

# ANALITIČKI PRISTUP UTRKE NA 100 METARA DUPIN NA SVJETSKOM PRVENSTVU 2021. GODINE

---

Takač, Tin

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:117:274348>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-09**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

**Tin Takač**

**ANALITIČKI PRISTUP UTRKE NA 100 METARA  
DUPIN NA SVJETSKOM PRVENSTVU 2021.  
GODINE**

diplomski rad

**Mentor:**

**doc. dr. sc. Dajana Karaula**

Zagreb, rujan 2022.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

doc.dr.sc. Dajana Karaula

---

Student:

Tin Takač

---

# ANALITIČKI PRISTUP UTRKE NA 100 METARA DUPIN NA SVJETSKOM PRVENSTVU 2021. GODINE

## Sažetak

Sa sve većom dostupnošću i pristupom različitim plivačkim pomagalicama i ergometrima, video tehnologiji, dijagnostici te računalnoj opremi dolazi do boljih saznanja i spoznaja o znanosti u plivanju tako što danas sportska znanost može pružiti ključne informacije koje mogu dovesti do bolje izvedbe. Plivanje u zadnjim desetljećima bilježi veliki kvalitetni i kvantitetni skok. Taj trend nije posljedica slučaja već plod uske suradnje kineziološke znanosti s ostalim znanstvenim i tehničkim znanjima. Uz napredak znanosti i tehnologije došlo je i do razvoja alata koji mogu biti primijenjeni u sportu bez ometanja sportaša prilikom izvedbe u vodi. Da plivanje bilježi napredak može se zaključiti uspoređujući rezultate prvih službenih natjecanja i današnjih suvremenih.

Cilj rada bio je analizirati i usporediti podatke natjecateljske utrke u plivanju u disciplini 100 m dupin održane 2021. godine na Svjetskom prvenstvu u Abu Dhabiju. Analizirana su tri plivača: hrvatski plivač N.M. (bio je plasiran 16. u polufinalu pa nije ušao u finale), zatim plivač koji je bio prvoplasirani na navedenoj disciplini M. R. i posljednji plivač koji je ušao u finale isplivavši 8. vrijeme u kvalifikacijama A.M. U radu se uspoređuju izvedbe u određenim parametrima (dužina zaveslaja, frekvencija zaveslaja, brzina plivanja, itd.), s konačnim ciljem utvrđivanja nedostataka kako bi plivači mogli raditi na njihovu poboljšanju.

Podaci su obrađeni programskim paketom Statistica 14, dok je za utvrđivanje razlika među plivačima korišten Studentov t-test za nezavisne uzorke. Rezultatima istraživanja utvrđeno je da je nulta hipoteza potvrđena, odnosno da ne postoji statistički značajna razlika između plivača u varijablama frekvencija zaveslaja, dužina zaveslaja i brzina plivanja.

**Ključne riječi:** analiza, usporedba, poboljšanje, plivanje

## **ANALYTICAL APPROACH OF THE 100 METERS BUTTERFLY RACE AT THE 2021 WORLD CHAMPIONSHIPS**

### **Abstract**

Ever since swimming equipment became more available like swimming treadmills that could be combined with diagnostics, video technology and computer equipment, there was progressively more and more obtained knowledge that can provide crucial information which lead to improved performance. In recent decades, swimming has seen a great jump in quality and quantity. This trend is not the result of chance, but the result of close cooperation between kinesiology science and other scientific and technical knowledge. Along with the progress of science and technology, there has also been the development of tools that can be used in sports without disturbing the athlete when performing a specific action in water. It can be inferred that swimming is progressing, considering the results of the first official competitions and today's contemporary ones.

The purpose of this paper was to analyze and compare the data of the competitive swimming race in the 100 m butterfly discipline held in year 2021 at the World Championship in Abu Dhabi. Three swimmers were analyzed: Croatian swimmer N.M. (he was placed 16th in the semi-final race so he didn't take part in the final race), the swimmer who won the 100m butterfly event M.R., and the last swimmer that took place in the finals qualified as 8th A.M. The paper compares performances in certain parameters (stroke length, stroke frequency, swimming speed, etc.), with the ultimate goal of identifying deficiencies so that swimmers can work on improving them.

Data were processed with the Statistica 14 software package, while Student t-test for independent samples was used to determine differences between swimmers. The results of the research confirmed that the null hypothesis was not confirmed and there was no statistically significant difference among swimmers among variables: stroke frequency, stroke length and swimming speed.

**Key words:** analysis, comparison, improvement, swimming

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Teorijska pozadina .....	2
1.2. Dosadašnja istraživanja .....	7
1.3. Problem istraživanja .....	12
2. CILJEVI I HIPOTEZE .....	13
3. METODE ISTRAŽIVANJA .....	14
3.1. Uzorak ispitanika .....	14
3.2. Opis protokola, mjernih instrumenata i varijabli .....	14
3.3. Metode obrade podataka .....	14
4. REZULTATI .....	16
5. RASPRAVA .....	33
6. ZAKLJUČAK .....	38
7. LITERATURA .....	39
8. PRILOZI .....	42

## 1. UVOD

Čovjek je od davnina koristio plivanje kao način prelaska vodenih površina, a ujedno je jedini sisavac koji mora naučiti plivati. Razlog tomu leži u činjenici da ostali sisavci ponavljajuće pokrete s kopna (hod) primjenjuju u vodi. Suprotno tomu, čovjek svoj uspavan stav ne može koristiti za plivanje, već se mora naučiti koristiti rukama i nogama, kao i pravilnom disanju. Kasnije, s pojavom natjecanja u sportu, razvija se i sportsko plivanje. Volčanšek (1996) definira sportsko plivanje kao: „kretanje u vodi s definiranim ciljem i strukturom kretanja“ (str. 1).

Prvi početci natjecateljskog plivanja datiraju iz sredine 19. stoljeća s početkom izgradnje prvih bazena za plivanje specifičnih za natjecanje. Cilj natjecateljskog plivanja je u početku bio lijepo, što elegantnije plivanje uz minimalno prskanje vode, a ne što brže. Kasnije, dolazi do pojave plivačkih tehnika koje su se usavršavale tijekom 20. stoljeća te je danas plivanje sadržaj svakog velikog sportskog događanja i natjecanja. U današnjici, vrhunski plivači teško mogu postići vrhunske rezultate bez primjene analize natjecanja stručnog tima. Svaki sport se zasniva na konstantnom praćenju i mjerenju parametara izvedbe sportaša (Maglischo, 2003). Također, nakon svakog natjecanja analiziraju se svi parametri izvedbe utrke te se donose zaključci o potencijalnim slabostima na kojima treba poraditi.

Koristeći takav analitički pristup, gdje gotovo svaki vrhunski trener i analitičar imaju pristup modernoj opremi, mogu se davati temeljita objašnjenja i činjenice o tome zašto plivač napreduje, nazaduje ili stagnira (Colwin, 2004). U današnjici, kako se treneri pripremaju za treninge i natjecanja je zapravo od podataka koji dobivaju od analitičara, koji su sve važniji. Plivači se natječu u bazenu, dok se analitičari natječu puno više pokušavajući dobiti bolje podatke što brže utvrđujući razlike između sportskih analiza i izvještaja te shodno tome, pružaju trenerima precizne analize i grafove koje koriste u planiranju i programiranju svakidašnjeg treninga. Analitičari danas trebaju biti dosjetljivi kako bi došli do novih informacija i spoznaja

jer se isti podatci mogu analizirati i interpretirati na različite načine i time pružaju različite rezultate trenerima koji ne smiju biti kompleksni nego jednostavni i primjenjivi u radu.

## **1.1. Teorijska pozadina**

### **Dupin tehnika**

Dupin tehnika se pojavljuje davne 1897. godine kada ju je Cavill otplivao u Sydneyu na prvenstvu Australije. Dupin tehnika je dotad bila samo varijanta prsne tehnike, međutim, s vremenom, nakon istraživanja problema velikog otpora vode prilikom vraćanja ruku u prsnoj tehnici, David Armbruster 1934. modificira prsnu tehniku vraćajući ruke kroz zrak, ali i dalje koristeći prsni udarac nogama. Ovakva tehnika plivanja se zvala „butterfly“, odnosno leptir način plivanja.

Modifikacijom rada nogu, Jack Sieg je 1935. godine plivajući na boku imitirao dupinove udarce nogama pa zatim i na prsima te je tako 1952. godine dupin tehnika postala samostalna tehnika te se uvodi u program Olimpijskih igara. Plivači koji su plivali ovom tehnikom su imali bolja vremena u odnosu na plivače koji su plivali modificiranim leptir stilom, nakon toga je leptir kao način plivanja izbačen iz natjecateljskog plivanja. U početku razvoja tehnike plivao se troudarnom, dvoudarnom i jednodarnom nevezanom varijantom, uz naglašen rad trupa. Naglasak rada bio je na radu nogu. Današnji način plivanja, dupin način, podrazumijeva simetričan rad nogu i ruku i valovito kretanje tijela gdje noge rade dva udarca za vrijeme jednog ciklusa zaveslaja ruku (Leko, 2017).

### **Položaj i kretanje tijela kod dupin tehnike**

Tijelo za vrijeme plivanja dupin tehnike u svakom trenutku mora biti u položaju na prsima. Tijelo plivača se cijelo vrijeme kreće po sinusoidnoj putanji pri čemu je glava voditelj pokreta koja svojim kretanjem daje početni impuls valovitog kretanja tijela koje se prenosi na trup, kukove te naposljetku i stopala. Tijelo se cijelo vrijeme kreće po sinusoidnoj putanji pri čemu plivač proizvodi valovite kretanje tijelom ne stvarajući preveliki frontalni otpor te ujedno dozvoljava efikasne udarce nogama. Tijelo plivača za vrijeme plivanja dupin tehnike cijelo vrijeme treba biti u položaju na prsima (Leko,2017).



## **Rad nogama kod dupin tehnike**

Volčanšek (1996) navodi: „plivač izvodi simetrične udarce pruženim stopalima gdje za vrijeme jednog ciklusa zaveslaja ruku izvodi dva udarca nogama od kojih prvi udarac slijedi u trenutku ulaska ruku u vodu, a drugi istovremeno u trenutku otiskivanja vode rukama“ (str. 70). Rad nogama se sastoji od aktivne faze kada plivač izvodi simetričan udarac nogama prema dolje te od pasivne faze gdje plivač nakon izvedenog udarca prema dolje, vraća pružene noge prema gore s opuštenim stopalima.

## **Rad rukama kod dupin tehnike**

Ruke simetrično izvode zaveslaj pod vodom savijene u laktu, dok za vrijeme prijenosa ruku kroz zrak, ruke su opružene i stavljaju se u vodu u produžetku zamišljene linije ramena. Postoji aktivni i pasivni dio zaveslaja gdje se aktivni sastoji od zahvaćanja, povlačenja i otiskivanja vode, dok se pasivni sastoji od prijenosa ruku kroz zrak te ulaska ruku u vodu (Šiljeg, 2018).

## **Kinematička analiza rada ruku kod dupin tehnike**

Istovremeni rad rukama je najefikasniji u odnosu na ostale tehnike. Toj su pojavi uzrok anatomske pogodnosti koje istovremeno angažiraju velike mišićne grupacije. No, efikasnost koja se manifestira u brzini plivanja nije sukladna toj činjenici jer u fazi vraćanja ruke kroz zrak dolazi do velike oscilacije – usporenja (Maglischo, 2003).

