

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKO DELO

MAJA BRATKIČ

Ljubljana, 2015



UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT  
Kineziologija

KINEMATIČNA ANALIZA TEHNIKE VRHUNSKIH  
SKAKALK TROSKOKA

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:  
prof. dr. Milan Čoh

RECENZET:  
prof. dr. Branko Škof

Avtorica dela:  
MAJA BRATKIČ

Ljubljana, 2015

**Ključne besede:** atletika, troskok, tehnika, biomehanika, kinematika

## **KINEMATIČNA ANALIZA TEHNIKE VRHUNSKIH SKAKALK TROSKOKA**

**Maja Bratkič**

### **POVZETEK**

V diplomskem delu smo opisali gibalne strukture troskoka, biomehanske parametre ter fizikalne zakonitosti, ki veljajo za troskok. Rezultati kinematike in dinamike vrhunskih skakalk troskoka so pridobljeni iz dostopne tuje in domače literature.

Pri nalogi smo uporabili kinematične in biomehanske analize troskoka, ki so bile izvedene na mitingu Evropske atletske zveze "Thessaloniki 2008" v Solunu v Grčiji, na Svetovnem atletskem prvenstvu v Berlinu leta 2009 in v Daeguju v Južni Koreji leta 2011.

Vzorec merjenk je sestavljen iz dvajset najboljših skakalk troskoka na svetu.

Izračunali smo osnovno statistiko kinematičnih in dinamičnih parametrov tehnike troskoka. S korelacijsko analizo smo ugotovili povezanost posameznih parametrov z rezultatom troskoka. Ničelno domnevo pri  $p < 0,01$  zavrnamo.

Ugotovili smo, da je horizontalna hitrost najbolj povezana z dolžino troskoka.

**Keywords:** athletics, triple jump, technique, biomechanics, kinematics

## **KINEMATIC ANALYSIS OF ELITE FEMALE TRIPLE JUMPERS**

**Maja Bratkič**

### **ABSTRACT**

In the thesis we describe motor structures triple jump, biomechanical parameters and physical laws that apply to the triple jump. The results of the kinematics and dynamics of top jumpers triple jump are derived from available domestic and foreign literature.

The task we used kinematic and biomechanical analysis of the triple jump, which took place at the European athletics meeting "Thessaloniki 2008" in Greece, at the World Athletics Championships in Berlin in 2009 and in Daegu, South Korea in 2011.

Sample consists of 20 of the best jumpers in the world triple jump .

We calculate basic statistics kinematic and dynamic parameters of the art triple jump .

The correlation analysis I found between individual parameters with a score triple jump. The null hypothesis at  $p < 0.01$  disapprove

We found out that the horizontal speed is the most connected with the length of the triple jump.

# KAZALO

- 1 UVOD
- 2 ZGODOVINA TROSKOKA
- 3 BIOMEHANSKE ZNAČILNOSTI TROSKOKA
- 4 OPIS POSAMEZNIH FAZ TROSKOKA
  - 4.1 ZALETNA FAZA
  - 4.2 ODRIV (angl. take-off)
  - 4.3 POSKOK (angl. hop)
  - 4.4 KORAK (angl. step)
  - 4.5 SKOK (ang. jump)
- 5 CILJI DIPLOMSKE NALOGE
  - 5.1 CILJI
  - 5.2 HIPOTEZE
- 6 METODE DELA
  - 6.1 VZOREC SPREMENLJIVK
  - 6.2 STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV
- 7 REZULTATI
  - 7.1 KINEMATIČNA ANALIZA TEHNIKE TROSKOKA
    - 7.1.1 KINEMATIČNA ANALIZA POSAMEZNIH FAZ TROSKOKA HOP – STEP – JUMP
    - 7.1.2 KINEMATIČNA ANALIZA DOLŽINE ZADNJIH DVEH KORAKOV ZALETA
    - 7.1.3 KINEMATIČNA ANALIZA HORIZONTALNE HITROSTI
    - 7.1.4 KINEMATIČNA ANALIZA VERTIKALNE HITROSTI
    - 7.1.5 KINEMATIČNA ANALIZA ČASA KONTAKTA
  - 7.2 KINEMATIČNA ANALIZA ODRIVNIH KOTOV
  - 7.3 KORELACIJSKA ANALIZA KINEMATIČNIH SPREMENLJIVK Z REZULTATI TROSKOKA
    - 7.3.1 KORELACIJSKA ANALIZA DOLŽINE POSAMEZNE FAZE TROSKOKA IN REZULTATA TROSKOKA
    - 7.3.2 KORELACIJSKA ANALIZA DOLŽINE ZADNJIH DVEH KORAKOV ZALETA IN REZULTATA TROSKOKA
    - 7.3.3 KORELACIJSKA ANALIZA HORIZONTALNE HITROSTI IN REZULTATA TROSKOKA
    - 7.3.4 KORELACIJSKA ANALIZA VERTIKALNE HITROSTI IN REZULTATA TROSKOKA
    - 7.3.5 KORELACIJSKA ANALIZA ČASA KONTAKTA IN REZULTATA TROSKOKA
    - 7.3.6 KORELACIJSKA ANALIZA ODRIVNEGA KOTA IN REZULTATA TROSKOKA
- 8 RAZPRAVA
- 9 ZAKLJUČEK
- 10 VIRI

