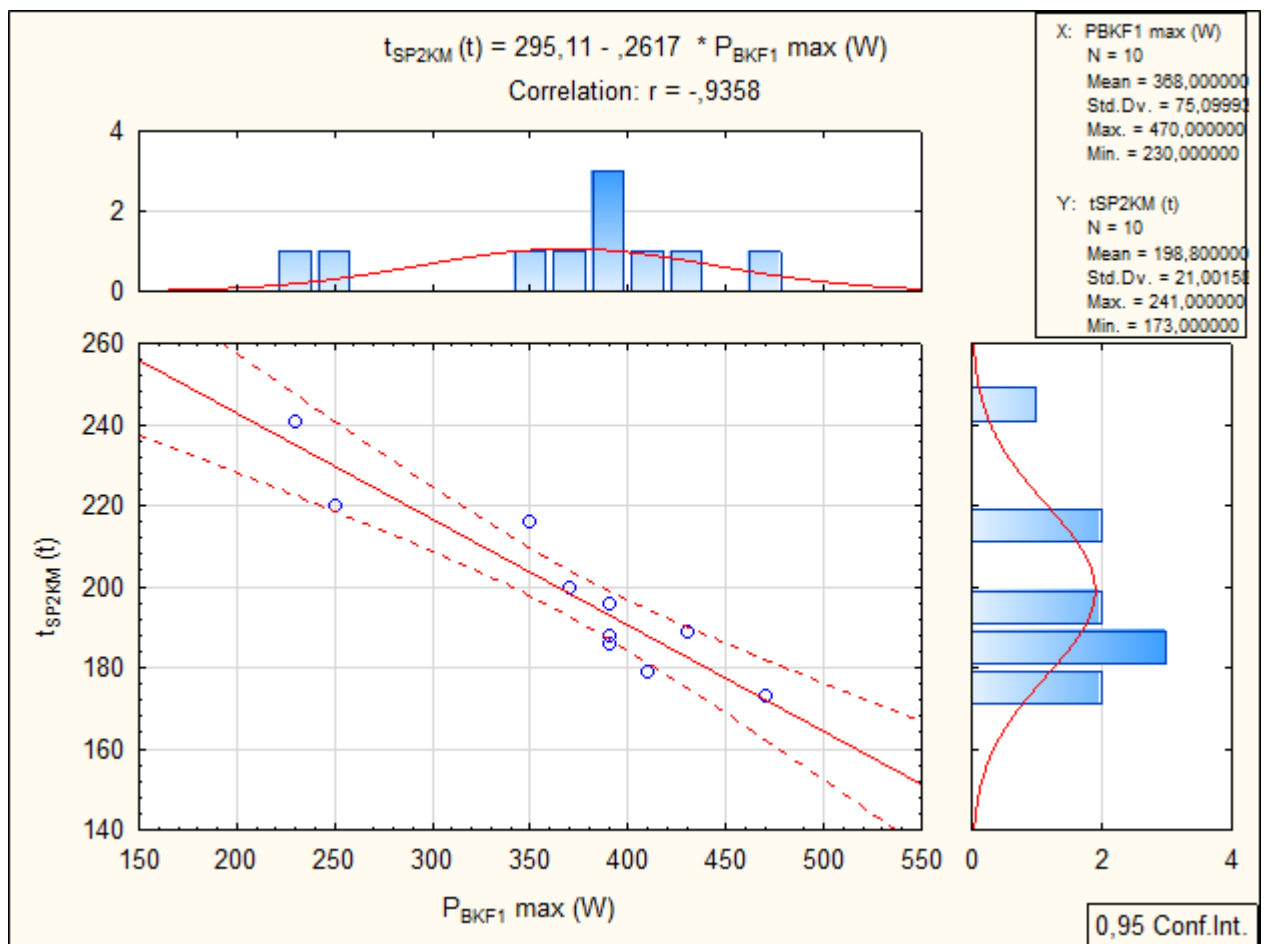
Grafički prikaz na slici 21. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između prosječne postignute brzine u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) i maksimalne postignute brzine u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) koja iznosi  $r=0,84$ . Navedeni graf nam govori da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu brzinu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) ostvarit će veću prosječnu brzinu u vožnji na vrijeme na pisti na dionici od 2000 metara (PT2KM).

Slika 22. Odnos V Lak4 (km/h) i V AS (km/h) u testovima PT2KM i SP2KM



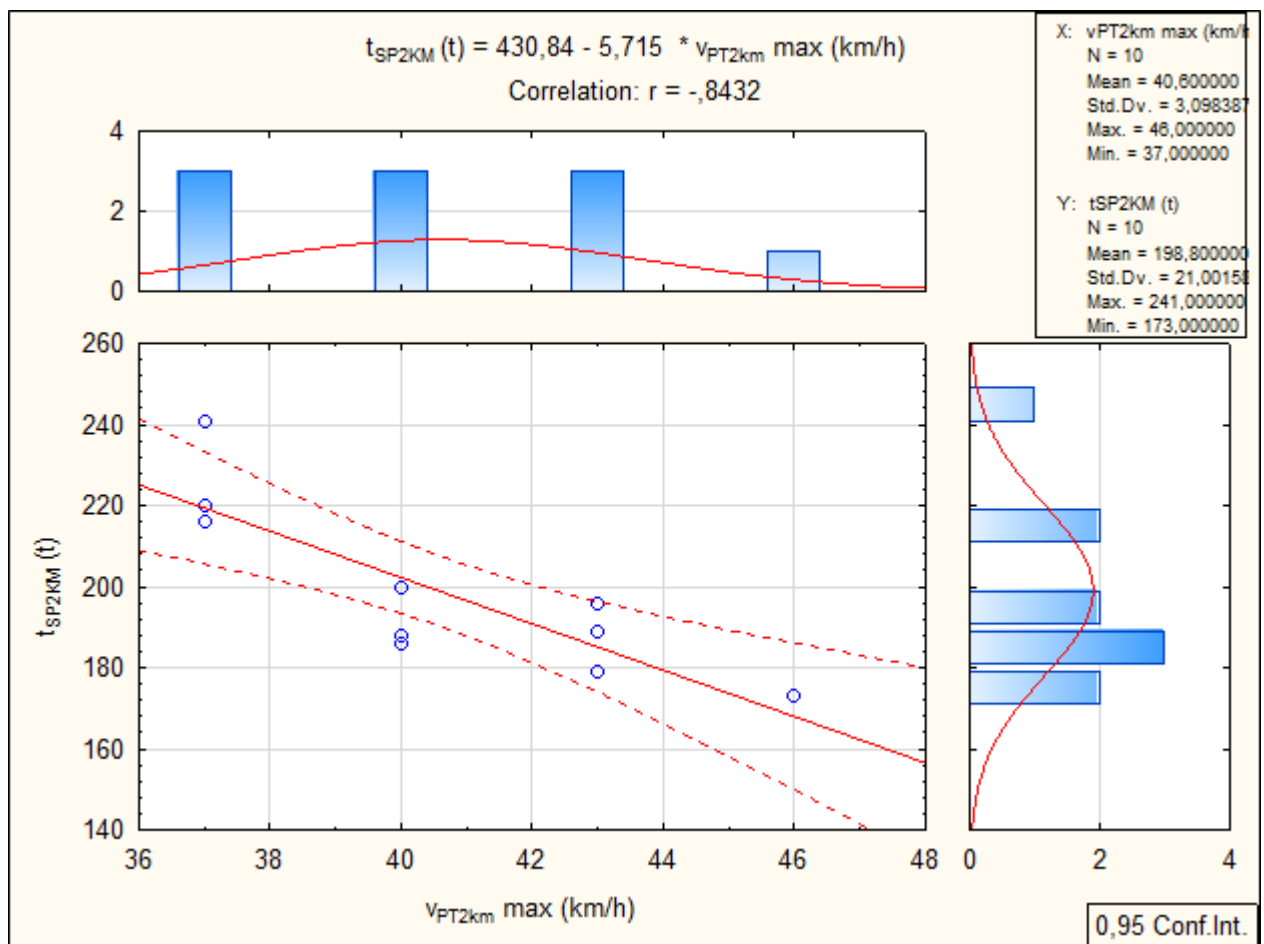
Grafički prikaz na slici 22. prikazuje vrlo visoku korelaciju između postignute brzine pri koncentraciji laktata u krvi od 4 mmol/l u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i prosječne ostvarene brzine u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,83$ . Navedeni graf nam govori da ispitanici koji su postigli veću brzinu pri koncentraciji laktata u krvi od 4 mmol/L u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu (PT2KM), ostvarit će veću prosječnu brzinu u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

Slika 23. Odnos t (vrijeme) i P max (W) u testovima SP2KM i BKF1



Grafički prikaz na slici 23. prikazuje vrlo visoku korelaciju između vremena postignutog na test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) i maksimalne postignute snage u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) koja iznosi  $r=0,93$ . Navedeni graf nam govori da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu snagu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), postići će kraće vrijeme na test trci na 2000 metara, odnosno što je veća postignuta snaga (W) u testu BKF1, vrijeme u testu SP2KM je manje.