## **Prostorne karakteristike rada ruku**

U sagitalnoj ravnini ruke vrše put kao kod kraula, a u vodoravnoj više idu prema van a potom se dlanovi približavaju do 0,2 m i put iznosi 1,8m do 2m. ukupno prsti prijeđu put od 1,9, do 2,1m. u pripremnoj fazi ruke prođu 1,8- 2m a cjelokupni put iznosi 3,7m do 4,1m. gotovo kao kod pružene ruke (Volčanšek, 1996).

## **Vremenske karakteristike rada ruku**

Ovisno od tempa plivanja, vremenski parametri isti su kao kod kraula. O fazi ulaska u vodu ovisi vremensko trajanje.

Tablica 1. Vremenski parametri u dupin tehnici

FAZE ZAVESLAJA	VRIJEME	%
ZAHVAĆANJE	0,18- 0,20	18,75- 17,20
POVLAĆENJE	0,22- 0,30	22,90- 25,80
OTISKIVANJE	0,16- 0,20	16,60- 17,24
VAĐENJE	0,04- 0,06	7,10- 5,17
PROLAZ KROZ VODU	0,30- 0,32	31,25- 27,50
ULAZAK U VODU	0,06- 0,08	6,25- 6,89
VRIJEME CIJELOG CIKLUSA	0,96- 1,16	

Izvor: Modificirano prema „Sportsko plivanje“, B. Volčanšek, 1996., str.69

### Prostorno- vremenske karakteristike rada ruku

Brzina kretanja ruku tokom zaveslaja značajno se mijenja. Ovisno od faze u kojoj se nalaze pojedini dijelovi postižu razne brzine.

Tablica 2. Brzina kretanja dlana unutar zaveslaja rukama

FAZE ZAVESLAJA	BRZINA KRETANJA DLANA	BRZINA KRETANJA LAKTA
KRETANJE NAPRIJED	1-2 m/s	1-2 m/s
KRETANJE NA VAN	2-4 m/s	
NAZAD DOLJE	3,5- 5 m/s	
PRIBLIŽAVANJE PRSTIJU	4,5- 6 m/s	
KRETANJE NATRAG	4-5 m/s	
VAĐENJE I PRIJENOS RUKU	6-8 m/s	

Izvor: Ibid, str. 70

## **Kinematička analiza rada nogu**

Efikasnost rada trupa, nogu i ramena ovisi o fleksibilnosti i snazi kralješnice, kukova, nogu i stopala i o pravilnom procesu edukacije tehnika. Kod dupin tehnike, kao i kod ostalih tehnika, evolucija je kretala od značajnog udjela rada nogu u počecima. Suvremene analize ukazuju da su noge pomagajući faktori radu ruku. Vidljivo je i da vertikalni smjer sile utječe na efikasnost realizacije tehnike. Sinusoidno kretanje tijela nije propulzivnog učinka, ali smanjuje otpor položaja tijela i pomaže u kvaliteti rada nogu i ruku.

## **Prostorne karakteristike rada nogu**

Put koji prijeđe stopalo ovisi o veličini amplitude. U pravilu, prvi udarac prijeđe put od 0,3m a drugi 0,5m. Kod plivanja samo nogama kvalitetni plivači prijeđu srednju vrijednost 0,92m. kod toga tijelo prijeđe 0,61m, a jednim udarom na dolje 0,36m (Maglischo, 2003).

## **Vremenske karakteristike rada nogu**

Kako se kretanje nogama vrši amplitudama, tako je uz intenzitet rada vrijeme različito. Iz dosadašnjih istraživanja dobiveno je da se povećanje vremena kod manjeg intenziteta ostvaruje na račun pauze i pripremnog perioda, dok je 1. i 2. udarac nogama aktivni dio gotovo isti (Maglischo, 2003).

## **Prostorno-vremenske karakteristike rada nogu**

Kod dupin tehnike prvi udarac nogama nema takvo značenje za propulziju kao što ima drugi. U momentu kretanja stopala prema dolje postiže se brzina 4,5 m/s uz ubrzanje od  $3\text{m/s}^2$ . Ubrzanje stopala se uočava snažnim udarcem na kraju zaveslaja. Kretanje tijela, kukova, je individualno i što je veća brzina plivanja to je manja amplituda (Volčanšek, 1996).

## **Koordinacija rada ruku, nogu i trupa**

U suvremenoj dvoudarnoj koordinaciji tehnike dupin na jedan ciklus rada ruku se rade dva udarca nogu. Kretanje treba vršiti tako da u ciklusu ne dođe do zastoja: kretanje se odvija kontinuirano i ritmično. Volčanšek (1996) navodi da: „prvi udarac nogama kod većine plivača vrši se prilikom ulaska u vodu i manje je amplitude i snage, dok je drugi udarac veće snage i realizira se u momentu faze otiskivanja“ (str. 73). U fazi snažnog otiskivanja slijedi impuls iz

kukova te se vrši prijenos ramenog pojasa i cijelog tijela naprijed, po površini vode. U tom momentu tijelo ima najveću brzinu.

### **Analiza plivačkih utrka**

Znanstvenici već nekoliko desetljeća skupljaju podatke o utrkama kako bi osigurali i pružili objektivne informacije o strategijama u utrkama. 1960ih i 1970ih su treneri počeli prvi puta ručno mjeriti prolaze na 50m na dužim utrkama te je tijekom natjecanja neobično bilo pružati takve podatke. Na Olimpijskim igrama 1992. stručnjaci biomehanike su analizirali vrijeme starta, završetka utrke, dužinu i frekvenciju zaveslaja te prosječnu brzinu plivanja za sve sudionike.

U većini dosadašnjih istraživanja, utrka se dijeli na: start, čisto plivanje, okret i završetak utrke (Gonjo i Olstad, 2021). U natjecateljskom sportu važno je da sportaši i treneri razumiju ponašanje sportaša i njegov odnos prema natjecateljskim rezultatima za poboljšanje njihovih budućih rezultata. Iz tog razloga, analiza izvedbe sportaša pruža ključnu ulogu u podršci razvoja sportaša iz znanstvene perspektive. U plivanju, analiza izvedbe predstavlja analitičarima veće izazove u usporedbi sa sportovima na tlu jer nošenje bilo kakve opreme poput markera za lakšu biomehaničku analizu povećava hidrodinamički otpor i time udaljava i otežava istraživanje od „stvarne“ analize plivačkog učinka (Washino i suradnici, 2019). Jedna od mnogih metoda analize izvedbe u plivanju je analiza utrke, što podrazumijeva analiziranje utrka na natjecanjima ili simuliranih utrka prateći službena pravila (Costa i sur., 2010).

Analize utrka u plivanju se provode korištenjem službenih rezultata utrke uključujući vrijeme reakcije, vrijeme prolaza na okretu i vrijeme utrke, često u kombinaciji s video snimkom. Službeni rezultati utrke korisni su kada se procjenjuje strategija tempa plivača (prolaza svakih 50m), dok je videosnimka bitna kada su detaljne informacije o utrci kao što je trajanje starta skoka, plivanje, okret i završetak utrke potrebne (McGibbon i suradnici, 2018) Službena pravila natjecanja koja regulira FINA (Fédération Internationale de natation – Svjetska organizacija vodenih sportova) se konstantno s godinama mijenjaju. Neke od regulacija pravila unatrag 30 godina su značajne za većinu tehnika, a to je zabrana podvodnog

plivanja dužeg od 15 metara nakon starta i okreta. S druge strane, druge promjene su specifično primijenjene za određenu tehniku, primjerice u prsnoj tehnici je dopušten jedan udarac nogama dupin u podvodnom načinu. Takve promjene pravila koje se događaju izravno utječu na potrebne sposobnosti i strategije plivača tijekom utrke te time imaju veliku važnost kako bi plivači i treneri bili svjesni na kojim sposobnostima trebaju više raditi.

S obzirom da analitičari koriste različitu terminologiju, tako različito definiraju i start (Garcia i suradnici, 1999): od znaka za start dok glava ne probije liniju 10 ili 15 metara, ili dok glava ne probije površinu nakon podvodnog neovisno o dužini te od znaka za start dok plivač ne napravi prvi ciklus zaveslaja. Okret definiraju: 7,5 metara do i od zida, od zadnjeg ulaza ruke u vodu dok glava ne probije površinu nakon podvodnog, od trenutka dok glava ne zaroni prije okreta te sve dok ne probije površinu nakon okreta, 5m do zida pa 15 m nakon podvodnog i okreta te 5m do zida pa 10m nakon podvodnog i okreta. Završetak utrke se definira kao zadnjih 10metara utrke, zadnjih 7,5 metara ili zadnjih 5 metara. Većina analitičara definira start od početnog signala za start dok glava ne prođe liniju 15 metara (Gonjo i Olstad, 2021).

Plivači i treneri moraju biti oprezni u primjeni podataka iz znanstvenih analiza utrka jer su mnogi podatci zastarjeli odnosno, istraživanja su provedena pod starim FINA pravilima pa time ti podaci gube na važnosti te se ne mogu primijeniti. Sažimajući analize utrka dosadašnjih provedenih istraživanja pružaju uvid u bitne činjenice u trenutnoj nalazi utrke te kojim sposobnostima i segmentima utrke bi trebalo posvetiti više vremena tijekom treninga.

## **1.2. Dosadašnja istraživanja**

Broj istraživanja u plivanju se povećao od početaka održavanja Međunarodnog simpozija za biomehaniku i medicinu za plivanje u 1970ima. Otada, istraživanja o plivanju tipično uključuju fiziologiju i biomehaničku analizu (Pelayo & Alberty, 2011). Istraživanja su pomogla poboljšanju tehnologije i boljem razumijevanju principa koji podupiru izvedbu plivača te se mogu klasificirati kao osnovna-temeljna te primijenjena (Barbosa i suradnici, 2021).

U znanosti o sportu, osnovna istraživanja se obično objavljuju i imaju određenu akademsku svrhu dok primijenjena istraživanja za cilj imaju proizvesti rezultat koji se može primijeniti u poboljšanju izvedbe ili primjerice smanjenju učestalo ozljede (Bishop i suradnici, 2006). Primijenjena istraživanja se temelje na analizi izvedbe što se može definirati skupom objektivnih povratnih informacija trenerima i sportašima korištenjem različite tehnologije i statističkih analiza. Znanstvenici kod osnovnih istraživanja nastoje doći do novih spoznaja, inovacija dok kod primijenjenih istraživanja znanstvenici nastoje riješiti specifičan problem, odnosno dati odgovore na pitanja trenerima i sportašima kod unaprjeđenja određenih parametara (Buchheit, 2017a). Međutim, istraživanja u plivanju su uvelike orijentirana na izvedbu. Analiza izvedbe u plivanju se može koristiti za poboljšanje same izvedbe, praćenje napretka tijekom vremena, praćenje promjena u varijablama povezanim s izvedbom, definiranju plivačevih snaga i slabosti. Video analiza, platforma za mjerenje sile, uređaji za mjerenje brzine i inercije su najkorištenije tehnologije za procjenu izvedbe i biomehanike u natjecateljskom plivanju (Ungerechts i Keskinen, 2018).