## **KAZALO SLIK**

- Slika 1: Faze troskoka  
Slika 2: Skakališče za troskok in prikaz odrivov troskoka  
Slika 3: Prva faza troskoka  
Slika 4: Druga faza troskoka  
Slika 5: Tretja faza troskoka  
Slika 6: Postavitev kamer na Svetovnem prvenstvu v Daeguju v Južni Koreji (cone, ki jih bo posamezna kamera zajela (Bae, Chae, Lee, Park, Park, Park, 2011)  
Slika 7: Postavitev stopal troskokašic na Mitingu evropske atletske zveze leta 2008 v Solunu in postavitev kamer (cone, ki jih bo posamezna kamera zajela) (Panoutsakopoulos in Kollias, 2008)  
Slika 8: Kinogram posameznih faz troskoka na Svetovnem prvenstvu na Berlinu leta 2009 (1) (Mendoza, Nixdorf, 2011).  
Slika 9: Troskokašice v posameznih fazah troskoka na Svetovnem prvenstvu na Berlinu leta 2009 (2) (Mendoza, Nixdorf, 2011).  
Slika 10: Vpliv na končni rezultat v troskok  
Slika 11: Caterine Ibarguen v drugi fazi troskoka (step) (Mulkeen, 2011)

## **KAZALO TABEL**

- Tabela 1: Posamezne faze troskoka  
Tabela 2: Tabela kinematičnih spremenljivk s pripadajočim opisom  
Tabela 3: Najboljši rezultati troskoka analiziranih skakalk  
Tabela 4: Dolžina posameznih faz troskoka  
Tabela 5: Dolžina zadnjih dveh korakov zaleta  
Tabela 6: Horizontalna hitrost v zaletu in posameznih fazah troskoka  
Tabela 7: Vertikalna hitrost v zaletu in posameznih fazah troskoka  
Tabela 8: Kontaktni čas v posameznih fazah troskoka  
Tabela 9: Odrivni kot v posameznih fazah troskoka  
Tabela 10: Korelacijska analiza kinematičnih parametrov z rezultati troskoka pri troskoku  
Tabela 11: Korelacijska analiza posameznih faz troskoka in rezultata troskoka  
Tabela 12: Korelacijska analiza horizontalne hitrosti v posameznih fazah troskoka in rezultata troskoka  
Tabela 13: Korelacijska analiza vertikalne hitrosti v posameznih fazah troskoka in rezultata troskoka  
Tabela 14: Korelacijska analiza časov kontaktov v posameznih fazah troskoka in rezultata troskoka  
Tabela 15: Korelacijska analiza odrivnih kotov v posameznih fazah troskoka in rezultata troskoka

## 1 UVOD

Atletika je ena najstarejših športnih panog, saj se v njej merili že stari Grki. Pravzaprav je zgodovina atletike tako dolga kot zgodovina športa nasploh. Na prvih olimpijskih igrah v grški Olimpiji 776 let pred našim štetjem so tekmovali le v teku na en stadij. Zaradi tako bogate tradicije in ker je temelj za vse ostale športe, ji rečemo kraljica športov. Atletiko sestavljajo številne atletske discipline, ki jih v osnovi delimo na skoke, teke in mete. Spada v skupino monostrukturnih športov, za katere je značilna standardna struktura cikličnega ali acikličnega gibanja, pri čemer je osnovni cilj premagovanje prostora z lastnim telesom ali predmetom, ki ga mečemo.

Troskok velja za eno najkompleksnejših atletske disciplin in je ena izmed štirih skakalnih disciplin v atletiki, kjer gre za kombinacijo tehnike, hitrosti in elastične moči skakalca. Zahteva optimalno povezanost posameznih faz tehnike v celoto. Troskok za ženske je relativno mlada atletska disciplina, saj je bila uvedena v program atletskega tekmovanja šele leta 1987.

Razlog za pisanje diplomske naloge o troskoku je to, da sem tudi sama tekmovalka v troskoku in je ta atletska disciplina sestavni del mojega vsakdana. Pri projektu pa sem poglobila svoje znanje in spoznala troskok iz drugega zornega kota. Analizirala sem troskok z vidika biomehanskih spremenljivk. Ugotavljala sem najpomembnejše kinematične lastnosti troskoka in njihovo medsebojno povezanost.

Analizirala sem povezanost med parametri troskoka, kot so dolžina posameznih faz troskoka, horizontalna in vertikalna hitrost predzadnjega in zadnjega koraka v zaletu, prvega (hop), drugega (step) in tretjega (jump) skoka, trajanje oporne faze in odzivni kot v prvi (hop), drugi (step) in tretji (jump) fazi in končno dolžino troskoka.

Raziskav, ki proučujejo biomehanske in kinematične značilnosti troskoka, je kar nekaj, vendar jih je večina usmerjena v proučevanje le enega vrhunškega skakalca. Le malo pa je analiz, ki proučujejo troskok vrhunskih ženskih skakalk.



## 2 ZGODOVINA TROSKOKA

Atletska tekmovanja spadajo med najstarejše športe, saj imajo svoje korenine že v prazgodovini. Zgodovina troskoka naj bi segala v staro Grčijo, saj zgodovinarji sklepajo, da je bil tudi troskok oziroma različica le-tega del takratnih obrednih tekmovanj. Med zgodovinarji se še danes krešejo mnenja ali je bil v peterboj vključen skok v daljino (halma) ali nekaj podobnega troskoku (več zaporednih skokov). Ker pa je v zapisih omenjeno, da naj bi nekateri atleti že v starogrških časih dosegali razdalje preko 15,24 m, to pomeni, da so tekmovali v disciplini, kjer so opravili več zaporednih skokov.

Z zgodovino troskoka so povezane tudi Tailteannske igre. Le-te so bile antična keltska prireditve, ki so se na Irskem odvijale okoli 1800 pred našim štetjem. Del takratnega tridnevnega tekmovanja naj bi bil tudi troskok.