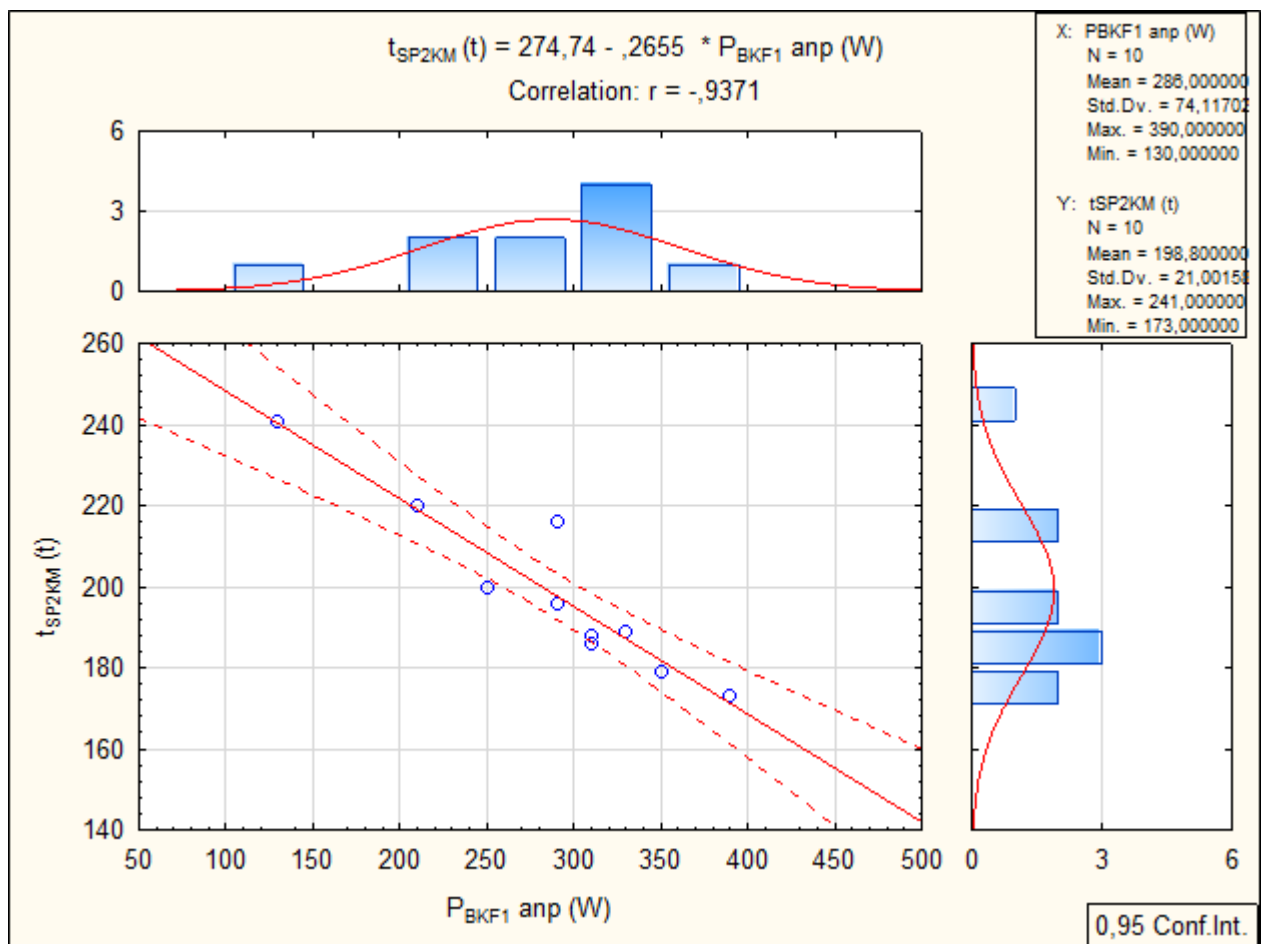
Slika 24. Odnos t (vrijeme) i V max (km/h) u testovima SP2KM i PT2KM



Grafički prikaz na slici 24. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute brzine u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i vremena ostvarenog na test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,84$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu brzinu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu (PT2KM), postići će kraće vrijeme na test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

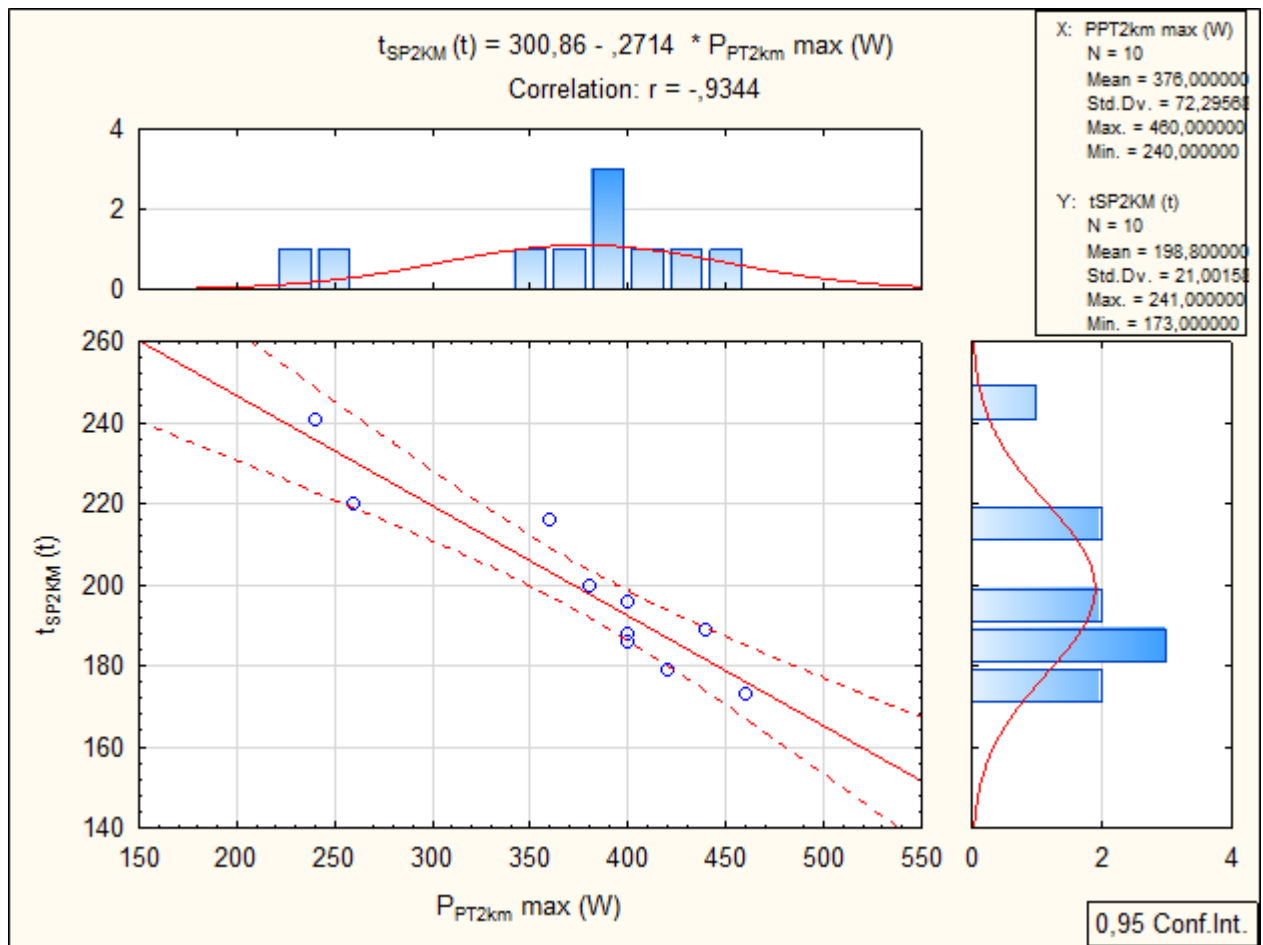


Slika 25. Odnos t (vrijeme) i P max (W) u testovima SP2KM i BKF1



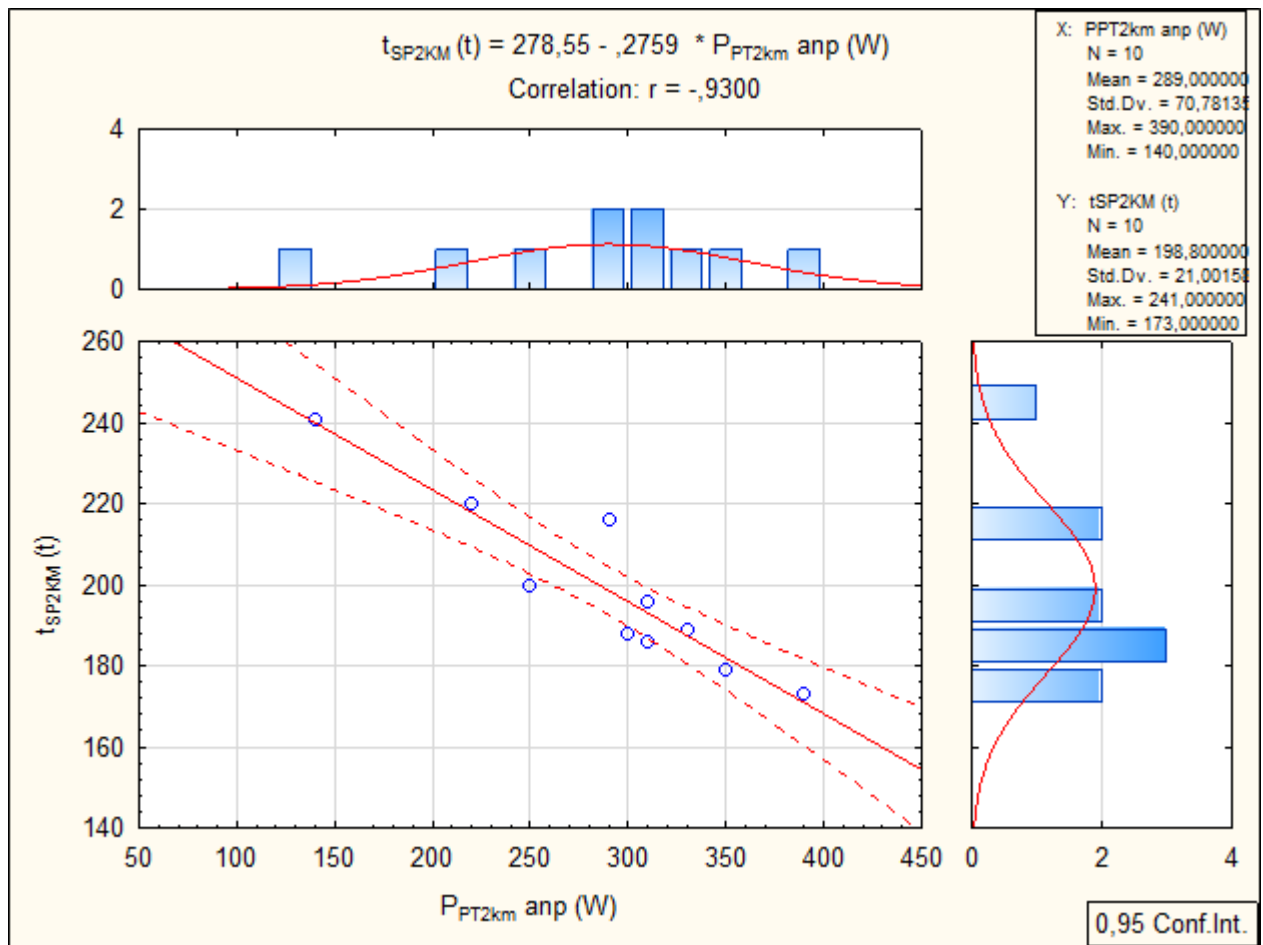
Grafički prikaz na slici 25. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute snage u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) i vremena ostvarenog na test trci na pisti na dionici od 2000 metara (SP2KM) koja iznosi  $r=0,93$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu snagu (W) u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), postići će kraće vrijeme na test trci 2000 metara na pisti (SP2KM).