Budući da je plivanje sport gdje je interdisciplinarni i multidisciplinarni pristup neizbježan, takva tehnologija skupa u kombinaciji s drugim domenama poput fiziologije, psihologije, nutricionizma te kondicijske pripreme sportaša podupire donošenje odluka u planiranju i programiranju treninga i poboljšanju rezultata (Barbosa i suradnici, 2021). Zadatak analitičara je prikupljanje, analiziranje i interpretacija raznih podataka te su u stalnoj komunikaciji s trenerima i sportašima kako bi im pomogli u donošenju odluka (Buchheit, 2017b). Treneri često provode kvalitativnu analizu promatranjem samih plivača i video analiza te uz praktično znanje trenera analitičari ostvaruju dobar spoj i ravnotežu sa svojom kvantitativnom analizom. Jedna od velikih izazova za analitičare je dobivene rezultate istraživanja i analiza prevesti u praktično djelo.

Iako se neki preklapaju, zadatci istraživača i analitičara su različiti. Potrebno je puno vremena za razvoj novih istraživačkih alata, potvrđivanje novih tehnologija i metoda za trening. Glavni cilj istraživača je prikupiti znanje potkrijepljeno činjenicama dok je cilj analitičara to znanje prevesti u preporuke i savjete za plivača kako bi pomogli trenerima u donošenju odluka pružajući i dostavljajući im različite izvještaje i grafove. Dakle, specifični zadatci analitičara su

postavljeni u suradnji s trenerima i ostatkom tima, a to su: biti ažuran sa znanstvenom literaturom te ju prevoditi u kratke izvještaje koji su od koristi trenerima, određivati različita područja evaluacije (primjerice analizu startova, okreta, frekvencije zaveslaja u različitim tehnikama, ukupne analize utrka, mjerenja mišićne snage i jakosti, itd.), dizajnirati, planirati i implementirati testove i metode tijekom treninga, komunicirati s trenerima i plivačima, baratati s podacima, rezultatima te podnositi izvješća te surađivati s različitim istraživačkim timovima. Svime navedenim, posao plivačkog analitičara zahtijeva različite vještine povezujući istraživanje i praktično djelovanje. Praćenje i predviđanje rezultata utrka se može provoditi na temelju univarijatnih i multivarijatnih analiza statističkih analiza.

Univarijatna analiza u plivanju se sastoji od praćenja i istraživanja rezultata utrka tijekom dužeg vremena te nastoji opisati ili predvidjeti kako će se izvedba mijenjati tijekom vremena bez utjecaja determinantnih faktora. Primjerice, moguće je procijeniti stabilnost izvedbe od djetinjstva do odrasle dobi, za vrijeme Olimpijskog ciklusa ili za vrijeme natjecateljske sezone (Costa i suradnici, 2012). Dugotrajna analiza može pružiti pronicljiva mjerila za razvoj talenata. Dok, srednje i kratkotrajne analize mogu pomoći plivačima u postavljanju ciljanih vremena na bitnim velikim svjetskim natjecanjima (Allen i suradnici, 2015).

S druge strane, multivarijatna analiza nastoji opisati, objasniti i predvidjeti izvedbu na temelju promjena determinantnih faktora. Tu postoje modeli čija je izvedba postavljena kao zavisna varijabla te postoje ključni čimbenici koji ju determiniraju kao nezavisne varijable. Analitičari ovdje moraju odrediti zavisnu varijablu (primjerice vrijeme utrke) te prikupiti podatke determinantnih faktora (nezavisnih varijabli) eksperimentiranjem statističkim metodama. Čini se da su biomehanika, energetska sustav i motorička kontrola glavne determinante izvedbe u natjecateljskom plivanju (Barbosa i suradnici, 2021). Time, prolazi svakih 50 metara, vrijeme između određenih referentnih točaka, kinematika zaveslaja te dijelova tijela, sila otpora i propulzije su samo neki od nezavisnih varijabli koji mogu koristiti kao podatci za modela. Multivarijatni modeli omogućuju analitičarima shvatiti: koje su glavne nezavisne varijable koje utječu na plivačevu izvedbu, kako se zavisne i nezavisne varijable mijenjaju tijekom vremena, koji je pojedinačan doprinos svake pojedine nezavisne varijable te

kako se mijenjaju tijekom vremena, koliko svaka pojedina nezavisna varijabla utječe, odnosno objašnjava izvedbu u datom trenutku.

Analiza utrke u plivanju je alat za procjenu natjecateljske izvedbe plivača i pružanje informacija za specifičan trening tempa utrke. Prikupljanje podataka je evoluiralo iz prethodnih desetljeća od ručnog načina do potpuno automatiziranog gdje se podatci obrađuju u stvarnom vremenu putem video tehnologije (Arellano i suradnici, 2018). Analiza utrke obuhvaća isključivo opise plivačevih kinematičkih podataka. Istraživanja se provode kako bi postali dostupni jednostavni, a valjani modeli za procjenu plivačeve kinetike (sile otpora i propulzije, snaga) tijekom natjecanja, slično kod modela korištenih u drugim sportovima. Utrka u plivanju se može podijeliti na start, čisto plivanje, okret i završetak utrke. Svaku fazu utrke, analitičari dijele na podfaze. Primjerice, analiza starta uključuje vrijeme reakcije, vrijeme leta, vrijeme podvodnog i duljina izranjanja. Čisto plivanje se isto tako analizira na više određenih referentnih točaka (primjerice vrijeme između 15og i 25og metra, 35og i 45og metra, itd). Istovremeno se mjere frekvencija, dužina i indeks zaveslaja u svakom segmentu (Barbosa i suradnici, 2021). Analitičari izračunavaju prosječne vrijednosti navedenih parametara tijekom svakog dijela utrke odnosno prolaza na svakih 50 metara ili alternativno varijacije svakog ciklusa posebice u sprinterskim utrkama. Takve analize mogu pomoći u prilagođavanju strategije tempa tijekom utrke od kvalifikacija do polufinala i finala te služiti kao vodič u planu i programiranju treninga između makrociklusa. Detaljnija analiza utrke se provodi na kraćim i srednje dugim utrkama (50 do 400m), dok se manje detaljnija analiza provodi na dužim utrkama (800 i 1500m) (Morais i suradnici, 2020a).

Većina istraživanja su se fokusirala na analizu utrka na 100 ili 200 metara svih tehnika, suprotno, vrlo je malo istraživanja o utrkama na 50 metara, duge pruge, mješovito i štafete te ih je također manje za mlađe dobne kategorije i paraolimpijska natjecanja (Gonjo i Olstad, 2021). Još jedan razlog zašto je manje istraživanja o utrkama 50 metara leptir, leđno i prsno je zbog toga što ove 3 sprinterske discipline nisu prisutne na Olimpijskim igrama. Što se tiče istraživanja i razlika u spolu, prema Arellanu i suradnicima (1994) plivači rade puno duže podvodne u slobodnom stilu plivanja u kraće vrijeme nego žene, nakon okreta i nakon starta; plivači također imaju brže vrijednosti u svakom segmentu utrke, veću vrijednosti dužine



zaveslaja, prosječne brzine čistog plivanja, međutim, frekvencija zaveslaja im je slična kao i kod plivačica; također, u usporedbi utrka od 50 do 200 metara, povećanjem dužine utrke se povećava i dužina zaveslaja te vrijeme potrebno za isplivavanje pojedine dionice, dok frekvencija opada te su plivači u prosjeku mlađi koji plivaju duže dionice. Thompson i suradnici (2000) navode da postoji visoka povezanost između varijable dužine zaveslaja i visine plivača u slobodnom načinu plivanja, dok kod plivačica i u prsnom načinu plivanja to nije slučaj. Neke od razlika u razini natjecanja govore da plivači koji ostvaruju rezultate te sudjeluju u natjecanjima na državnoj razini rade duži podvodni u usporedbi s onima na regionalnoj razini nakon starta i okreta u sve 3 tehnike osim na slobodnom stilu plivanja, dok na utrkama na 100m je otkriveno da dužina podvodnog nakon starta i okreta nije imala velik utjecaj na završno vrijeme u većini utrka osim u dupin tehnici (Gonjo i Olstad, 2021).

Trenutno se analiza utrke provodi većinom video analizom koristeći digitalne video kamere (Morais i suradnici,2019). Jednostavnija organizacija sadrži jednu pomičnu kameru koja prati plivača tijekom utrke. Alternativno, postoji organizacija od fiksiranih kamera na različitim referentnim točkama duljinom cijelog bazena. Sve kamere su povezane te se snimke spremaju na digitalni sustav pohrane. Dijelovi bazena se kalibriraju koristeći referentne točke ili oznake na prugama (Morais i suradnici,2019). Određenim softverima se mogu analizirati promjene plivačeve pozicije tijekom vremena u utrci. Analiza može biti provedena ručno, poluatomatski i automatski. Kod ručne obrade analize, analitičari moraju pratiti plivača u svakom trenutku te bilježiti vrijeme na određenim točkama (primjerice na 25-om i 35-om metru) i prolaze svakih 50 m kod dužih utrka. Kod poluatomatske analize softver može sam prelaziti iz jednog dijela utrke do drugog bez potrebe analitičara da pomiče video sliku po sliku. Dok kod potpuno automatske analize, nema potrebe analitičara za obradom te proces može biti 10 puta brži od ručne obrade (Arellano i suradnici, 2018). Ono omogućava podjelu utrke u manje segmente (primjerice svakih 5 metara) i pruža čak i više detalja izvedbe same utrke.

### **1.3. Problem istraživanja**

Uz napredak znanosti dolazi i do napretka u sportu koji se sve više razvija od samih svojih početaka. Pred sportašima su postavljeni veliki zahtjevi te su najsitniji detalji bitni u svakom vrhunskom sportu pa tako i u plivanju. Gledajući samu utrku plivanja, svi primjećuju plivače koji se natječu unutar bazena, međutim, postoje i druge osobe stručnog plivačkog tima čiji je rad nevidljiv, ali nikako beznačajan te se oni natječu izvan bazena i to puno više, a to su analitičari. Oni pokušavaju dobiti različite podatke i parametre što brže i što jasnije kako bi ih mogli na što jednostavniji način prikazati trenerima te im pomoći u poboljšanju plana i programa treninga i utrke za svakog plivača kako bi usmjerili rad u postizanju rezultata što bližima te boljima od modela, odnosno svjetskog prvaka. Analiza je osmišljena kako bi se utvrdilo gdje, zašto i kako neki plivače plivaju bolje od drugih, te se koristi za utvrđivanje relativnih slabosti u izvedbi plivača. Ovo istraživanje će detaljno analizirati bitne parametre izvedbe plivača tijekom utrke te će se nastojati riješiti pitanje, odnosno problem slabijih vrijednosti u svakom segmentu utrke te pružiti moguća rješenja za napredak.

## **2. CILJEVI I HIPOTEZE**

### **Cilj rada**

Cilj ovog rada je napraviti analizu razlika natjecateljske utrke u plivanju u disciplini 100 m dupin tehnikom odabranih plivača. Putem softvera "Dartfish" za obradu video snimke utvrditi vrijednosti određenih promatranih parametara koji će se kasnije usporediti s vrijednostima istih parametara modela-svjetskog prvaka putem softvera za obradu podataka „Statistica” metodama deskriptivne statistike. Tako dobiveni podaci će pružiti uvid u razlike između promatranih plivača i modela u čijem je interesu razvoj i poboljšanje plivača djelujući na nedostatke i vrijednosti koje su slabije u odnosu na modela. Takva analiza će biti od koristi treneru jer će pružati temelje za daljnji napredak i razvoj plana i programa treninga u funkciji poboljšanja budućih rezultata na natjecanju.

### **Hipoteze**

HO: Ne postoji statistički značajna razlika između promatranih plivača u varijablama frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine čistog plivanja.