Na Irskem je v 19. stoletju troskok postal nacionalni šport, vendar ne v takšni obliki kot ga poznamo danes. Vsi trije poskoki so bili namreč izvedeni na eni nogi. S takim načinom skakanja je Irec D. Shanahan leta 1888 skočil 15,25 m in tako postavil svetovni rekord, ki ga je imel v lasti zelo veliko časa.

Kasneje se je v Angliji, prav tako v 19. stoletju, uveljavila tehnika, ki je temeljila na poskokih iz ene noge na drugo (leva, desna, leva oz. desna, leva, desna).

Troskok je bil tudi del prvih olimpijskih iger modern dobe v Atenah leta 1896, čeprav v nekoliko drugačni obliki. Sestavljala sta ga dva zaporedna skoka z isto nogo in nato tretji skok v doskočišče.

Prvi olimpijski prvak v troskoku je postal James Connolly, ki je z dvema poskoka z desno nogo in zadnjim odzivom z levo nogo, pristal pri 13,71 m.

Del programa dveh olimpijskih iger (1900 v Parizu in 1904 v St. Louisu) je bil tudi troskok z mesta. Čeprav so ga kasneje umaknili iz programa olimpijskih iger, je še danes pomemben del treninga vseh atletov.

Ženski troskok je ena najmlajših atletskih disciplin, saj je bil na olimpijske igre uveden leta 1996 v Atlanti.

Mednarodna atletska zveza tako uradno priznava le pet svetovnih rekordov, aktualnega je leta 1995 postavila Inessa Kravets, ki je na Svetovnem prvenstvu v Göteborgu na Švedskem pristala pri 15,50 metra.

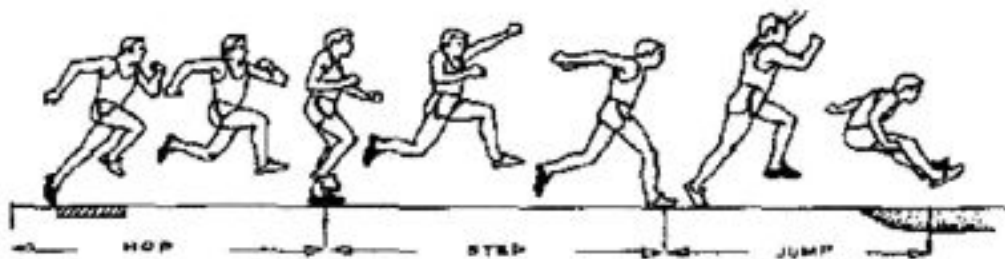
Tehnika troskoka se je skozi leta spreminjala. Na začetku sta se na vzhodu Evrope razvili dve šoli, ki sta se po biomehanskih zakonitosti tehnike troskoka razlikovali predvsem po razmerju dolžin posameznih faz (Hay, 1985). Definicijo za obe šoli je podal strokovnjak na področju pliometrije in biomehanike dr. James Hay. Ruska šola je temeljila na tehniki s prevladujočim prvim skokom (ang. hop dominant technique), poskokom (velika sila ustvarjena pri odskoku kaže na razvoj velike moči), in je definirana kot tehnika, v kateri prevladuje prvi skok, ki je vsaj za dve enoti (izraženo v odstotnem razmerju) daljši od drugega najdaljšega skoka. Pri tehniki, kjer prevladuje prvi skok, je ta tako najdaljši kot tudi najvišji.

Na drugi strani pa je poljska šola zagovarjala tehniko, pri kateri nobena od faz po odstotnem deležu ne izstopa. Pri t.i. uravnoreženi tehniki (angl. balance technique) je najdaljši skok za manj kot dve enoti (izraženo v odstotnem razmerju) daljši od naslednjega najdaljšega skoka.

V troskoku se je uveljavila tudi "jump tehnika", kjer prevladuje tretji, zadnji skok. Le-ta mora biti vsaj za dve enoti (izraženo v odstotnem razmerju) daljši od naslednjega najdaljšega skoka. Za to tehniko je značilno, da je prvi skok ("hop") nizek.

Pri moških so vsi svetovni rekorderji do leta 1972 uporabljali tehniko s prevladujočim prvim skokom oz. uravnoreženo tehniko. Zadnji trije svetovni rekordi, vključno s sedanjim rekordom Jonathana Edwardsa, ki znaša 18,29 m, pa so bili doseženi s t.i. "jump tehniko" (Hay, 1999).

Pri ženskah je najpogostejša tehnika s poudarjeno prvo "hop" fazo.