Slika 26. Odnos t (vrijeme) i P max (W) u testovima SP2KM i PT2KM



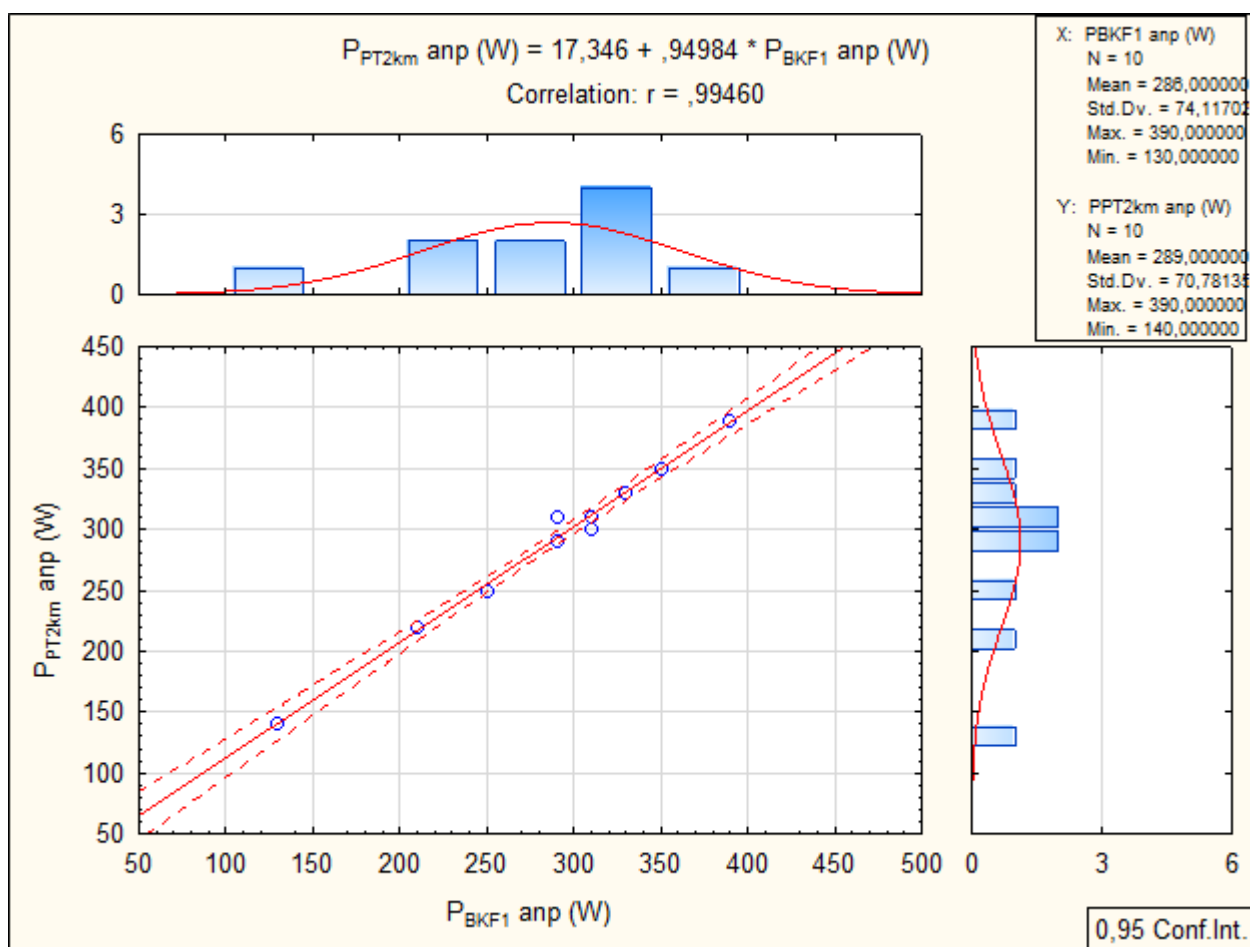
Grafički prikaz na slici 26. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute snage (W) u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i vremena ostvarenog na test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,93$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu snagu (W) u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu (PT2KM), postići će kraće vrijeme na test trci na 2000 metara (SP2KM).

Slika 27. Odnos t (vrijeme) i P anp (W) u testovima SP2KM i PT2KM



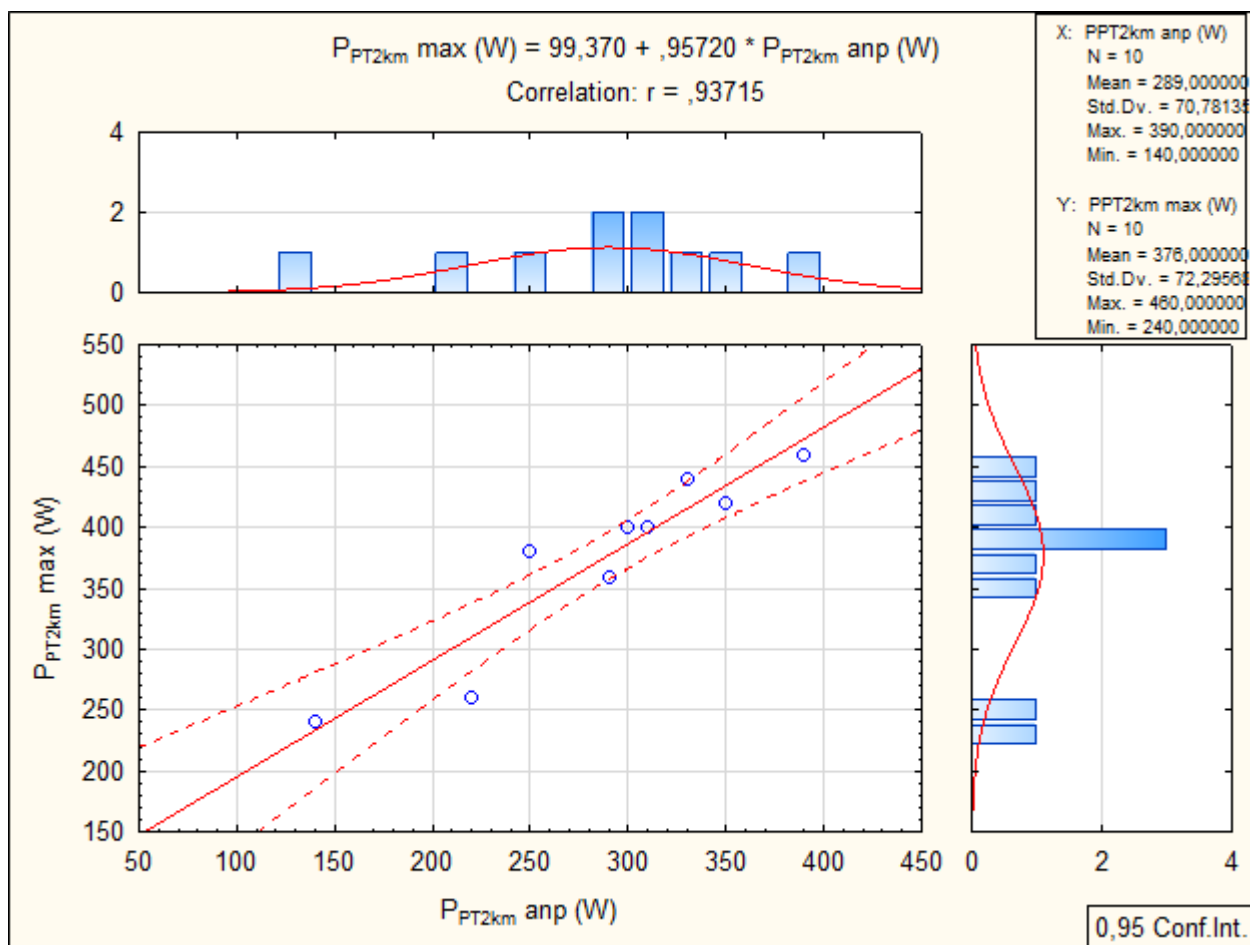
Grafički prikaz na slici 27. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između postignute snage pri anaerobnom pragu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i vremena ostvarenog na test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,93$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću snagu (W) pri anaerobnom pragu, postići će kraće vrijeme na test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