### **3. METODE ISTRAŽIVANJA**

#### **3.1. Uzorak ispitanika**

Uzorak ispitanika čini 4 videosnimke kod 4 plivača koji su sudjelovali na Svjetskom prvenstvu (SP) u plivanju 2021. u Abu Dhabiju u utrci na 100 m dupin tehnikom u malim bazenima (25 m bazenima). Svi ispitanici FINA Svjetskog prvenstva dali su organizatoru natjecanja pisani pristanak da se svi video materijali mogu koristiti za televizijsko emitiranje i analizu utrka od strane zemalja sudionica. Svi podaci su anonimizirani prije analize.

#### **3.2. Opis protokola, mjernih instrumenata i varijabli**

Varijable koje će se promatrati u utrci na 100m dupin su sljedeće: vrijeme reakcije, vrijeme starta, vrijeme završetka utrke, vrijeme okreta, ukupno vrijeme, brzina plivanja u svakoj dionici, frekvencija i dužina zaveslaja u svakoj dionici, dužina podvodnog plivanja te prolaz svakih 25 m te na prvih i drugih 50 metara te vrijeme čistog plivanja. Korištena je kamera Canon XA35, Canon Inc., Tokio, Japan te je bila postavljena na vrhu tribina i to 30 m iznad razine vode i oko 100 m od bočne strane bazena.

#### **3.3. Metode obrade podataka**

Putem softvera "Dartfish" za obradu video snimke utvrditi će se vrijednosti određenih promatranih parametara koji će se kasnije usporediti s vrijednostima istih parametara modela-svjetskog prvaka putem softvera za obradu podataka „Statistica 14” metodama deskriptivne statistike. Korištenjem „Dartfish” programa (Team pro Data 9, Fribourg, Švicarska) za obradu video snimke bit će izmjerene gore navedene varijable te će se podaci eksportirati u cvs dokument te „Microsoft Excel” spremi svi izvještaji. Na slici 1 se može vidjeti konačan izgled izvještaja kvalifikacijske utrke plivača N.M. nakon obrade svih podataka. Normalnost

distribucije provjerit će se Shapiro-Wilksovim testom. Također će se koristiti Spearmanov koeficijent korelacije za procjenu odnosa između srednjih brzina i plasmata u svim dionicama utrke te Pearsonov koeficijent korelacije za utvrđivanje povezanosti između frekvencije i dužine zaveslaja te brzine za svakog plivača.

Za utvrđivanje razlika u svim varijablama unutar pojedinih utrka koristit će se t-test za nezavisne uzorke u programu Statistica 14. Pokušat će se napraviti i pouzdanost među ocjenjivačima (analitičarima) putem unutarklasne korelacije (ICC). U slučaj da ne budu zadovoljene pretpostavke odabranih analiza, koristiti će se druge prikladne metode.

Plivač N.M.										
Meet	WC Abu Dhabi	17/12/2021								
Event	100 Fly	SCM								
	Heats	Q								
Time	00:50.23									
										
RACE SUMMARY										
Key times	Averages				Splits					
RT	0,71	Velocity m/s		1,99	1st half		23.41			
Start time	5,64	Stroke rate		53,01	2nd half		26.82			
Finish time	2,79	DPS		2,18	Drop-off		03.41			
Total Time	50.23	Turn		10,37	% out		46,61			
		Underwater		12,20	% back		53,39			
RACE DETAILS										
Distance	Time	25s	50s	Velocity	Underwater swim (m)	Stroke rate	Stroke count	DPS	Turns	
0-15m	5,64			2,66	13,5					
15-20m	2,58			1,94		52,6		2,21		
20-25m	2,36	10,58		2,12		53,6	5	2,37		
20-40m	9,94			2,01	11,8				9,94	
40-45m	2,74			1,82		51,7		2,12		
45-50m	2,51	12,83	23,41	1,99		51,7	6	2,31		
45-65m	10,30			1,94	12,7				10,30	
65-70m	2,58			1,94		52,6		2,21		
70-75m	2,54	12,91		1,97		55,6	6	2,13		
70-90m	10,88			1,84	10,8				10,88	
90-95m	2,78			1,80		53,6		2,01		
95-100m	2,79	13,91	26,82	1,79		52,6	7	2,04		

Slika 1. Konačan izgled izvještaja podataka kvalifikacijske utrke N.M.

## 4. REZULTATI

### Shapiro-Wilksov test

Kako bi ispitali da li su podaci upotrijebljeni u ovom istraživanju normalno distribuirani, korišten je Shapiro-Wilksov test. Rezultati prikazani u Tablici 1 potvrđuju normalnu distribuciju podataka o frekvenciji zaveslaja ( $W(24) = 0,97$ ,  $p = 0,76$ ); brzini ( $W(24) = 0,97$ ,  $p = 0,67$ ); te dužine zaveslaja ( $W(24) = 0,95$ ,  $p = 0,39$ ).

Tablica 3. Shapiro-Wilksov test

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Frekvencija zaveslaja (stroke rate)	,974	24	,766
Brzina (velocity)	,970	24	,675
Dužina zaveslaja (DPS)	,958	24	,399

### Deskriptivna statistika

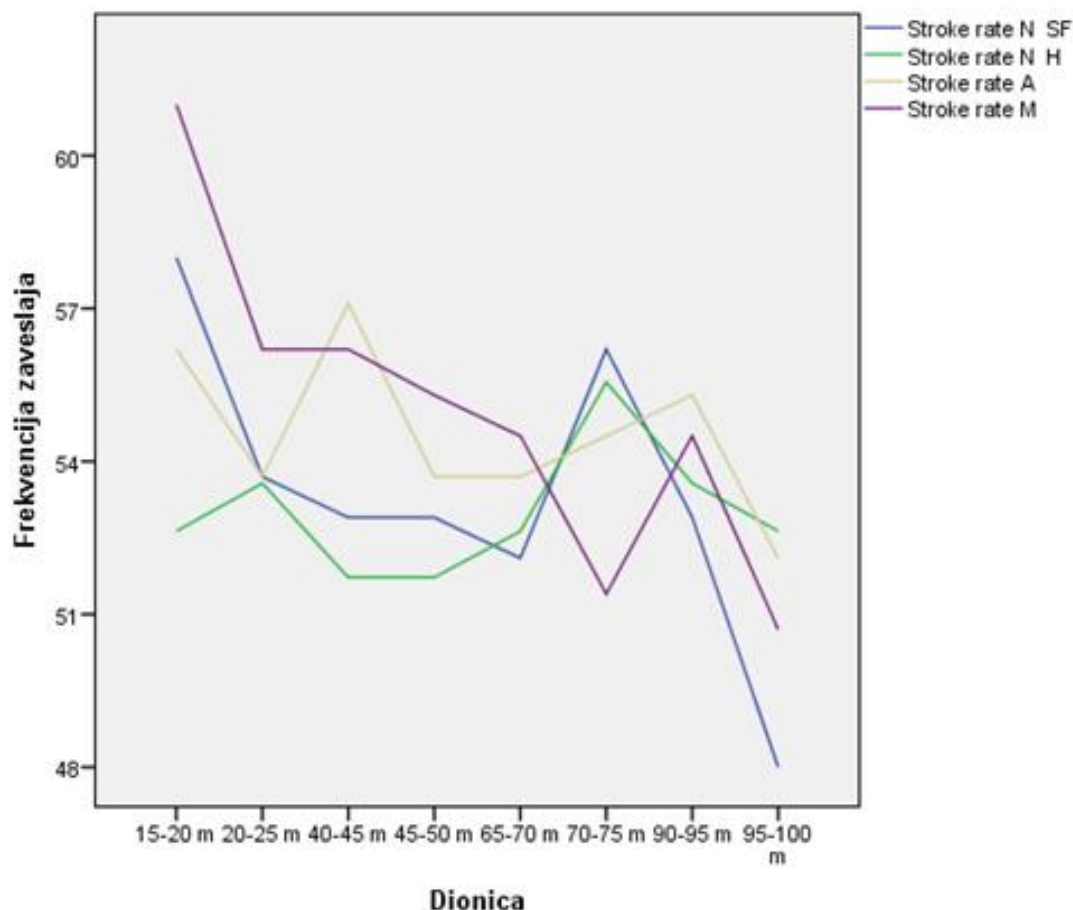
U Tablici 4 su prikazani osnovni deskriptivni parametri za frekvenciju zaveslaja (izražena u ciklusima zaveslaja po minuti) svakog od pojedinih plivača. Što se tiče najniže frekvencije zaveslaja N. (polufinalna utrka - SF) je imao nižu frekvenciju (48) spram i A. (52,1) te M. (50,7) te spram svoje H – kvalifikacijske utrke.

Tablica 4. Deskriptivni parametri za frekvenciju zaveslaja

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Stroke rate N. SF	8	48,00	58,00	53,34	2,944
Stroke rate N. H	8	51,72	55,56	53,00	1,244
Stroke rate A.	8	52,10	57,10	54,54	1,602
Stroke rate M.	8	50,70	61,00	54,98	3,183

Na slici 2 se može uočiti kako su minimalne frekvencije zaveslaja za sva tri plivača bila tijekom završne dionice, od 95-100m osim N. koji je to ostvario od 40-50m. (kvalifikacijska utrka - H). Najveću maksimalnu frekvenciju je imao M. (61,00), potom N. (SF) (58) te A. (57,1). Za N. i M., najveća postignuta frekvencija zaveslaja je bila tijekom prvih 15-20m, dok je A. najveću frekvenciju zaveslaja postigao na dionici 40-45m (Slika 2). U usporedbi sa A. ( $54,54 \pm 1,602$ ) i M. ( $54,98 \pm 3,183$ ), N. je imao nižu prosječnu vrijednost frekvencije zaveslaja (SF) ( $53,34 \pm 2,944$ ), (H) ( $53 \pm 1,244$ ) gdje je nešto manju imao u kvalifikacijskoj utrci nego u polufinalu.

Slika 2. Grafički prikaz frekvencije zaveslaja po dionicama (ciklus/min)



Tablica 5 prikazuje osnovne deskriptivne parametre za brzinu svakog plivača. Najnižu vrijednost brzine je ponovno imao N. (1,73 m/s), potom M. (1,74 m/s) pa naposljetku A. (1,81 m/s).