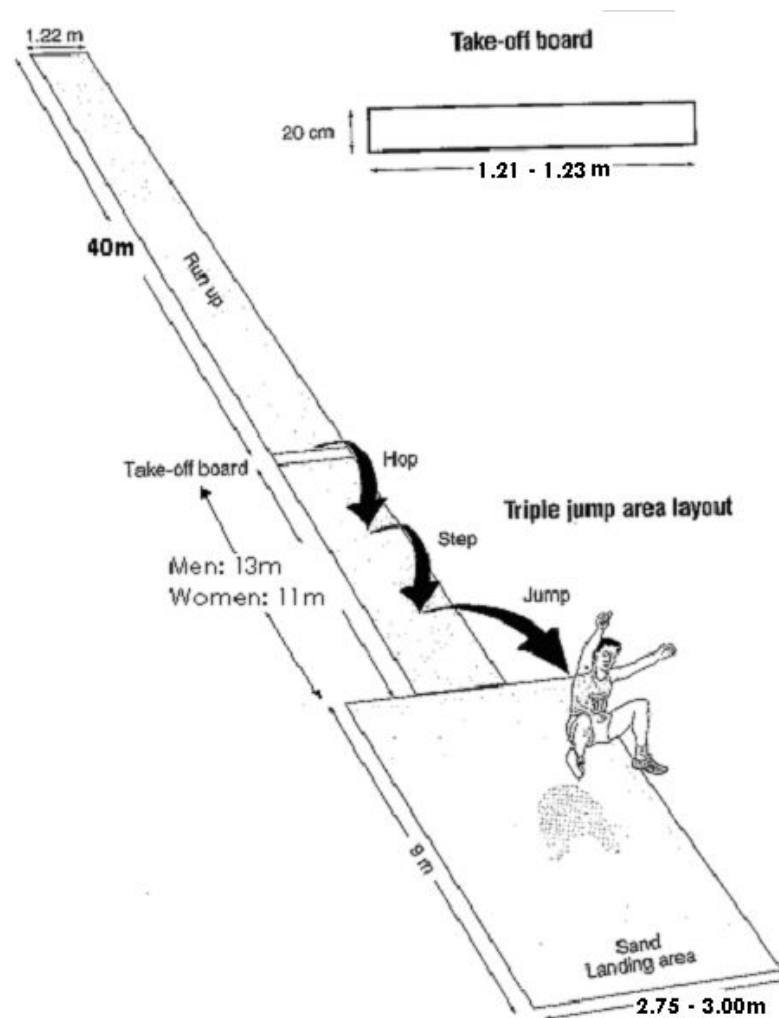
Slika 1: Faze troskoka

### 3 BIOMEHANSKE ZNAČILNOSTI TROSKOKA

Model troskoka po Lees-u in Fowler-ju (1992) je sestavljen iz petih faz:

- zalet,
- dotik z odzivno desko, odskok v prvi skok - poskok (odriv v poskok),
- doskok in odziv v drugi skok - korak (doskok in odskok v korak),
- doskok in odziv v tretji skok - skok (doskok in odskok v skok),
- let in doskok.

Zaletišče za troskoka je navadno dolgo okoli 40m in široko 1,22m (glej Slika 2). Razdalja med odzivno desko in prednjim robom doskočišča je pri moških navadno 13m, pri ženskah pa 11m. Celotna širina doskočišča znaša okoli 2,75m.



Slika 2: Skakališče za troskok in prikaz odrivov troskoka

Osnovno strukturo gibanja sestavljata: zalet, poskok, korak in skok.

Tabela 1: Posamezne faze troskoka

Faza	Naziv
1.	Zalet
2.	Poskok (ang. hop)
3.	Korak (ang. step)
4.	Skok (ang. jump)

Za vsako fazo troskoka so tako značilni podatki o dolžini posameznega skoka, dolžini, izraženi v odstotkih glede na celotno dolžino troskoka (uradno dolžino skoka in ne dejansko) in o razmerju med skoki, izraženem v odstotnih deležih celotnega troskoka.

Uradna dolžina skoka (ang. official distance) se meri od sprednje točke odrivne deske do točke dotika tekmovalca s peskom, zadnje točke.

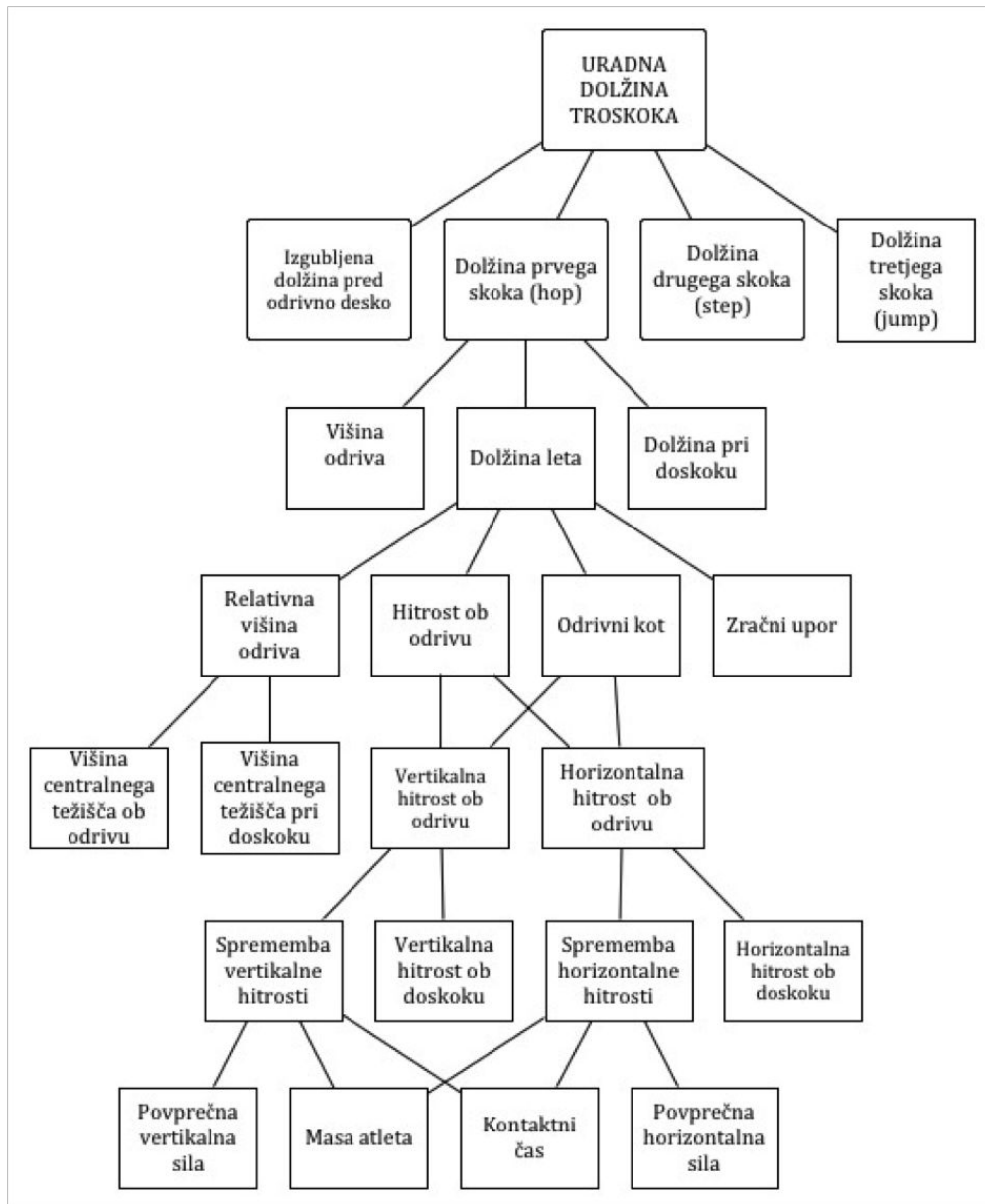
Dejanska dolžina skoka (angl. actual distance) je dolžina odriva, ne glede na odzivno desko (točka prsta na odzivni nogi) točke dotika tekmovalca s peskom.