Slika 28. Odnos P anp (W) u testovima BKF1 i PT2KM



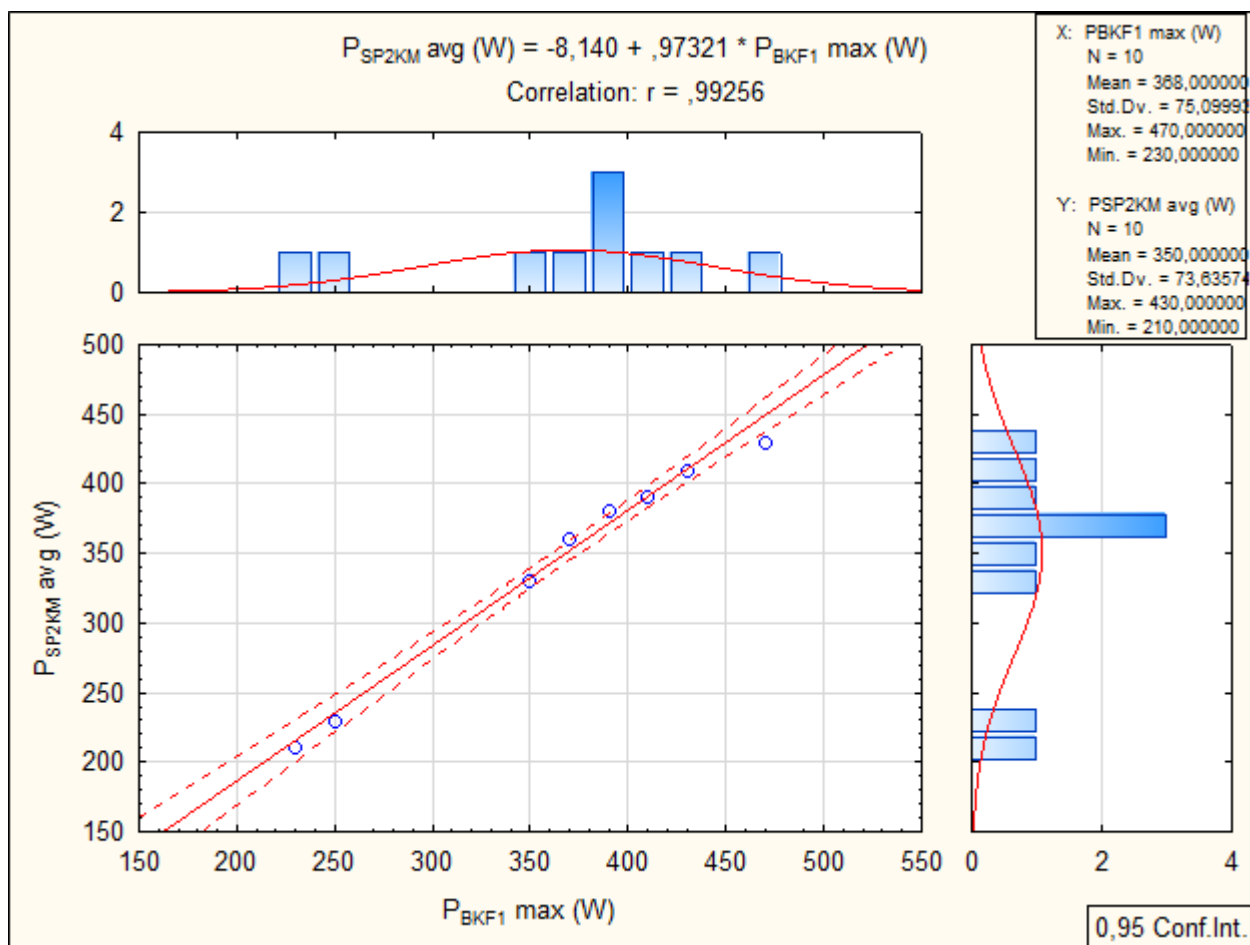
Grafički prikaz na slici 28. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između postignute snage pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) koja iznosi  $r=0,99$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću snagu (W) pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), postići će i veću snagu (W) pri anaerobnom pragu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM).

Slika 29. Odnos P anp (W) i P max (W) u testu PT2KM



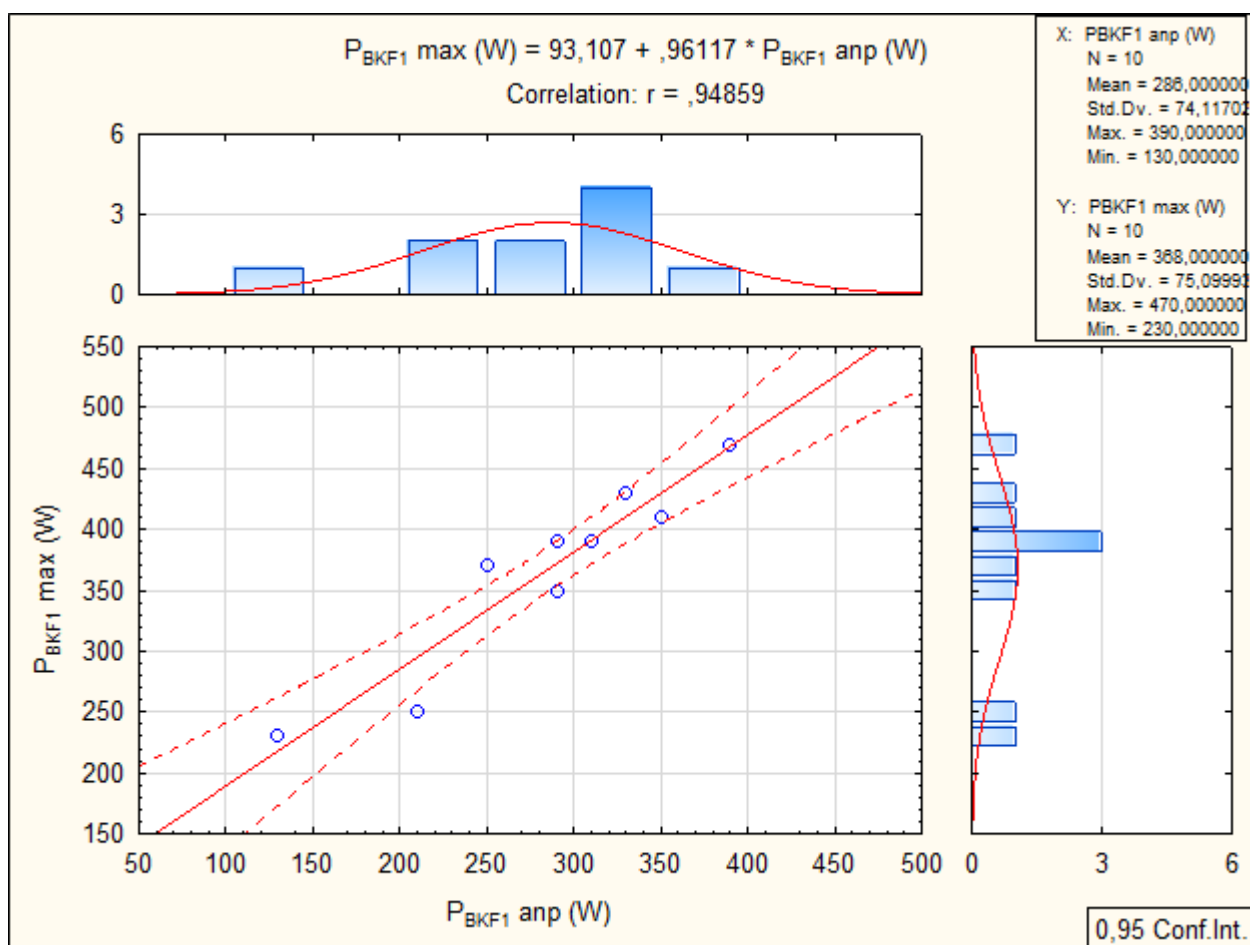
Grafički prikaz na slici 29. prikazuje na vrlo visoku korelaciju između postignute snage pri anaerobnom pragu te maksimalne postignute snage (W) u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu koja iznosi  $r=0,93$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da osobe koje su postigle veću snagu pri anaerobnom pragu, postići će i veću maksimalnu snagu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM).