*Tablica 5. Deskriptivni parametri za brzinu (izražena u m/s)*

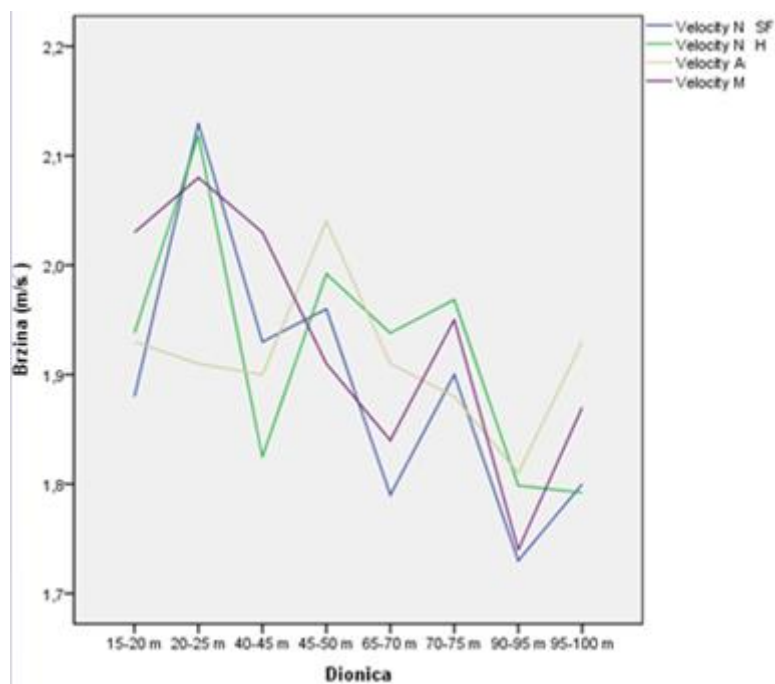
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Velocity N. SF	8	1,73	2,13	1,89	0,124
Velocity N. H	8	1,79	2,12	1,92	0,111
Velocity A.	8	1,81	2,04	1,91	0,064
Velocity M.	8	1,74	2,08	1,93	0,114

Slika 3 otkriva da su svi plivači najnižu brzinu plivanja imali na dionici 90–95m osim N. kvalifikacijske utrke (H) gdje je najnižu brzinu imao u završetku utrke 95-100m. S druge strane, N. je postigao najveću brzinu (2,13 m/s), nakon njega M. (2,08 m/s), pa potom A. (2,04 m/s). Dok su N. i M. najveću brzinu postigli na dionici 20-25m, A. je najveću brzinu plivanja postigao na dionici 40-45m.

Kada se promatra cjelokupna dionica od 100m, najveću prosječnu vrijednost brzine plivanja je imao M. (1,93 m/s±0,114), nakon kojeg slijedi A. (1,91 m/s±0,064) te na kraju N. (1,89 m/s±0,124).



Slika 3. Grafički prikaz brzine po dionicama (m/s)



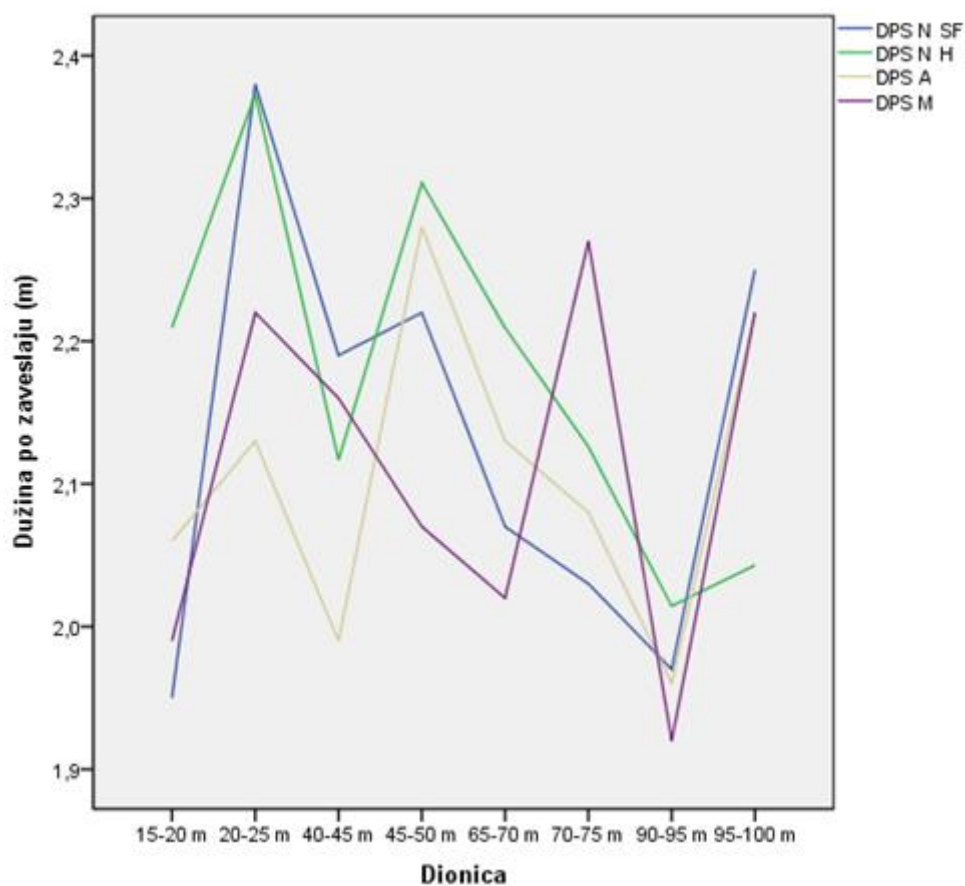
Osnovni deskriptivni parametri za dužinu zaveslaja izraženu u metrima (DPS) su prikazani u tablici 6. Najmanju vrijednost DPS-a je imao M. (1,92m), potom N. (SF) (1,95m) i (H) (2,01m) te na kraju A. (1,96m). Dok su A. i M. postigli najmanje vrijednosti DPS-a u posljednjem dijelu utrke, 90-95m, N. je najmanju vrijednost DPS-a postigao u prvom dijelu utrke, na dionici od 15-20m.

Tablica 6. Deskriptivni parametri za dužinu zaveslaja izraženu u metrima (DPS)

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
DPS N. SF	8	1,95	2,38	2,13	0,151
DPS N. H	8	2,01	2,37	2,18	0,124
DPS A.	8	1,96	2,28	2,11	0,108
DPS M.	8	1,92	2,27	2,11	0,127

Po pitanju maksimalne vrijednosti DPS-a, nju je postigao N. (2,38m) i to na dionici 20-25m, nakon njega A. (2,28m), na dionici od 45-50m te na kraju M. (2,27m) na dionici od 70-75m (Slika 4). N. je također imao najveću prosječnu vrijednost DPS-a (H) ( $2,18 \pm 0,124m$ ), dok su A. ( $2,11 \pm 0,108m$ ) i M. ( $2,11 \pm 0,127m$ ) imali jednaku prosječnu vrijednost DPS-a.

Slika 4. Grafički prikaz dužine zaveslaju po dionicama (m)



## Korelacija

Pri ispitivanju povezanosti varijabli frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine za svakog plivača, tj. ispitanika, korištena je Pearsonova korelacija sa razinom statističke značajnosti od  $p < 0,05$ . Rezultati analize korelacija su prikazani u Tablicama 7-10.

Tablica 7. Korelacija između frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine (N.) (SF)

		Stroke rate N.	Velocity N.	DPS N.
Stroke rate N.	Pearson Correlation	1	,272	-,512
	Sig. (2-tailed)		,515	,194
	N	8	8	8
Velocity N.	Pearson Correlation	,272	1	,687
	Sig. (2-tailed)	,515		,060
	N	8	8	8
DPS N.	Pearson Correlation	-,512	,687	1
	Sig. (2-tailed)	,194	,060	
	N	8	8	8

Tablica 8. Korelacija između frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine (A.)

		Stroke rate A.	Velocity A.	DPS A.
Stroke rate A.	Pearson Correlation	1	-,314	<b>-,781*</b>
	Sig. (2-tailed)		,449	<b>,022</b>
	N	8	8	8
Velocity A.	Pearson Correlation	-,314	1	<b>,837**</b>
	Sig. (2-tailed)	,449		<b>,010</b>
	N	8	8	8
DPS A.	Pearson Correlation	-,781*	,837**	1
	Sig. (2-tailed)	,022	,010	
	N	8	8	8

Tablica 9. Korelacija između frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine (M.)

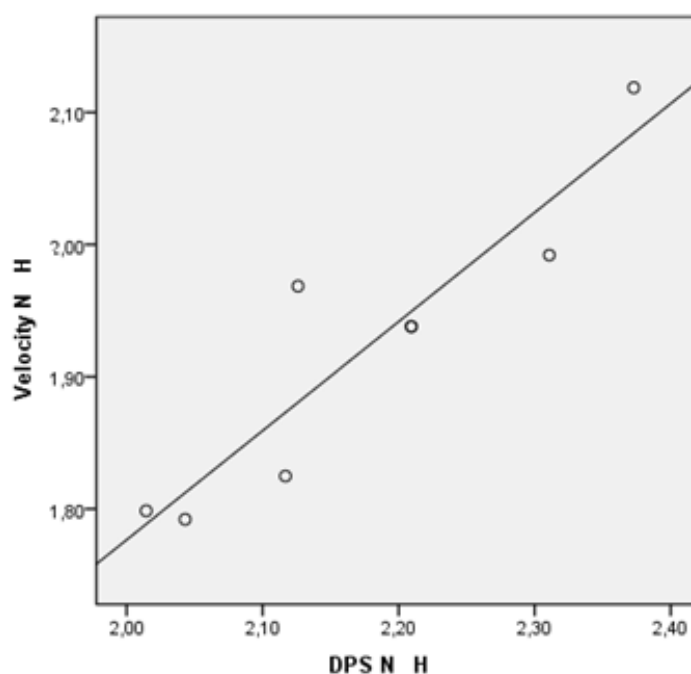
		Stroke rate M.	Velocity M.	DPS M.
Stroke rate M.	Pearson Correlation	1	,480	-,513
	Sig. (2-tailed)		,229	,193
	N	8	8	8
Velocity M.	Pearson Correlation	,480	1	,505
	Sig. (2-tailed)	,229		,202
	N	8	8	8
DPS M.	Pearson Correlation	-,513	,505	1
	Sig. (2-tailed)	,193	,202	
	N	8	8	8

Tablica 10. Korelacija između frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine (N. H)

		Stroke rate N. H	Velocity N. H	DPS N. H
Stroke rate N. H	Pearson Correlation	1	,237	-,165
	Sig. (2-tailed)		,572	,696
	N	8	8	8
Velocity N. H	Pearson Correlation	,237	1	<b>,919**</b>
	Sig. (2-tailed)	,572		<b>,001</b>
	N	8	8	8
DPS N. H	Pearson Correlation	-,165	,919**	1
	Sig. (2-tailed)	,696	,001	
	N	8	8	8

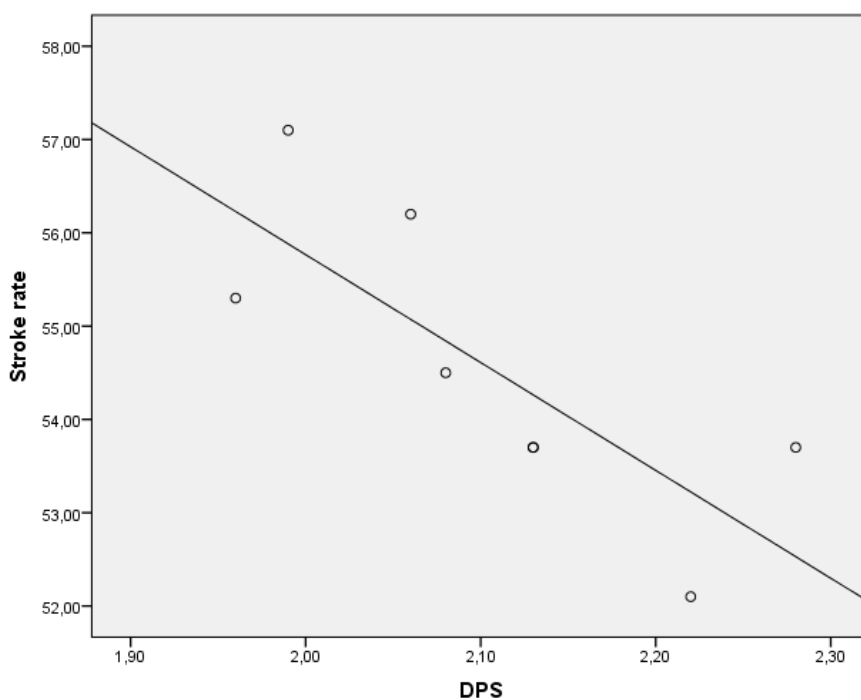
Kod N. – polufinalna utrka (Tablica 7) i M. (Tablica 9) nije utvrđena statistički značajna povezanost između ove tri varijable. No, kod kvalifikacijske utrke N. (Tablica 10), dokazana je statistički značajna povezanost između dužine zaveslaja i brzine ( $r = 0,919$ ,  $p = 0,001$ ) te je korelacija vrlo visoka pozitivna, odnosno što je N. imao veću dužinu zaveslaja, to mu je brzina bila veća (slika 5).