Hitrost, moč, eksplozivnost, kinestetični občutek, ravnotežie, pravilna tehnika, ritem, fleksibilnost, gracioznost, koncentracija so le nekatere lastnosti, ki jih mora skakalka povezati v zapleteno strukturo gibanja. S pomočjo biomehanskega modeliranja in s tem ugotavljanja kinematičnih in dinamičnih parametrov lahko pojasnujemo gibalne vzorce, ki v fizikalnih zakonitostih omogočajo uspešne skoke.

Z biomehanskega vidika so pomembni naslednji dejavniki tehnike troskoka (Hay, 1995):

- hitrost v zaletu in coni odriva (v horizontalni in vertikalni smeri),
- kot odriva in kot doskoka pri vsakem dotiku tal,
- višina centralnega težišča telesa v vseh fazah troskoka,
- elastična moč v pogojih ekscentrično-koncentričnih kontrakcij pri premagovanju sile reakcije podlage,
- vzdržljivost v hitri moči.

Hay in Miller (1985) sta dejavnike, ki vplivajo na tehniko troskoka, razvrstila v hierarhično drevo.



Slika 3: Hierarhična razporeditev dejavnikov troskoka (Hay in Miller, 1985)

Ključni pomen v troskoku pa imajo naslednji dejavniki (Jacoby in Fraley, 1995):

- ohranjena visoka horizontalna hitrost skozi vse tri faze v časovni povezavi z delom rok,
- visok položaj bokov v vsakem odrivu,
- nizek kot v fazi odriva pri vsakem skoku,
- ohranjen pokončen položaj telesa v fazi odrivnih akcij in fazi leta,
- ohranjen maksimalen položaj telesa, predvsem bokov v letni krivulji zadnjega skoka, kolikor je to mogoče dolgo.

## 4 OPIS POSAMEZNIH FAZ TROSKOKA

### 4.1 ZALETNA FAZA

Optimalno hitrost zaleta skakalci dosežejo s postopnim in enakomernim pospeševanjem hitrosti. Da skakalec doseže maksimalno hitrost je potrebna pravilna dolžina zaleta, ki se med skakalci razlikuje. Odvisna je od načina teka v zaletu, višine skakalca, motoričnih sposobnosti in od sposobnosti pospeševanja. Vrhunske skakalke imajo zalet dolg 18-24 korakov, manj izkušene pa krajšega. Razlika med zaletom in pripravi na odziv pri skoku v daljino in troskoku je v tem, da skakalec troskoka ne doseže tako ostrega kota odziva kot skakalec v daljino (odrivni kot pri daljini je med 20-22°, pri troskoku pa med 14-16°). Z manjšimi odrivnimi koti pri troskoku je skakalcu omogočeno ohranjanje hitrosti skozi vse tri skoke.

Ker je cilj vseh skakalcev ohranitev visokega položaj telesa, veliko dinamike v gibanju v smeri naprej in transformiranje le-te v naslednje faze, izguba horizontalne hitrosti pred ali na odzivni deski ni priporočljiva. Nizka hitrost na tej točki se odraža pri hitrosti v vseh fazah troskoka in posledično tudi na njihovi dolžini. Vsak troskokaš prilagodi način teka v zaletu svojim konstitucijskim in motoričnim značilnostim.

Zato obstaja več načinov stopnjevanja hitrosti v zaletu:

- skakalec prične zalet z lahkotnim stopnjevanjem in postopnim vlaganjem moči, sledi oster zaključek zaleta.
- skakalec prične zalet zelo energično z ostrim in konstantnim stopnjevanjem hitrosti proti odzivni deski.
- skakalec izvede začetek zaleta z nekaj uvodnimi koraki, nakar sledi ostro stopnjevanje hitrosti proti odzivni deski.
- skakalec izvede začetek zaleta z vso ostrino, proti koncu druge tretjine zaleta se hitrost ustali (jadranje), nakar sledi končno ostro stopnjevanje hitrosti do odzivne deske.

Pogled skakalca naj bi bil med zaletno fazo usmerjen naravnost naprej. Ker imajo skakalci na tekmovanjih pred uvrstitvijo v finalno serijo le tri poizkuse, je potrebno zalet tako natrenirati, da postane čim bolj standardiziran. Kljub temu se na tekmovanjih velikokrat pojavljajo težave s točnostjo le-tega. Mnogi zato uporabljajo dodatne oznake, postavljene 12-16 metrov oz. 5-6 korakov pred odzivno desko, saj imajo tam najboljšo sposobnost vizualizacije.