Slika 30. Odnos P avg (W) i P max (W) u testovima BKF1 i SP2KM



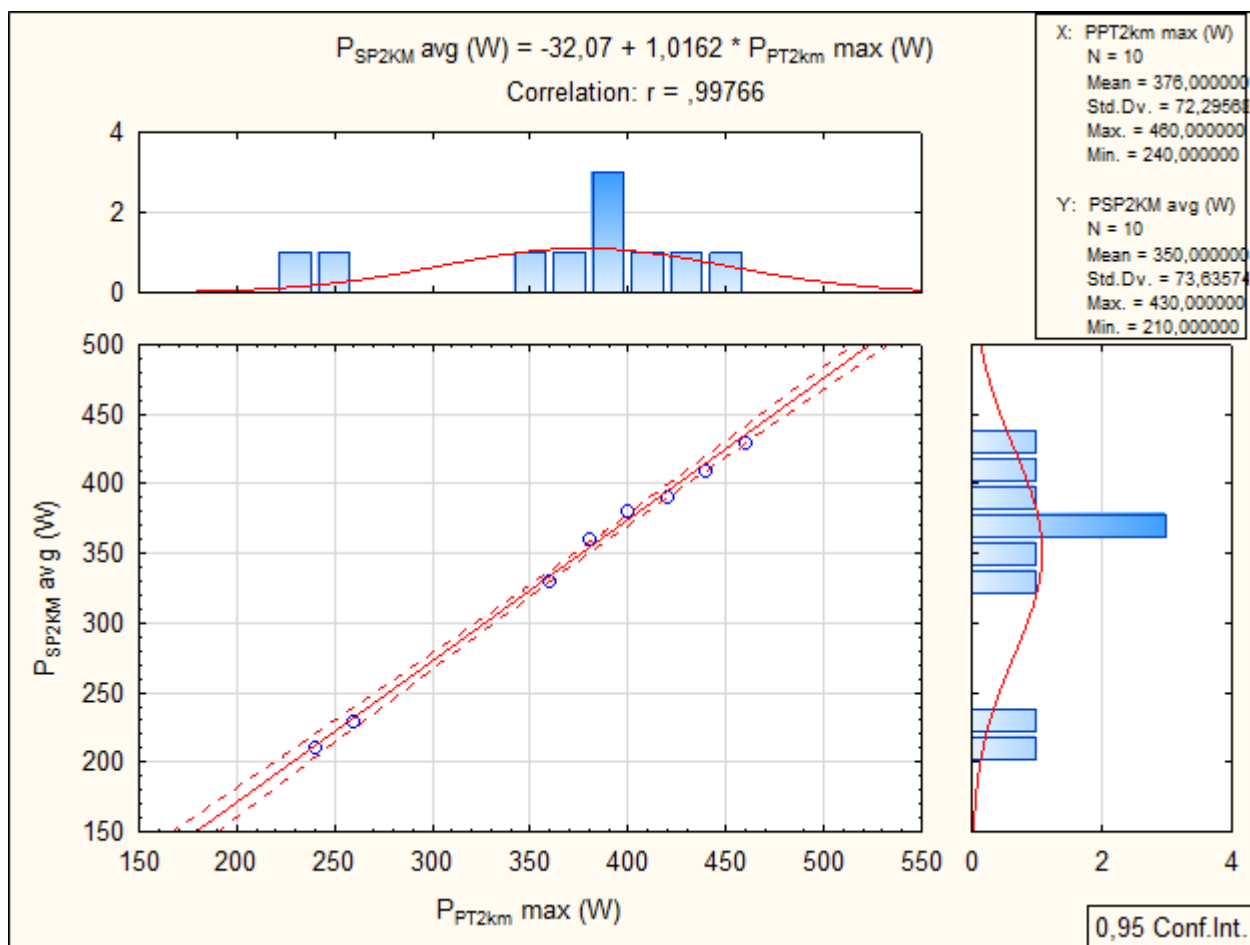
Grafički prikaz na slici 30. nam prikazuje vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute snage u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) i prosječne postignute snage u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,99$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu snagu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), postići će veću prosječnu snagu u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

Slika 31. Odnos  $P_{\text{anp}}$  (W) i  $P_{\text{max}}$  (W) u testu BKF1



Grafički prikaz na slici 31. nam prikazuje vrlo visoku korelaciju između postignute snage pri anaerobnom pragu te maksimalne postignute snage u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) koja iznosi  $r=0,94$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujem da ispitanici koji su postigli veću snagu pri anaerobnom pragu, postići će i veću maksimalnu snagu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1).

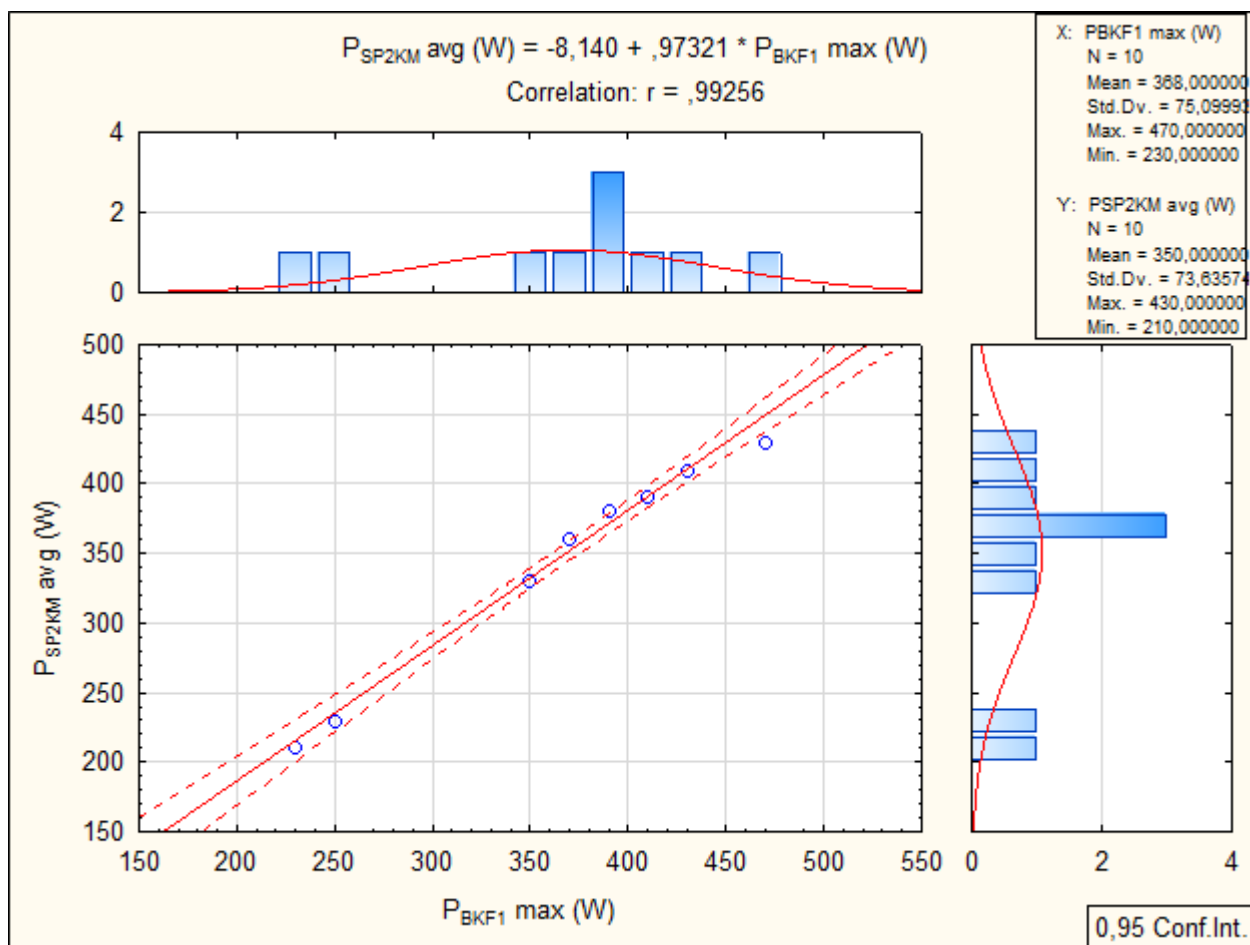
Slika 32. Odnos P avg (W) i P max (W) u testu PT2KM i SP2KM



Grafički prikaz na slici 32. nam prikazuje vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute snage u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i prosječne postignute snage u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,99$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu snagu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM), postići će i veću prosječnu snagu u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