Slika 5. Grafički prikaz raspršenja za brzinu i dužinu zaveslaja kod N. (H)



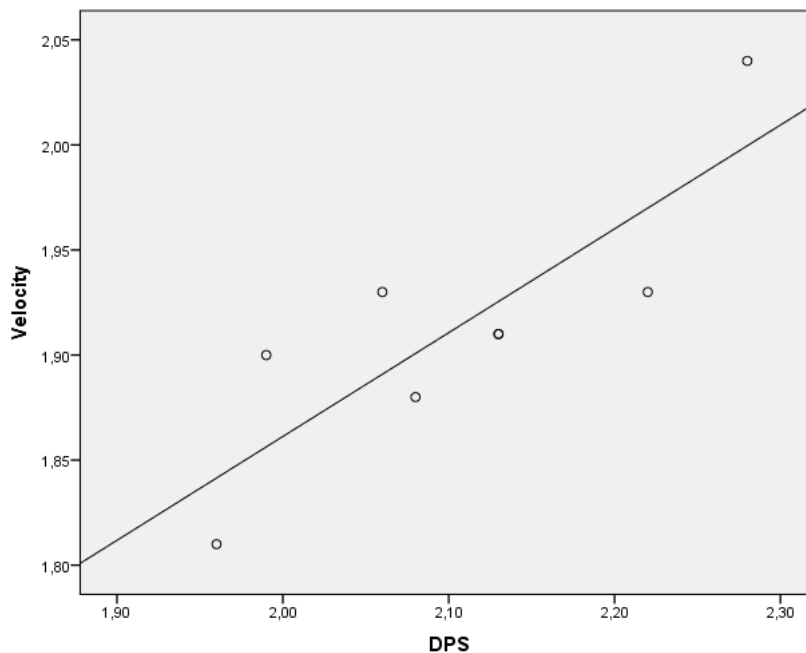
Kod A. također, (Tablica 8), statistički značajna povezanost je dokazana između dužine zaveslaja i frekvencije zaveslaja ( $r = -0,781$ ,  $p = 0,02$ ) te između dužine zaveslaja i brzine ( $r = 0,837$ ,  $p = 0,01$ ). Veličina povezanosti/korelacije je u oba slučaja visoka, a što se tiče smjera povezanosti, on je u prvom slučaju negativan što znači da se sa povećanjem dužine zaveslaja, frekvencija zaveslaja smanjuje (slika 6).

Slika 6. Grafički prikaz raspršenja za frekvenciju zaveslaja (c/min) i dužinu zaveslaju (A.)



U drugom slučaju, povezanost je pozitivna što znači da se sa povećanjem dužine zaveslaja, brzina plivanja također povećava (slika 7).

Slika 7. Grafički prikaz raspršenja za brzinu i dužinu zaveslaja (A.)



Korelacijskom analizom između postignutog vremena, brzine i plasmana za tri plivača, utvrđena je statistički značajna povezanost između postignutog vremena i plasmana za N. u kvalifikacijskoj utrci (H);  $r(10) = -0,586$ ,  $p = 0,045$  te u polufinalnoj utrci (SF);  $r(10) = -0,607$ ,  $p = 0,036$ . Veličina korelacije je srednje visoka, a smjer korelacije negativan što znači da sa kraćim vremenom raste plasman, tj. poboljšava se plasman. Za A. i M. nije utvrđena statistički značajna povezanost između postignutog vremena, brzine i plasmana ( $p > 0,05$ ).

Tablica 10. Korelacija između vremena, brzine i plasmata za N. (H)

Plivač N (H)			Vrijeme	Brzina	Plasma n
Spearman's rho	Vrijeme	Correlation Coefficient	1,000	-,268	<b>-,586*</b>
		Sig. (2-tailed)	.	,400	<b>,045</b>
		N	12	12	12
	Brzina	Correlation Coefficient	-,268	1,000	,443
		Sig. (2-tailed)	,400	.	,149
		N	12	12	12
	Plasma n	Correlation Coefficient	-,586*	,443	1,000
		Sig. (2-tailed)	,045	,149	.
		N	12	12	12

Tablica 11. Korelacija između vremena, brzine i plasmata za N. (SF)

Plivač N (SF)			Vrijeme	Brzina	Plasma n
Spearman's rho	Vrijeme	Correlation Coefficient	1,000	-,249	<b>-,607*</b>
		Sig. (2-tailed)	.	,436	<b>,036</b>
		N	12	12	12
	Brzina	Correlation Coefficient	-,249	1,000	,519
		Sig. (2-tailed)	,436	.	,084
		N	12	12	12
	Plasma n	Correlation Coefficient	-,607*	,519	1,000
		Sig. (2-tailed)	,036	,084	.
		N	12	12	12



Tablica 12. Korelacija između vremena, brzine i plasmata za A.

Plivač A			Vrijeme	Brzina	Plasma n
Spearman's rho	Vrijeme	Correlation Coefficient	1,000	-,176	-,120
		Sig. (2-tailed)	.	,584	,711
		N	12	12	12
	Brzina	Correlation Coefficient	-,176	1,000	,022
		Sig. (2-tailed)	,584	.	,946
		N	12	12	12
	Plasma n	Correlation Coefficient	-,120	,022	1,000
		Sig. (2-tailed)	,711	,946	.
		N	12	12	12

Tablica 13. Korelacija između vremena, brzine i plasmata za M.

Plivač M			Vrijeme	Brzina	Plasma n
Spearman's rho	Vrijeme	Correlation Coefficient	1,000	-,158	,236
		Sig. (2-tailed)	.	,624	,460
		N	12	12	12
	Brzina	Correlation Coefficient	-,158	1,000	,538
		Sig. (2-tailed)	,624	.	,071
		N	12	12	12
	Plasma n	Correlation Coefficient	,236	,538	1,000
		Sig. (2-tailed)	,460	,071	.
		N	12	12	12

## T test za nezavisne uzorke

Kako bi se utvrdilo postoje li statistički značajne razlike u varijablama: frekvencija zaveslaja, brzina i dužina zaveslaja između tri promatrana plivača, upotrijebljen je T test za nezavisne uzorke sa postavljenom razinom statističke značajnosti od  $p < 0,05$ .

Rezultati t testova za nezavisne uzorke prikazani u Tablicama 15- 20. pokazuju da statistički značajne razlike u varijablama: frekvencija zaveslaja, brzina i dužina zaveslaja nisu utvrđene između ova tri plivača ( $p > 0,05$ ).

*Tablica 14. Deskriptivni parametri frekvencije zaveslaja, brzine i dužine zaveslaja za N. i A.*

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Stroke rate	N.	8	53,34	2,944	1,041
	A.	8	54,54	1,602	0,566
Velocity	N.	8	1,89	0,124	0,044
	A.	8	1,91	0,064	0,023
DPS	N.	8	2,13	0,151	0,053
	A.	8	2,11	0,108	0,038

Tablica 15. Rezultati t testa za razlike u frekvenciji zaveslaja, brzini i dužine zaveslaja između N. i A.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Stroke rate	Equal variances assumed	,839	,375	-1,013	14	,328
	Equal variances not assumed			-1,013	10,811	,333
Velocity	Equal variances assumed	2,395	,144	-,481	14	,638
	Equal variances not assumed			-,481	10,463	,640
DPS	Equal variances assumed	1,915	,188	,399	14	,696
	Equal variances not assumed			,399	12,679	,696

Tablica 16. Deskriptivni parametri frekvencije zaveslaja, brzine i dužine zaveslaja za N. i M.

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Stroke rate	N.	8	53,34	2,944	1,041
	M.	8	54,98	3,183	1,125
Velocity	N.	8	1,89	0,124	0,044
	M.	8	1,93	0,114	0,040
DPS	N.	8	2,13	0,151	0,053
	M.	8	2,11	0,127	0,045

Tablica 17. Rezultati t testa za razlike u frekvenciji zaveslaja, brzini i dužine zaveslaja između N. i M.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Stroke rate	Equal variances assumed	,047	,831	-1,068	14	,303
	Equal variances not assumed			-1,068	13,915	,304
Velocity	Equal variances assumed	,001	,972	-,692	14	,500
	Equal variances not assumed			-,692	13,900	,500
DPS	Equal variances assumed	,410	,532	,340	14	,739
	Equal variances not assumed			,340	13,585	,739

Tablica 18. Deskriptivni parametri frekvencije zaveslaja, brzine i dužine zaveslaja za A. i M.

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Stroke rate	A.	8	54,54	1,602	0,566
	M.	8	54,98	3,183	1,125
Velocity	A.	8	1,91	0,064	0,023
	M.	8	1,93	0,114	0,040
DPS	A.	8	2,11	0,108	0,038
	M.	8	2,11	0,127	0,045

Tablica 19. Rezultati t testa za razlike u frekvenciji zaveslaja, brzini i dužine zaveslaja između A. i M.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Stroke rate	Equal variances assumed	1,349	,265	-,347	14	,734
	Equal variances not assumed			-,347	10,332	,735
Velocity	Equal variances assumed	3,680	,076	-,379	14	,711
	Equal variances not assumed			-,379	11,000	,712
DPS	Equal variances assumed	,800	,386	-,042	14	,967
	Equal variances not assumed			-,042	13,664	,967

Tablica 20. Dužina podvodnog plivanja nakon starta te prvog, drugog i trećeg okreta izražena u metrima

	Start	1.	2.	3.	Prosjek
N. (H)	13,5	11,8	12,7	10,8	12,2
N. (SF)	13,9	12,1	11,7	10,2	11,98
A.	12,7	12,5	11,8	12,1	12,28
M.	14,7	14,9	14,2	12,4	14,05

Iz tablice 21 se može vidjeti kako M. (model) provodi puno više vremena u podvodnom za razliku od N. i A. Nakon starta i prvog okreta gotovo pa maksimalno iskoristava dozvoljenu dužinu podvodnog prema FINA pravilima plivanja. Model za vrijeme cijele utrke provodi čak 8 metara više pod vodom u odnosu na N. te nešto manje u odnosu na A.

## 5. RASPRAVA

Temeljem rezultata statističke analize t testa za nezavisne uzorke, nulta hipoteza je potvrđena, odnosno ne postoji statistički značajna razlika između varijabli frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine između promatranih plivača.

Analizirani hrvatski plivač N. M. je u ovome radu promatran te uspoređivan s posljednjim plivačem kvalificiranim u finale A. M. te prvoplasiranim M. R. na svjetskom prvenstvu 2021. u Abu Dhabiju. Promatrane su dvije utrke N., jedne u kvalifikacijama u kojoj je otplivao bolje vrijeme od druge utrke u polufinalu.