Zalet pri troskoku lahko razdelimo na dve fazi:

- faza pospeška,
- faza priprave na odriv.

Prva faza zaleta je namenjena pospeševanju in navadno zajema dve tretjini celotne dolžine zaleta, kar pomeni 8-16 korakov. Po začetnem pridobivanju hitrosti se nato trup izravna, poveča se tako dolžina kot frekvenca korakov, poveča se tudi amplituda dela rok in nog, skakalec poudarjeno dviga kolena, korak je odrivajoč in atlet tu doseže največjo horizontalno hitrost.

Ta faza vključuje tudi fazo prehoda v zadnji del zaleta na točkovni oznaki izmerjene dolžine zaleta in fazo koncentracije na točko odriva. Zadnji štirje oz. zadnjih osem korakov predstavljajo fazo priprave na odriv, v kateri ne sme priti do izgube horizontalne hitrosti. Pri nekaterih skakalkah v tej fazi opazimo tendenco skrajševanja opornih in letnih faz, kar se izraža v stopnjevanju ritma korakov. Ritem korakov je najizrazitejši v zadnjih šestih metrih pred odrivno desko in znaša pri vrhunskih skakalcih od 4,3 do 5 korakov na sekundo. Na koncu te faze sledi znižanje CTT, ki je precej manjše kot pri skakalkah v daljino, in je odvisno od kota v kolenu oporne noge in znaša pri najboljših skakalkah od 130-140 stopinj. Znižanje težišča je neposredno povezano z izvedbo odriva, zato mora troskokašica rahlo spustiti boke in ohraniti pokončno držo telesa.

Kinetična energija, ki se proizvaja v zaletu in ob odrivu, se pretvori v horizontalno in vertikalno hitrost. Vertikalna hitrost pri prvem odrivu je bistveno manjša kot pri skoku v daljino, zato je tudi odrivni kot pri troskoku ostrejši. Pri troskoku je zato pomembnejše ohranjenje horizontalne hitrosti.

## **4.2 ODRIV (angl. take-off)**

Začetek prve faze troskoka je ključen dejavnik za uspešno izveden troskok. Pri troskoku ima v primerjavi s skokom v daljino, horizontalna komponenta hitrosti večji pomen kot vertikalna, saj znaša razmerje med njima pri troskoku 3:1, pri skoku v daljino pa 2:1. Z biomehanskega vidika je temeljni problem troskoka transformacija horizontalne komponente v rezultanto vertikalne in horizontalne hitrosti v fazi odriva. Troskok zahteva nizek odrivni kot ter veliko zaletno hitrost. Odrivni kot, ki ga želi atlet doseči, je nižji kot pri skoku v daljino in znaša 14°-17°. Prav to je glavna razlika med odrivnima akcijama skakalcev troskoka in skakalca skoka v daljino. Od tega je v nadaljevanju odvisen prenos gibalne količine v naslednje odrivne faze.

V tej fazi je značilno, da postavijo troskokaši z aktivnim in "grabečim" gibanjem v smeri navzdol in nazaj stopalo odzivne noge pod kotom  $69^{\circ}$ - $72^{\circ}$  na odzivno desko. S takšnim gibanjem dosežejo minimalno izgubo horizontalne hitrosti. Kot v kolenu pri postavljanju odzivne noge znaša  $168^{\circ}$ - $175^{\circ}$ . Trup pa je pri tem pokončen oziroma nagnjen nazaj  $2^{\circ}$ - $5^{\circ}$  in usmerjen v smeri gibanja naprej in navzgor. Amortizacija v kolenu odzivne noge je eden od pokazateljev učinkovite odzivne akcije, saj je posledica velike amplitude predolga faza amortizacije. Maksimalni kot upogiba odzivne noge variira  $130^{\circ}$ - $147^{\circ}$  tako, da znaša maksimalna delovna amplituda v kolenu  $30^{\circ}$  do  $38^{\circ}$ .



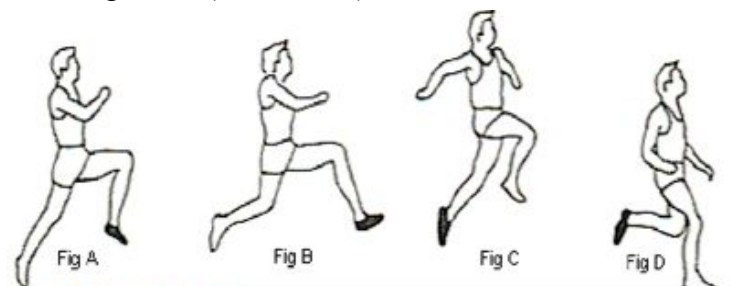
### 4.3 POSKOK (angl. hop)

Prvi skok ali poskok je posebnost troskoka. Sestavlja ga skok, kjer skakalec opravi dva zaporedna odriva, odskoka z isto nogo. Takoj po odriu skakalec z zamašno nogo zaniha v smeri naprej in navzgor do višine bokov, kjer koleno te noge oblikuje oster kot in že v naslednjem trenutku potuje noga v polkrožni smeri nazaj za boke. Tako omogoči prihod odrivne noge naprej pred pozicijo bokov. Odrivna noga zaniha v smeri naprej kot kratko nihalo (koleno tvori ostrer kot) vse do visokega položaja, kjer za trenutek zastane.

V zadnji fazi leta se pričinja priprava na doskok, pri čemer skakalec izvede grabeči gib z iztegnjeno odrivno nogo v smeri navzdol in nazaj proti podlagi. Maksimalni kot med stegnoma odrivne in zamašne noge v fazi leta znaša  $90^{\circ}$ - $120^{\circ}$ . Predvsem pa je odločilnega pomena energična in koordinirana menjava nog ter pravočasna priprava na doskok.