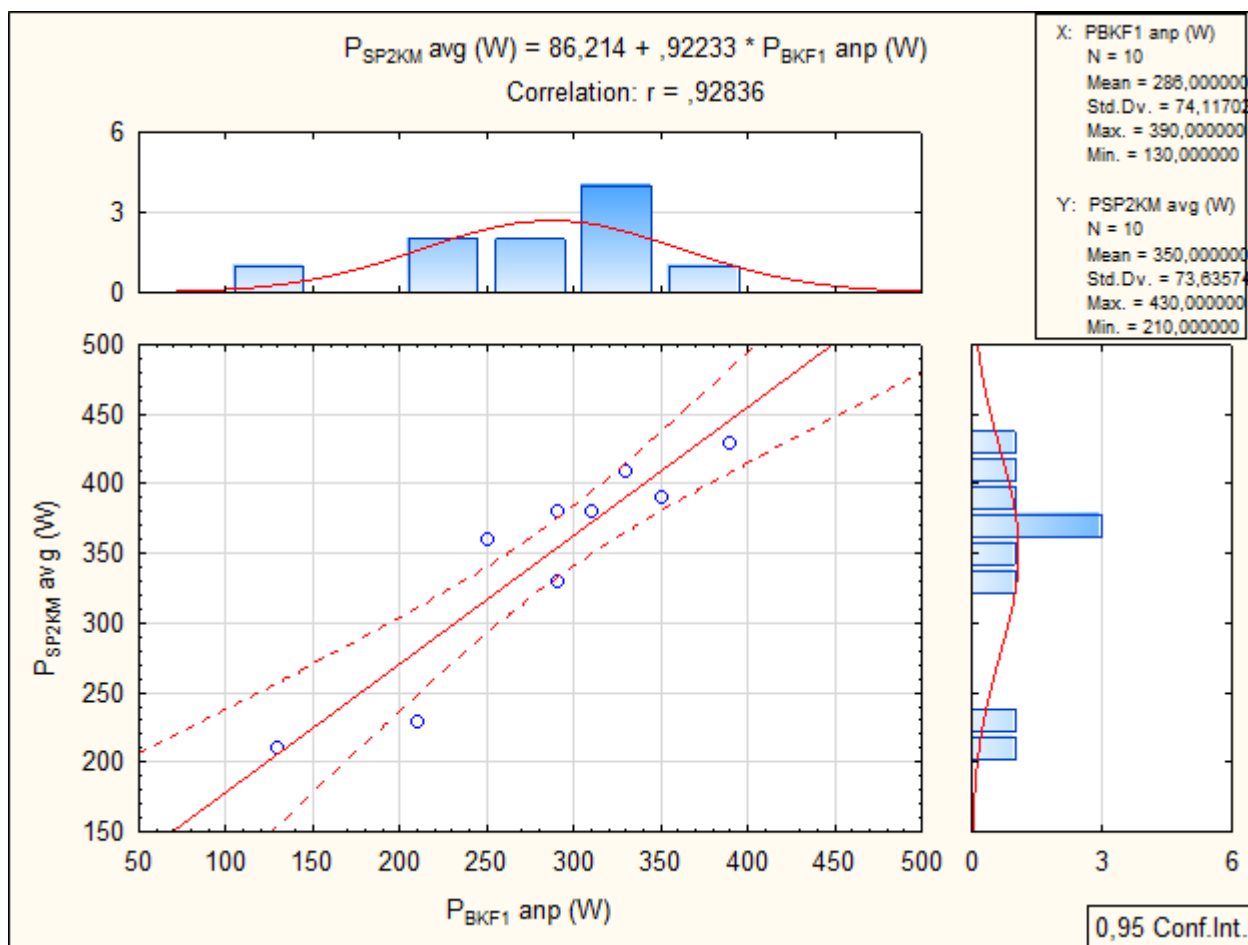


Slika 33. Odnos P avg (W) i P max (W) u testu BKF1 i SP2KM



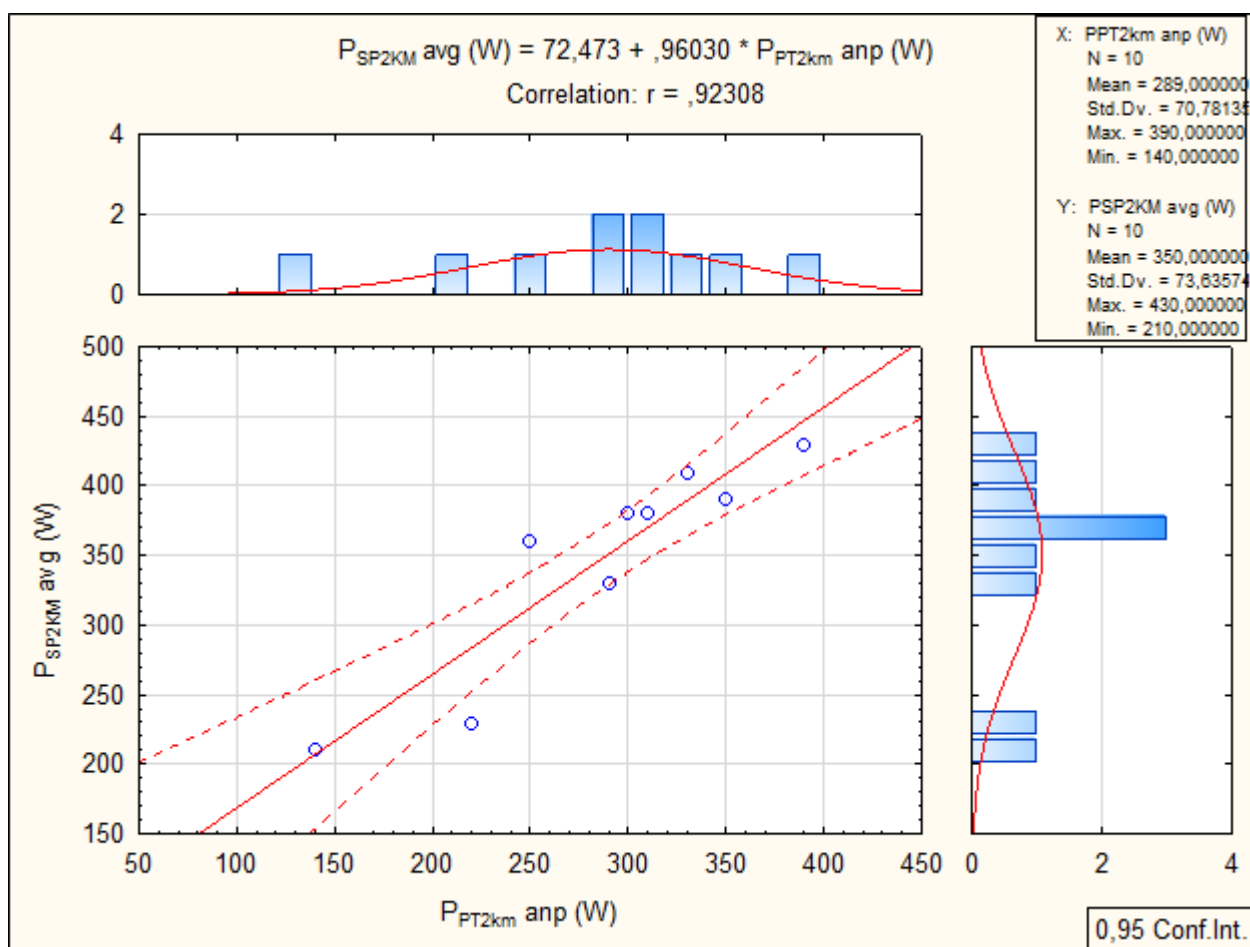
Grafički prikaz na slici 33. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute snage u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) i test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,99$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu snagu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), postići će i veću prosječnu snagu u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

Slika 34. Odnos P anp (W) i P avg (W) u testovima BKF1 i SP2KM



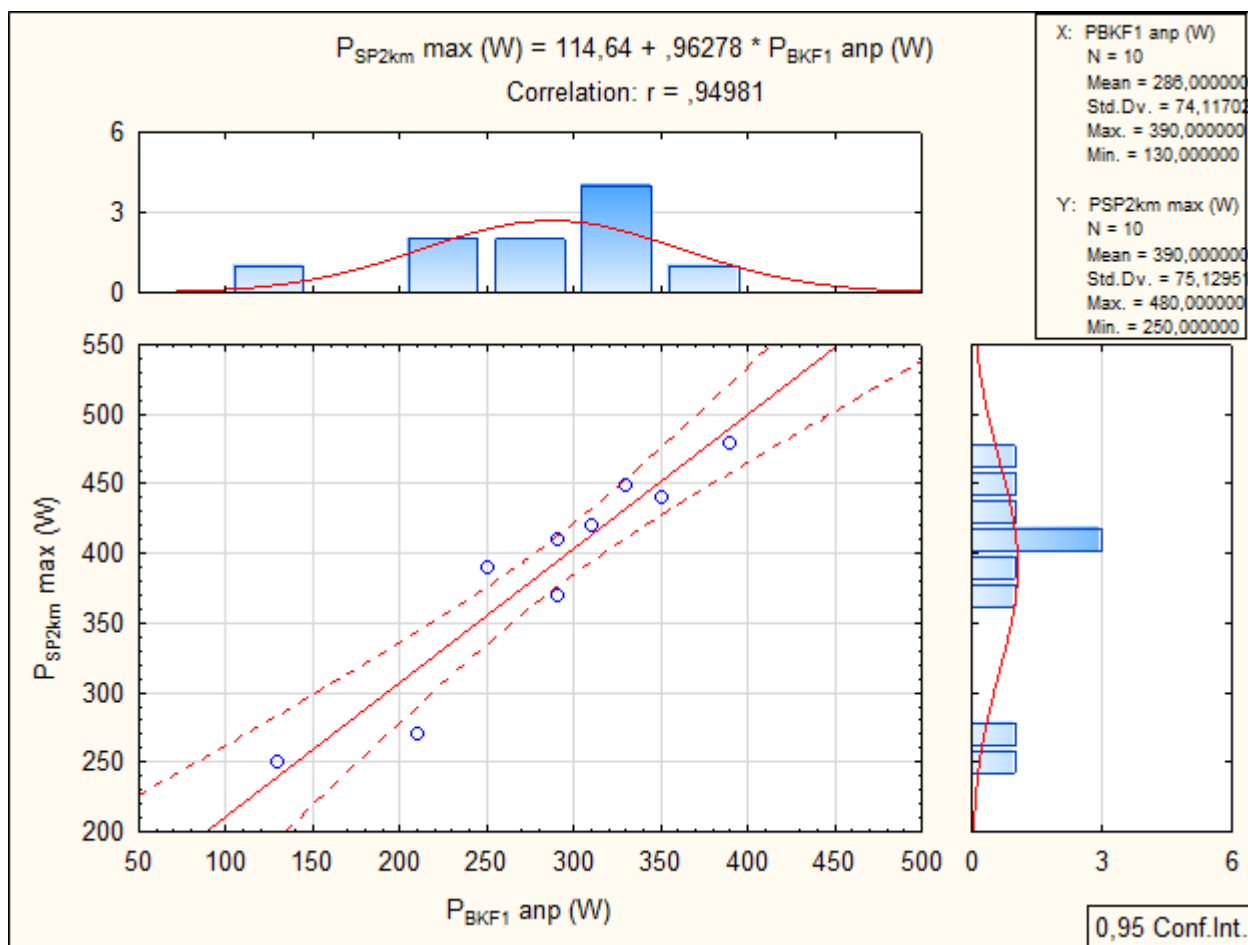
Grafički prikaz na slici 34. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između postignute snage pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) i prosječne postignute snage u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,92$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujem da ispitanici koji su postigli veću snagu pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), postići će i veću prosječnu snagu u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