Promatrani parametri su bili frekvencija zaveslaja i dužina zaveslaja koji su temeljne odrednice također promatrane brzine plivača; vrijeme reakcije, vrijeme starta (0-15m), vrijeme završetka utrke (95-100m), vremena okreta (20-40m, 45-65m te 70-90m), dužine podvodnog nakon starta i sva 3 okreta te vremena između pojedinih referentnih točaka (15-20m, 20-25m, 40-45m, 45-50m, 65-70m, 70-75m, 90-95m).

### **Analiza utrke po pojedinom segmentu**

Na prvom dijelu utrke, startu (čini ga vrijeme od trenutka sučeva znaka za start dok glava ne probije liniju 15 metara) koju većinom čini podvodni dio plivanja model ostvaruje značajnu prednost od 4 desetinke sekunde (5,27s u usporedbi sa 5,64s i 5,71s) te s obzirom da model izranja na 14,7m, a N. na 13,5m ukazuje na to da model radi kvalitetniji podvodni i postiže veću brzinu (2,85 u odnosu na 2,64 i 2,63 m/s). Ovakva razlika se može pretpostaviti da je posljedica veće eksplozivne snage nogu koja je odgovorna za daljinu skoka te veće snage mišića nogu i fleksora trupa i kuka za brži podvodni rad nogu dupinovitih udaraca.

U sljedećem segmentu utrke (15-25m), model ostvaruje minimalnu razliku spram N. od 5 stotinki sekunde što se može pripisati većoj frekvenciji zaveslaja (61 spram N. 52,6 i 58). Međutim, u ovome dijelu utrke N. ostvaruje najveću vrijednost DPS-a (dužine zaveslaja) (N. 2,38m spram modelovih 2,22m) te ujedno i postiže najveću brzinu na ovome dijelu utrke od sve trojice analiziranih plivača.

Na prvom okretu kojega čini 5 metara do zida i 15 metara nakon zida (20-40m) model ostvaruje bolje vrijeme od gotovo 2 desetinke sekunde spram N., dok N. sličnu razliku boljeg vremena ima spram A. U ovom segmentu utrke postoji velika razlika u duljini podvodnog gdje N. izranja na 11,8m (12,1m u polufinalu) dok model gotovo maksimalno iskorištava dozvoljenu dužinu podvodnog te izranja na 14,9m što je razlika od gotovo 3 metra.

U sljedećem dijelu utrke (40-45m), N. ima 2 desetinke sekunde slabije vrijeme u odnosu na modela koji postiže veću frekvenciju zaveslaja (56,2 spram 52,9 i 51,7).

Na posljednjem dijelu utrke (45-50m) prvih 50m, N. održava visoku vrijednost dužine zaveslaja, ali u ovom dijelu kvalifikacijske utrke ima najnižu frekvenciju od svih.

Na drugom okretu (45-65m), N. postiže slabiji rezultat u odnosu na modela i A., te model ponovno izranja čak metar i pol dulje od N. te 2 i pol metra dulje od A. Na jedinom dijelu utrke (65-75m), N. ostvaruje bolje vrijeme u odnosu na modela gdje povećava frekvenciju zaveslaja (55,6 i 56,2 spram modelovih 51,4).

Na zadnjem okretu (70-90m) kao i svakom do sada, N. ima slabije vrijeme u odnosu i na modela i A. te samim time i manju brzinu. N. u ovom dijelu postiže najniže vrijednosti duljine podvodnog (10,8 u kvalifikacijskoj te 10,2 u polufinalnoj utrci), dok A. izranja na 12,1, a model na 12,4m što je značajno više.

U pretposljednem dijelu utrke (90-95m), sva trojica su plivača imala gotovo jednako vrijeme s minimalnim razlikama unutar jedne desetinke sekunde, kod svih je vidljiv pad frekvencije i dužine zaveslaja (Slika 2).

U završetku utrke (95-100m), model ostvaruje za desetinku, a A. za dvije desetinke sekunde bolje vrijeme u odnosu na N. Zadnjih 10 metara, kod svih plivača dolazi do značajnog pada frekvencije zaveslaja i brzine plivanja, međutim, kod N. je taj pad drastičan te je u ovom dijelu postigao najmanju vrijednost frekvencije u polufinalnoj utrci (48). Ovakva razlika se može pripisati i tome što plivači zadnji zaveslaj do okreta ili uplivavanja u cilj produže, odnosno rade duže klizanje umjesto što kreću u novi zaveslaj. N. vrijeme kvalifikacijske utrke je bilo 50,23s, a polufinalne 50,58s, A. vrijeme u polufinalu je bilo 49,79s, a modelovo 48,67s u finalu.



## Interpretacija statističkih rezultata

T-testom za nezavisne uzorke dokazano je da ne postoji statistički značajna razlika u varijablama: frekvencija zaveslaja, dužina zaveslaja te brzina između plivača N., A. i modela M. ( $p > 0,05$ ). Rezultati t-testa se nalaze u tablicama 15 – 20.

Pearsonovim koeficijentom korelacije utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između varijabli frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine kod rezultata polufinalne utrke N. te modela M. (Tablica 7 i 9).

Međutim, dokazano je da postoji statistički značajna povezanost u kvalifikacijskoj utrci N. između varijabli dužine zaveslaja i brzine (tablica 10) te je korelacija bila vrlo visoka, odnosno povećanjem dužine zaveslaja, rasla je i brzina, treba napomenuti da je N. u jednom dijelu utrke imao ujedno i najveću dužinu zaveslaja te brzinu od sva 3 analizirana ispitanika. Kod A. je također dokazano da postoji statistički značajna povezanost između varijabli dužine zaveslaja i frekvencije zaveslaja (Tablica 8) te je bila visoka negativna što je značilo da je A. povećavajući frekvenciju, smanjivao dužinu zaveslaja. I također, kao i kod N., A. je imao statistički značajnu pozitivnu povezanost između varijabli dužine zaveslaja i brzine, no nešto manju od N. što se vidi i iz rezultata da je A. ostvarivao veću brzinu prouzročeno većom frekvencijom zaveslaja.

Deskriptivna statistika ukazuje na to da je promatrani plivač N. na parametru frekvencije zaveslaja postigao ujedno najniže prosječne vrijednosti i najnižu vrijednost u pojedinom segmentu utrke dok je model (M.) imao najviše vrijednosti.

Model je također imao bolje vrijeme reakcije starta, odnosno vremena od sučeva signala za start dok stopala ne napuste startnu podlogu (0,65s u usporedbi sa 0,71 i 0,75s) stoga je i to jedan segment, brzina reakcije, na kojem bi N. trebao poraditi. A. je također imao puno bolje vrijeme reakcije od N. (0,64s).

Iz tablice 21 se vidi kako model naspram N. provodi čak 8 metara više na podvodnom ukupno u cijeloj utrci (N. prosječno izranja na 11,98m i 12,2m, A. 12,28m, a model najviše i to 14,05m) što je značajno jer bi plivači trebali nastojati raditi duži podvodni zbog mogućnosti postizanja veće brzine u podvodnom načinu plivanja jer su sile otpora manje ispod vode nego

na površini (Polach, 2021). Usporedno tome, povećanjem dužine utrke se također i smanjuje dužina podvodnog pa tako plivači na 1500m utrkama izranjanju na 4,64+-0,23m (Polach, 2021). Takva razlika se vjerojatno može pripisati tome što na dužim utrkama zbog puno većeg broja okreta (pogotovo ako je riječ o malom bazenu gdje je taj broj okreta duplo veći), dolazi do velikih zahtjeva za mišiće nogu tijekom odguravanja od zida i ponavljanih držanja daha tijekom podvodnog što rezultira bržim umaranjem. Stoga plivači trebaju primjenjivati različite strategije tempa utrke te dužina podvodnih ovisno u kojoj disciplini se natječu. Ukupan broj zaveslaja N. u cijeloj utrci je bio 24 u kvalifikacijama te 25 u polufinalnoj utrci, dok je A. imao 25, a M. (model) samo 21 zaveslaj. Budući da je model imao najmanji broj zaveslaja na utrci, a najveću prosječnu brzinu, on ju je ostvario na račun veće frekvencije zaveslaja, a ne dužine zaveslaja. Model je lakše mogao održavati visoku frekvenciju tijekom cijele utrke budući da je imao manji broj zaveslaja, a i zbog toga što je veći dio utrke proveo radeći podvodni u usporedbi s N. i A. S druge strane, N. je postigao najveću prosječnu vrijednost dužine zaveslaja te čak i najveću brzinu u istom segmentu utrke, ali ne i prosječnu najveću brzinu duž cijele utrke, što znači da nije mogao održavati visoku frekvenciju zaveslaja. Uspoređujući prolaz na prvih i drugih 50m, N. je imao 3,41s (SF utrka) i 4,1s (H utrka) vremenski slabiji prolaz na drugih 50m, dok je A. imao samo 3,11s, a model 4,07s slabiji drugi prolaz u odnosu na prvi, uzrok tome je da je A. u drugom dijelu utrke održavao veću frekvenciju zaveslaja u odnosu na N.

Analiziranjem rezultata utvrđeno je da je dužina zaveslaja važan čimbenik za postizanje veće brzine, međutim, budući da brzina u plivanju ovisi o frekvenciji i dužini zaveslaja, ako plivači žele razviti veliku brzinu i održavati ju tijekom cijele utrke, moraju biti usredotočeni na oba parametra. Arellano (2018) smatra da bi se treneri trebali fokusirati na optimiziranje dužine zaveslaja umjesto prilagodbe frekvencije zaveslaja koristeći podvodno snimanje te tek nakon optimizacije zaveslaja bi trebali raditi na varijacijama frekvencije po prolazima na dionicama utrke kako bi mijenjali brzinu plivanja. Sposobnosti koje utječu na dobru dužinu zaveslaja su sama tehnika, fleksibilnost, snaga, jakost i izdržljivost.

Na jednom svjetskom prvenstvu je analizirano 16 plivača prosječnih vrijednosti u varijablama dužina zaveslaja, frekvencija zaveslaja i brzina plivanja te je brzina naravno visoko korelirala s krajnjim rezultatom dok su dužina i frekvencija rijetko korelirale sa završnim

vremenom što označava te daje kredibilitet tezi da optimalna frekvencija i dužina zaveslaja varira za svakog plivača te da je to individualna stvar (Arellano, 2018). Cilj svakog plivača je održati broj zaveslaja što većim tijekom cijele utrke uz visoku vrijednost parametra dužine zaveslaja, međutim, često se događa da je frekvencija visoka u prvom dijelu utrke, no kako se kraj utrke bliži, plivačima opada frekvencija što se vidi i iz slike 2. To je sasvim normalno, kao posljedica stvaranja laktata u mišićima i pojave umora organizma. Uzrok tomu je što u plivanju utrke na 100m traju oko 50 sekundi te s fiziološke strane, takva aktivnost spada u anaerobno-aerobni rad te se na toj dionici javlja faktor brzinske izdržljivosti (Volčanšek, 2002). Time, nedvojbeno je da bi se plivači trebali posvetiti treningu tolerancije na laktate i anaerobne izdržljivosti kako bi mogli održati što veću frekvenciju zaveslaja tijekom cijele utrke bez prevelikog pada u završetku utrke.