Stopalo odrivne noge pristane na tleh nekoliko naprej od projekcije bokov. Odrivna noga mora v danem trenutku čim hitreje amortizirati močan udarec zaradi sile reakcije s tlemi. Silo odriava pa mora nato usmeriti naprej in gor, v smer gibanja. To je predvsem pomembno s stališča ohranjanja horizontalne hitrosti. Kazalnik učinkovite odrivne akcije je tudi čas njenega trajanja. V čim krajšem času mora skakalka razviti kar največjo silo pritiska na podlago. Čas odrivne akcije pri vrhunskih skakalcih traja 0,12-0,17 sekunde.

Učinkovitost odriava je odvisna od optimalne sinhronizacije odrivnih in zamašnih gibov. Zamah z zamašno nogo dopolnjuje zamah z rokama. Položaj rok je raznoročen in enak kot pri šprintu, predvsem v smeri ohranjanja visoke horizontalne hitrosti. Strokovnjaki odsvetujejo dvojni soročni zamah (angl. double arm action), saj prihaja ob tem do prevelike izgube horizontalne hitrosti in porušenja ritma. Velikost izhodnega kota (odrivni kot) znaša  $62^{\circ}$ - $68^{\circ}$ .



Slika 3: Prva faza troskoka

#### 4.4 KORAK (angl. step)

Naslednja faza je t.i. "step" faza ali korak, ki povzroča največ težav in je najzahtevnejša in najkrajša med vsemi fazami v troskoku. Skakalec postavi nogo na celo stopalo, koleno je skoraj povsem iztegnjeno, trup je v vertikalnem položaju ali za 2°- 4° naklonjen v smeri naprej. Kot med stegnoma zamašne in odrivne noge v trenutku postavitve noge na tla znaša 40° do 55°. Posebnost te faze je v menjavi odrivne noge, saj skakalec po doskoku na odzivno nogo z njo takoj odrine ter doskoči na drugo nogo, ki je v prvi fazi predstavljala le zamašno nihalo. Odzivna noga v zaključku te faze postane prej zamašna noga in opravlja funkcijo odrivne noge.

V ekstenzorijih kolčnega, skočnega in kolenskega sklepa pride do raztezanja, pritisk presega silo, ki so jo le-ti sposobni razviti. Zaradi upognitve v sklepih pride do amortizacije pritiska, pri čemer se ekstenzorji odrivne noge z ekscentrično kontrakcijo upirajo temu pritisku. Najboj izrazita amortizacija se izvrti v kolenskem sklepu. Upogibna delovna amplituda kolena znaša 35°-45°, kolčnega obroča 30°-35°. Ključni element učinkovitega odriva je amortizacijska faza, ki naj bi bila čim krajša (majhna upogibna amplituda kolena odrivne noge) in nato hiter prehod v koncentrično fazo odriva. Skakalec mora izvesti odziv čim hitreje, saj lahko le tako ohrani kar največjo horizontalno hitrost. Čas odzivne akcije drugega odriva (STEP) znaša 135 do 150 milisekund.

Tako kot v številnih športnih panogah tudi v troskoku nastopajo potrebe po razvijanju sile s specifično kombinacijo ekscentrično-koncentričnih kontrakcij.

Pri koncentrični (miometrični) kontrakciji se mišični pripoji približujejo, mišična sila je večja kot odpor, ki ga premaguje.

Pri ekscentrični (plimetrični) kontrakciji pa se mišični pripoji odaljujejo in mišica se podaljšuje. Sila, ki deluje na mišične pripoje premaguje silo, ki jo razvije mišica.

Elastična moč označuje sposobnost skakalkem da uspešno amortizira pritisk v prvi fazi odriva in ga učinkovito transformira v odskok v drugi fazi. Delovanje mišic odrivne noge (iztegovalk) je v prvi dazi odzivne akcije najprej pliometrično v drugi fazi koncentrična.

V odzivni akciji, ki je sestavljena iz dveh faz, pride v prvi (faza amortizacije) do popuščanja ekstenzorjev odrivne noge zaradi pritiska, ki je posledica hitrosti zaleta ali sile teže po predhodnem skoku. Ker pritisk preseže silo, ki jo zmorejo razviti mišice, se raztegnejo ekstenzorji skočnega sklepa (dorzalna fleksija), kolenskega sklepa (fleksija kolena), kolčnega sklepa (fleksija kolkov). Zaradi upognitve v sklepih pride do amortizacije pritiska, pri čemer se ekstenzorji odrivne noge upirajo temu pritisku.

Prvi del odzivne akcije (faza amortizacije) se deli na dva dela: na fazo akceleracije, kjer se težišče telesa pospešeno spušča navzdol in je sila reakcije manjša od sile teže telesa, ter fazo deceleracije, kjer se spuščanje težišča telesa upočasni in je sila reakcije podlage večja od sile teže. Kako učinkovita pa bo faza amortizacija odločata elastične lastnosti mišic in mehanizem delovanja mišičnega vretena.