Slika 35. Odnos P anp (W) i P avg (W) u testovima PT2KM i SP2KM



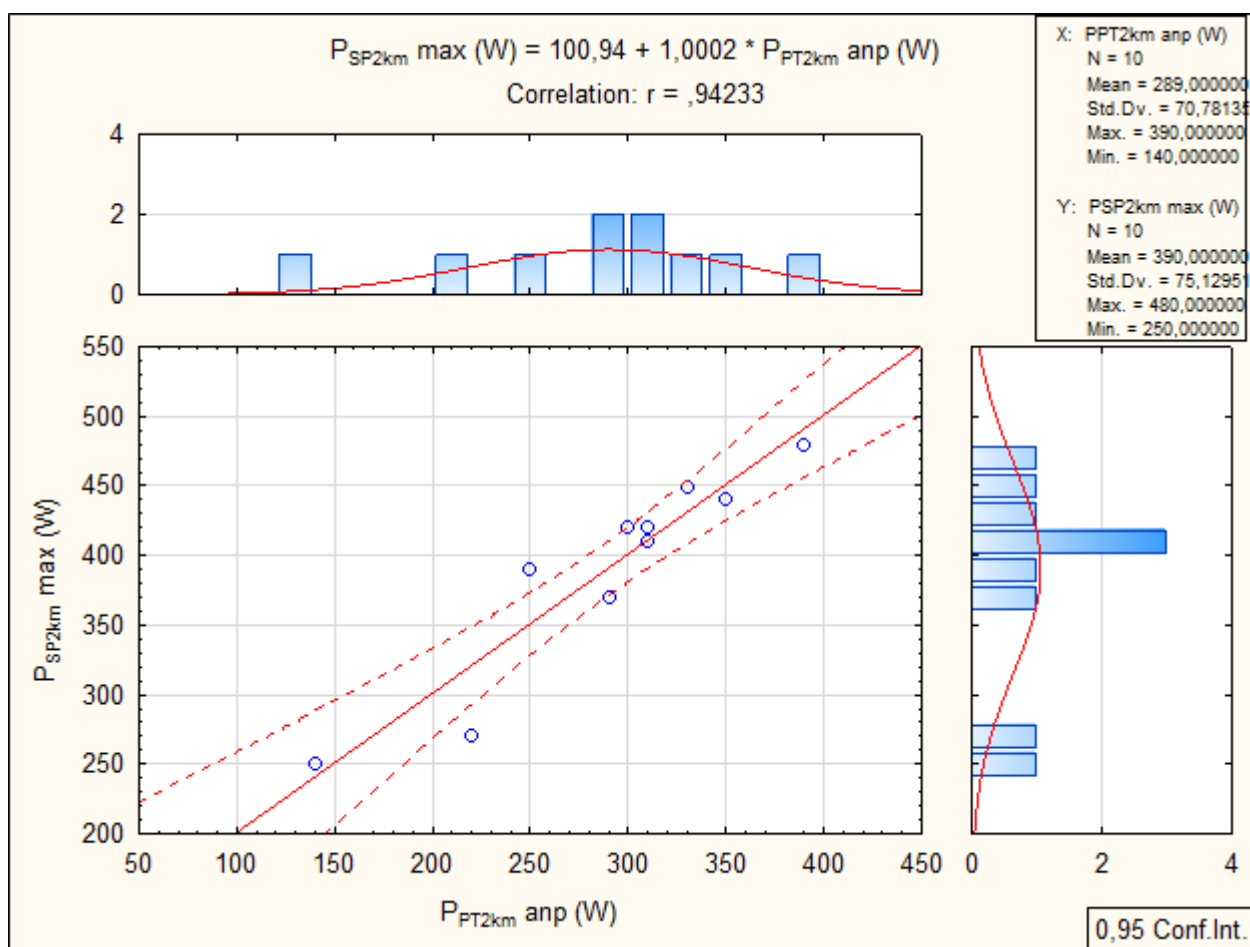
Grafički prikaz na slici 35. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između postignute snage pri anaerobnom pragu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i prosječne postignute snage u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,92$ . Iz navedenog zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću snagu pri anaerobnom pragu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM), postići će i veću prosječnu snagu u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

Slika 36. Odnos  $P_{\text{anp}}$  (W) i  $P_{\text{max}}$  (W) u testovima BKF1 i SP2KM



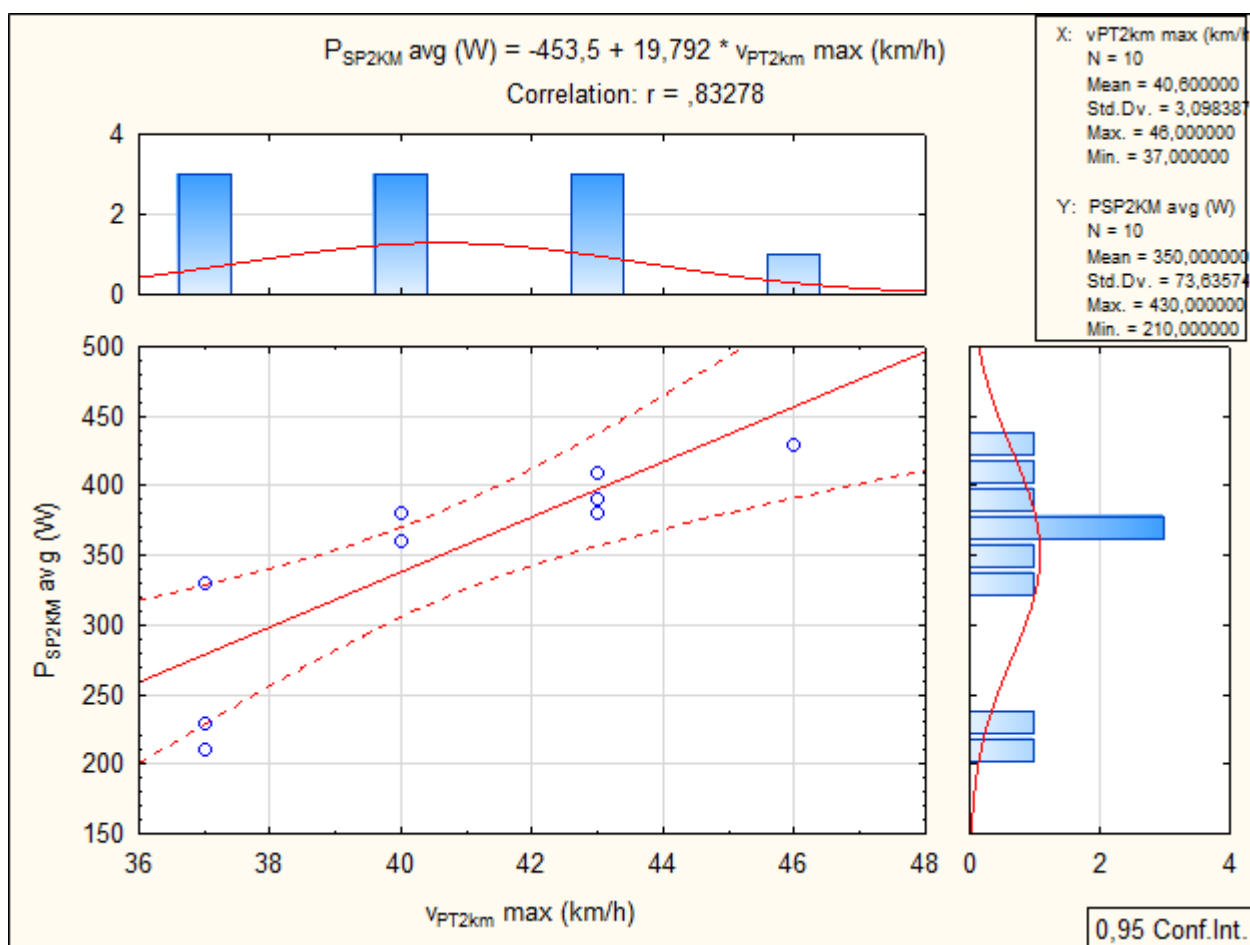
Grafički prikaz na slici 36. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između postignute snage pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1) i maksimalne postignute snage u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,94$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću snagu pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru (BKF1), postići će i veću maksimum snagu u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

Slika 37. Odnos  $P_{anp}$  (W) i  $P_{max}$  (W) u testovima PT2KM i SP2KM



Grafički prikaz na slici 37. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između postignute snage pri anaerobnom pragu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM) i maksimalne postignute snage u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,94$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću snagu pri anaerobnom pragu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM), postići će i veću maksimalnu snagu u test trci na 2000 metara na (SP2KM).

Slika 38. Odnos  $V_{\max}$  (km/h) i  $P_{\text{avg}}$  (W) u testovima PT2KM i SP2KM



Grafički prikaz na slici 38. prikazuje nam vrlo visoku korelaciju između maksimalne postignute brzine u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu (PT2KM) i prosječne postignute snage u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM) koja iznosi  $r=0,83$ . Iz navedenog grafičkog prikaza zaključujemo da ispitanici koji su postigli veću maksimalnu brzinu u progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu (PT2KM), postići će i veću prosječnu snagu u test trci na 2000 metara na pisti (SP2KM).