Usporedbom rezultata dviju N. utrka, vidi se da je otplivao bolje vrijeme u kvalifikacijama nego u polufinalnoj utrci. Nije rijedak slučaj da plivači koji su plivali vrlo brzo u kvalifikacijama, otplivaju slabije vrijeme u polufinalu što može biti posljedica i velikog broja utrka na natjecanju. Kako bi se smanjila varijabilnost izvedbe, treba stvoriti prednatjecateljske obrasce ponašanja kojih se plivač treba držati što više i preciznije moguće od samog zagrijavanja, zauzimanja pozicije na bloku, obrasca disanja prije skoka i svakog okreta pa do treniranja održavanja tempa te je potrebno što bolje simulirati uvjete natjecanja. Također, danas su mikrociklusi natjecanja sve kompleksniji te plivač mora prolaziti kroz kvalifikacije i polufinale u istom danu te finale sutradan te ako je veći broj disciplina, oporavak je vrlo značajan te mu treba posvetiti više pažnje.

Treneri bi trebali barem jedanput prije natjecanja replicirati takav način treninga kao što je mikrociklus natjecanja (Milanović, 2013). Također, danas analitičari moraju provoditi statističke analize te raditi na sitnim numeričkim detaljima koji pružaju informaciju o varijabilnosti kako se plivač razlikuje od modela te na taj način usmjeravati trening.

## 6. ZAKLJUČAK

Plivački analitičari pružaju pronicljive i domišljate informacije sportašima i trenerima koje im pomažu u donošenju odluka. Analitičari mogu predvidjeti i prognozirati izvedbe i ciljana vremena (rezultate) u različitim vremenskim okvirima. Također bi redovito trebali raditi analizu utrka na službenim natjecanjima i provoditi testiranja na treninzima temeljnih odrednica uspješnosti čistog plivanja, starta, okreta i završetka utrka. Osim testiranja u vodi, dio njihova posla su procjena snage i kondicije u teretani te prevencija ozljeda. Napretkom tehnologije i sustava ti podaci će u budućnosti biti brže obrađeni i dostupni, time će analitičari svoj fokus više prebaciti na analizu i interpretaciju podataka čime će biti više uključeni u preporuku određenih vježbi, treninga i strategija sportašima i trenerima. U konačnici, analitičari bi trebali imati odgovore na izazove i zahtjeve pred plivačima, pružajući im korisna i značajna rješenja koja su potkrijepljena činjenicama dobivenim iz vrhunskih istraživanja.

Rezultati dobiveni u ovom istraživanju omogućuju objektivnu procjenu bitnih komponenata za uspjeh plivača na 100m dupin. Istraživanjem je dokazana statistički značajna proporcionalna povezanost između dužine zaveslaja i brzine plivanja kod N., te je dokazana obrnuto proporcionalna povezanost između frekvencije zaveslaja i dužine zaveslaja kod A.

Međutim, budući da nema statistički značajne razlike između analiziranih plivača u varijablama frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine, može se zaključiti da za uspjeh na disciplini 100m dupin ne postoji točno određen broj ili dužina zaveslaja koju bi plivači trebali primjenjivati za što bolji rezultat, već svaki plivač treba prilagođavati i optimizirati navedene parametre za sebe ovisno o svojim antropometrijskim i motoričkim sposobnostima te morfološkim obilježjima.

Zaključci su doneseni na temelju analize jednog natjecanja te samo nekoliko utrka, za potpuniju analizu bi trebalo usporediti promatranog plivača i modela u više natjecanja kroz više vremenskih točaka, primjerice kroz nekoliko godina, kako bi se vidjelo kako im se ti parametri kreću i optimiziraju li plivači zaveslaj s vremenom te kakav je međuodnos ostalih varijabli.

## 7. LITERATURA

- Allen, S. V., Vandenberg, T. J., Pyne, D. B., & Hopkins, W. G. (2015). Predicting a nation's Olympic-qualifying swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 431–435. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0314>
- Arellano, R.; Brown, P.; Cappaert, J.; Nelson, R.C. (1994). Analysis of 50-m, 100-m, and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. *J. Appl. Biomech.* 10, 189–199.
- Arellano, R., Pardillo, S., & García, F. (1999). A system for quantitative measurement of swimming technique. *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, 1*, 269-275.
- Arellano, R., Ruiz-Teba, A., Morales, E., Gay, A., & Cuenca-Fernandez, F. (2018). Short course 50m female freestyle performance comparison between national and regional swimmers. XIIIth International Symposium on Biomechanics And Medicine In Swimming Proceedings. *Tsukuba: Japanese Society of Sciences in Swimming and Water Exercise*. 248–355.
- Bishop, D., Burnett, A., Farrow, D., Gabbett, T., & Newton, R. (2006). Sports-science roundtable: Does sports-science research influence practice? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(2), 161–168. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.2.161>
- Buchheit, M. (2017a). Houston, we still have a problem. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 1111–1114. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0422>
- Buchheit, M. (2017b). Want to see my report, coach. In Aspetar (Ed.), *Aspetar Sport Medicine* 36–43.
- Colwin, Cecil M. (2004). *Plivanje za 21. stoljeće*. Gopal, Zagreb
- Costa, M. J., Marinho, D. A., Reis, V. M., Silva, A. J., Marques, M. C., Bragada, J. A. i Barbosa, T. M. (2010). Tracking the performance of world-ranked swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(3), 411–417.

- Costa, M. J., Bragada, J. A., Mejjias, J. E., Louro, H., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2012). Tracking the performance, energetics and biomechanics of international versus national level swimmers during a competitive season. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(3), 811–820. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2037-6>
- García-Hermoso, A., Saavedra, J. M., Arellano, R. i Navarro, F. (2017). Relationship between swim start wall contact time and final performance in backstroke events in international swimming championships. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *17*(3), 232–243.
- Gonjo, T., Olstad, B. H. (2021). Race analysis in competitive swimming: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(1), 1–16
- Leko, G. (2017). Sportsko plivanje. *Radni materijal Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu*
- Maglischo, E. (2003). *Swimming Fastest: The Essential Reference on Technique, Training and Program Design*. Human Kinetics
- McGibbon, K.E.; Pyne, D.B.; Shephard, M.E.; Thompson, K.G. (2018). Pacing in swimming: A systematic review. *Sports Med.*, *48*, 1621–1633.
- Morais, J. E., Marinho, D. A., Arellano, R., & Barbosa, T. M. (2019). Start and turn performances of elite sprinters at the 2016 European Championships in swimming. *Sports Biomechanics*, *18*(1), 100–114. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1435713>
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Bragada, J. A., Castro, F. A. D., & Marinho, D. A. (2020a). *Stability analysis and prediction of pacing in elite 1500 m freestyle male swimmers*. *Sports Biomechanics*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1810749>
- Milanović, D. (2013). *Teorija treninga. Kineziologija sporta*. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- Pelayo, P., & Alberty, M. (2011). The history of swimming research. In L. Seifert, D. Chollet, & I. Mujika (Eds.), *World book of swimming: From science to performance* (pp. xix–xxvi). Nova Science.
- Pyne, D. B., Trewin, C. B., & Hopkins, W. G. (2004). *Progression and variability of competitive performance of Olympic swimmers*. *Journal of Sports Sciences*, *22*(7), 613–620. <https://doi.org/10.1080/02640410310001655822>

- Polach, M., Thiel, D., Kreník, J. *et al.* Swimming turn performance: the distinguishing factor in 1500 m world championship freestyle races?. *BMC Res Notes* 14, 248 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13104-021-05665-x>
- Šiljeg, K., (2018). *Plivanje*. Hrvatski plivački savez, Zagreb
- Thompson, K.G.; Haljand, R.; MacLaren, D.P. (2000). An analysis of selected kinematic variables in national and elite male and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 18, 421–431.
- Tiago M. Barbosa, Augusto Carvalho Barbosa, David Simbaña Escobar, Gary John Mullen, Jodi M. Cossor, Ryan Hodierna, Raúl Arellano & Bruce R. Mason (2021) *The role of the biomechanics analyst in swimming training and competition analysis*, *Sports Biomechanics*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1960417>
- Volčanšek, B. (1996). *Sportsko plivanje: Plivačke tehnike i antropološka analiza plivanja*. Fakultet za fizičku kulturu, Zagreb
- Volčanšek, B. (2002). *Bit plivanja*. 22. knjiga. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
- Ungerechts, B. E., & Keskinen, K. (2018). The significance of International Symposia on Biomechanics and Medicine in Swimming – A Multidisciplinary approach. In: H. Takagy, Y. Oghji, Y. Sengoky, & T. Gonjo (eds.). *Xiiiith International Symposium on Biomechanics and Medicine In Swimming Proceedings* (pp. 17–25). Tsukuba: Japanese Society of Sciences in Swimming and Water Exercise
- Washino, S.; Mayfield, D.L.; Lichtwark, G.A.; Mankyu, H.; Yoshitake, Y. (2019). Swimming performance is reduced by reflective markers intended for the analysis of swimming kinematics. *Journal of Biomechanics* 91, 109–113

## 8. PRILOZI

Slika 1. Konačan izgled izvještaja podataka kvalifikacijske utrke N. M. ....	15
Slika 2. Grafički prikaz frekvencije zaveslaja po dionicama (c/min) .....	17
Slika 3. Grafički prikaz brzine po dionicama (m/s) .....	19
Slika 4. Grafički prikaz dužine zaveslaja po dionicama (m).....	20
Slika 5. Grafički prikaz raspršenja za brzinu i dužinu zaveslaja kod N (H) .....	23
Slika 6. Grafički prikaz raspršenja za frekvenciju zaveslaja (c/min) i dužinu zaveslaju (A)..	24
Slika 7. Grafički prikaz raspršenja za brzinu i dužinu zaveslaja (A.) .....	25
Tablica 1. Vremenski parametri u dupin tehnici .....	4
Tablica 2. Brzina kretanja dlana unutar zaveslaja rukama .....	4
Tablica 3. Shapiro Wilk test .....	16
Tablica 4. Deskriptivni parametri za frekvenciju zaveslaja .....	16
Tablica 5. Deskriptivni parametri za brzinu .....	18
Tablica 6. Deskriptivni parametri za dužinu zaveslaja (DPS) .....	19
Tablica 7. Korelacija između frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine (N SF) .....	21
Tablica 8. Korelacija između frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine (A).....	22
Tablica 9. Korelacija između frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine (M) .....	22
Tablica 10. Korelacija između frekvencije zaveslaja, dužine zaveslaja i brzine (N H) .....	23
Tablica 11. Korelacija između vremena, brzine i plasmana za N (H).....	26
Tablica 12. Korelacija između vremena, brzine i plasmana za N (SF) .....	26



Tablica 13. Korelacija između vremena, brzine i plasmana za A .....	27
Tablica 14. Korelacija između vremena, brzine i plasmana za M .....	27
Tablica 15. Deskriptivni parametri frekvencije zaveslaja, brzine i dužine zaveslaja za N i A .....	28
Tablica 16. Rezultati T testa za razlike u frekvenciji zaveslaja, brzini i dužine zaveslaja između N i A .....	29
Tablica 17. Deskriptivni parametri frekvencije zaveslaja, brzine i dužine zaveslaja za N i M	29
Tablica 18. Rezultati T testa za razlike u frekvenciji zaveslaja, brzini i dužine zaveslaja između N i M .....	30
Tablica 19. Deskriptivni parametri frekvencije zaveslaja, brzine i dužine zaveslaja za A i M. ....	30
Tablica 20. Rezultati T testa za razlike u frekvenciji zaveslaja, brzini i dužine zaveslaja između A i M .....	31
Tablica 21. Dužina podvodnog plivanja nakon starta te prvog, drugog i trećeg okreta izražena u metrima.....	31