## 7. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata istraživanja zaključujemo da su sva tri testa primjenjiva što se tiče mjerenja maksimalnih postignutih vrijednosti. Parametri izmjereni protokolima BKF1 i PT2KM imaju visoku prediktivnu moć sa dostignućem na test trci na 2000 metara na pisti. Analizom vrijednosti frekvencije srca pri anaerobnom pragu zaključujemo da je anaerobni prag sa svojim vrijednostima u testu BKF1 bliži prosječnoj frekvenciji srca u testu SP2KM. Na temelju toga zaključujemo da biciklisti voze u test trci na 2000 metara na vrijednostima većima od anaerobnog praga procijenjenog testom BKF1. Na temelju rezultata istraživanja zaključujemo da je točka defleksija pouzdanija metoda za određivanje anaerobnog praga u protokolu BKF1 od koncentracija laktata u krvi od 4 mmol/L u protokolu PT2KM. Ukoliko želimo da naš ispitanik duže vrijeme provede u anaerobnoj zoni i postigne veću koncentraciju laktata u krvi, temeljem rezultata istraživanja zaključujemo da je za to predviđen progresivni kontinuirani test opterećenja na bicikl ergometru (BKF1). Ukoliko želimo procijeniti maksimalnu brzinu ( $V_{max}$  u km/h) koju biciklisti mogu postići, temeljem rezultata istraživanja zaključujemo da je precizniji test trka na 2000 metara na pisti. Isto vrijedi i za maksimalnu postignutu snagu, temeljem rezultata istraživanja zaključujemo da ukoliko želimo kod biciklista provjeriti maksimalnu snagu ( $W_{max}$ ) koju mogu postići najprecizniji test je test vožnja na vrijeme na pisti na dionici od 2000 metara, no moguće je te vrijednosti sa zadovoljavajućom pouzdanošću izmjeriti i sa protokolima BKF1 i PT2KM. Ispitanici koji su postigli bolje vrijednosti u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu moći će držati veću prosječnu snagu ( $W$ ) u test trci na 2000 metara na pisti. Također zaključujemo da veća postignuta snaga pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu prognozira nam bolji doseg na navedenim testovima. Temeljem rezultata istraživanja zaključujemo da ispitanici koji ostvaruju veću snagu i brzinu pri anaerobnom pragu u progresivnom kontinuiranom testu opterećenja na bicikl ergometru i progresivnom diskontinuiranom terenskom testu na cestovnom biciklu, odnosno ispitanici koji imaju bolji anaerobni prag u navedenim testovima ostvarit će kraće vrijeme u test trci na 2000 metara. Prema tome zaključujemo da su oba protokola validativna i prognoziraju tko će biti bolji u test trci na 2000 metara jer su vrijednosti pri anaerobnom pragu te maksimalne vrijednosti u progresivnom testu opterećenja na bicikl ergometru vrlo visoko korelirane sa progresivnim diskontinuiranim terenskim testom.

Navedene protokole možemo koristiti u dijagnostici za procjenu kondicijske pripremljenosti jer vrlo dobro na temelju rezultata istraživanja predviđaju natjecateljsku uspješnost.



## 8. LITERATURA:

1. Ahrend, M., Schneeweiss, P., Theobald, U., Niess, A. M., Krauss, I. (2016). Comparison of laboratory parameters of a mountain bike specific performance test and a simulated race performance in the field. *Journal of Science and Cycling*, 5(1), 3-9.
2. Balmer, J., Davison, R. C., Bird, S. R. (2000). Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1-km cycling time trial. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(8):1485-1490.
3. Barstow, T.J., Casaburi, R., Wasserman, K. (1993). O<sub>2</sub> uptake kinetics and the O<sub>2</sub> deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *Journal of Applied Physiology* Published, 75(2), 755-62.
4. Bentley, D. J., McNaughton, L. R., Thompson, D., Vleck, V. E. and Batterham, A. M., 2001. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 (12), 2077-2081.
5. Borg, G. Perceived exertion: A note on history and methods. (1973). *Medicine and Science in Sports* 5, 90-93.
6. Bodner, M.E., Rhodes, E.C. (2000). A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Medicine*, 30(1), 31-46.
7. Carey, D. G., Pliego, G. J., Raymond, R. L. (2008). A comparison of different heart rate deflection methods to predict the anaerobic threshold. *European Journal of Sport Science*, 8(5), 315–323.
8. Chicharro, J. L., Hoyos, J., Lucia, A. (2000). Effects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 34(6), 450–455.
9. Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, G., Drogheti, P., Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by non-invasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 52, 869-873.
10. Conconi, F., Grazi, G., Casoni, I., Guglielmini, C., Borsetto, C., Ballarin, E., Mazzoni, G., Patracchini, M., Manfredin, F. (1996). The Conconi Test: Methodology After 12 Years of Application. *International Journal of Sports Medicine*, 17(7), 509-519.
11. Coso, J. D., Mora-Rodriguez, R. (2006). Validity of cycling peak power as measured by a short-sprint test versus the Wingate anaerobic test. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 31(3), 186-189.

12. Friel, J. (1998). Planiranje. U J. Friel (ur.), Cestovni biciklizam – periodizacija i trening (str. 93-156). Zagreb: GALOP.
13. Hawley, J. A., Noakes, T. D. (1992). Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 65(1), 79-83.
14. Kinderman W., Simon G., Keul J. (1979) The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 42(1), 25-34.
15. Kresonja, J. (2011). Biciklizam općenito. U J. Kresonja (ur.), Biciklistički priručnik (str. 9-11). Zagreb: Josip Kresonja.
16. Lamberts, R. P., Swart, J., Noakes, T. D., Lambert, M. I. (2011). A novel submaximal cycle test to monitor fatigue and predict cycling performance. *British Journal of Sports Medicine*, 45(10), 797–804.
17. Lefever, J., Berckmans, D., Aerts, J.M. (2014). Time-variant modelling of heart rate responses to exercise intensity during road cycling. *European Journal of Sports Science*, 14(1), 406-412.
18. Lucia, A., Hoyos, J., Chiccharro, J.L. (2001). Physiology of Professional Road Cycling. *Sports Medicine*, 31(5), 325-337.
19. Lucia, A., Earnest, C., Arribas, C., (2003). The Tour de France: a physiological review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 13(5), 275-283.
20. Lucia, A., Hoyos, J., Perez M., Chicharro, JL., (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10):1777-82.
21. Lucia, A., Hoyos, J., Chicharro JL., (2001). Preferred pedalling cadence in professional cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8):1361-6.
22. Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philipp, H., Rost, R., Schürch, P., Hollmann. H. (1976). Zur Beurteilung der sportspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt Sportmed*, 27: 80-88 / 109-112.
23. Matković, B., i Ružić, L. (2009). Energija za rad. U Matković, B., i Ružić, L. (ur.), Fiziologija sporta i vježbanja (str. 37-48). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

24. McGawley, K., Bishop, D. (2006). Reliability of a 5 x 6-s maximal cycling repeated-sprint test in trained female team-sport athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 98(4), 383-393.
25. Milanović, D. (2010). Dijagnostika sposobnosti, osobina i znanja sportaša. U D. Milanović (ur.), *Teorija i metodika treninga* (str. 91-104). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
26. Mišigoj-Duraković, M. (2008.). *Kinantropologija: Biološki aspekti tjelesnog vježbanja*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
27. Padilla, S., Mujika, I., Cuesta, G., Goiriena, J.J. (1999). Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(6), 878-885.
28. Paton, C. D., Hopkins, W. G. (2001). Tests of cycling performance. *Sports Medicine*, 31(7), 489–496.
29. Pyne, D. B., Boston, T., Martin, D. T., Logan, A. (2000). Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *European Journal of Applied Physiology*, 82(1-2), 112-116.
30. Saunders, B., Sale, C., Harris, R. C., Morris, J. G., Sunderland, C. (2013). Reliability of a high-intensity cycling capacity test. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(3), 286-289.
31. Skinner, J.S., McLellan, T.M. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51(1), 234-248.
32. Smith, M.F., Davison, R.C., Balmer, J., Bird, S.R. (2001). Reliability of mean power recorded during indoor and outdoor self-paced 40 km cycling time-trials. *International Journal of Sports Medicine*, 22(4), 270-4.
33. Stegmann H, Kinderman W, Schnabel A. (1981). Lactate kinetics and the individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*. 2: 160-165.
34. Štimec, B (2015). Utjecaj specifičnog treninga disanja na parametre natjecateljske uspješnosti biciklista nacionalnog ranga. (Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
35. Villamueva-Mendez, A., Bishop, D., Hamer, P. (2007). Reproducibility of a 6-s maximal cycling sprint test. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(5), 323-326.
36. Vučetić, V. (2007). Razlike u pokazateljima energetske kapaciteta trkača dobivenih različitim protokolima opterećenja. (Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

37. Vučetić, V., Sukreški, M., Sporiš. (2013). Izbor adekvatnog protokola testiranja za procijenu aerobnog i anaerobnog energetskeg kapaciteta. U Jukić, I., Gregov, C., Šalaj, S., Milanović, L., Wertheimer, V (ur.), 11. godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša 2013, Zagreb, 22.-23. veljače, 2013. (str. 99-110). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
38. Vučetić, V. (2009). Dijagnostički postupci za procjenu energetskeg kapaciteta sportaša. U Jukić, I., Milanović, D., Šalaj, S., Gregov, C. (ur.), 7. godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša 2009 "Trening izdržljivosti", Zagreb, 20.-21. veljače, 2009. (str. 20-31). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
39. Wasserman, K., and McIlroy, M.B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.* 14: 844-852.
40. Weinstein, Y., Bediz, C., Dotan, R., Falk, B. (1998). Reliability of peak-lactate, heart rate, and plasma volume following the Wingate test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(9), 1456-1460.
41. Whip, B.J., Ward S.A. (1980). Ventilatory control dynamics during muscular exercise in man. *International Journal of Sports Medicine*, 1:146-159.