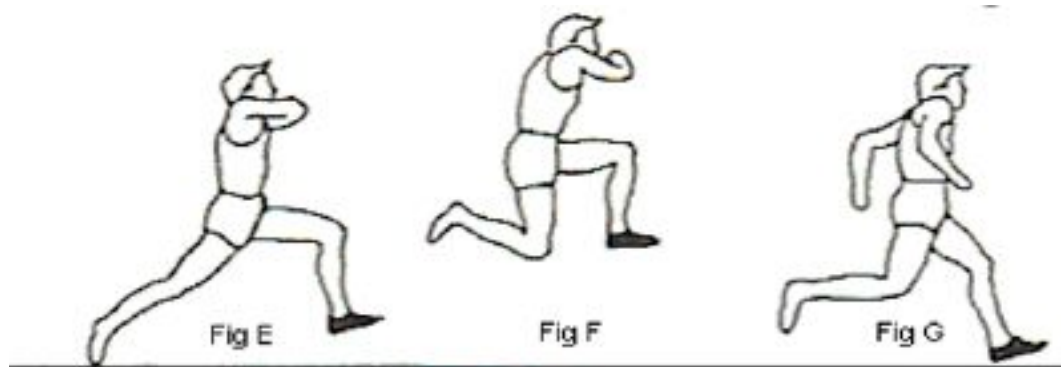
Amortizaciji (ekscentrični kontrakciji) sledi faza koncentrične mišične kontrakcije. Odrivna akcija je torej sestavljna iz dveh faz.

Uravnavanje mišične aktivnosti v prvi in drugi fazi odziva temelji na nekaterih fizikalnih zakonitostih, ki se kaže v tem, da imajo mišice in kite v fazi ekscentrične kontrakcije (elastično raztezanje) sposobnost absorpcije določene količine energije elastične deformacije (Cavagna efekt).

Ta energija se združi v energijo v drugi fazi, posledica česar je lahko tudi do 50% večja količina sile, ki jo mišica razvije v fazi koncentrične kontrakcije (Čoh, 1992).

Zamah je pri skakalcih usmerjen izrazito naprej, zato je odzivni kot prav v tej fazi troskoka najbolj oster, saj znaša  $59^{\circ}$ - $62^{\circ}$ . Trajektorija leta CTT je nizka in dolga, saj prav to omogoča optimalno ohranjanje horizontalne hitrosti tudi v tretji fazi. Značilnost te faze je tudi položaj v letu, kjer skakalec poskuša obdržati visok položaj bokov, veliko amplitudo med stegnoma ( $100^{\circ}$ - $105^{\circ}$ ), ravnotežni položaj trupa (trup je nekoliko pomaknjen naprej preko kolena zamašne noge) in statičnost celotnega telesa. Stegno zanihane noge bi v tem trenutku morale biti v položaju nad horizontalo in oblikovati pravi kot glede na spodnjo odzivno nogo. Roke za trenutek obstanejo in poskušajo obdržati ravnotežni položaj telesa, že v naslednjem trenutku pa pričnejo svojo akcijo priprave na ponoven odziv. Zamah z rokami v drugi fazi troskoka je, za razliko od moških, skoraj pri vseh skakalkah raznoročen.

Skakalec troskoka mora v tej fazi skrbeti, da stopalo odzivne noge ne zaniha preveč nazaj in navzgor nad višino bokov, saj bi s tem povzročil vrtenje in zaviranje v smeri naprej (ko se noga hitro prenese naprej z namenom, da deluje kot zanihana noga med odzivom), kar bi lahko privedlo do porušitve ravnotežnega položaja celotnega telesa. Z iztegovanjem sprednje noge in grabljenjem proti podlagi navzdol nazaj se pričneja tudi soročno zamah rok v smeri nazaj. Odrivna akcija v tej fazi odločilno vpliva na potek drugih dveh faz troskoka.



Slika 4: Druga faza troskoka

## 4.5 SKOK (ang. jump)

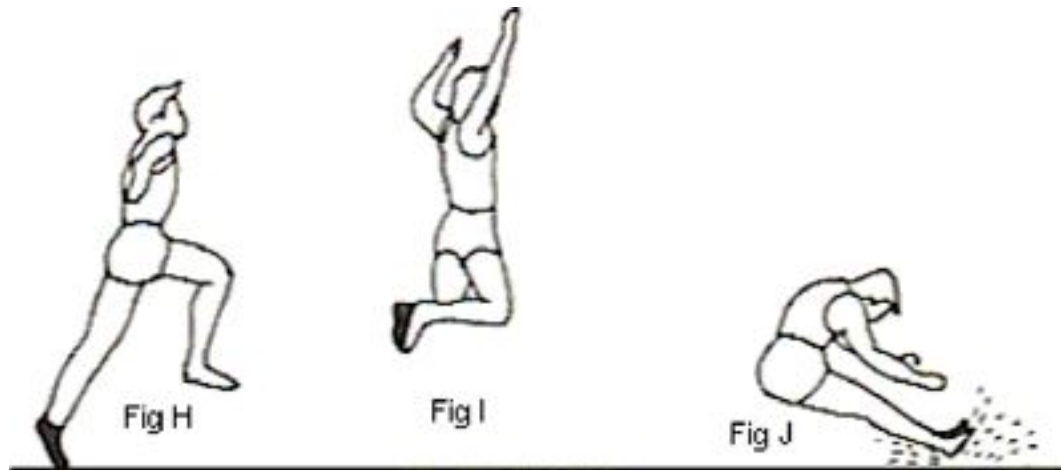
Cilj zadnje od odzivnih faz v troskoku, imenovana tudi "jump" faza, je ohraniti največjo možno horizontalno hitrost, idealno pozicijo telesa za ponoven odziv in doseči najdaljšo možno dolžino zadnjega skoka. Skakalec je med prejšnjima dvema fazama troskoka izgubil že dobršen del horizontalne hitrosti, ki ju je imel ob koncu zaleta. Pri tej fazi se mora horizontalna hitrost v fazi dotika s tlemi bolj kot do sedaj transformirati v vertikalno komponento hitrosti.

Analize vrhunskih skakalcev troskoka kažejo, da je zadnja, tretja faza pri nekaterih celo najdaljša, saj odzivni kot ni tako oster, je pa višji kot pri prvih dveh odzivih. Faza amortizacije v kolenu odzivne noge, ki nastane zaradi pritiska doskoka je nekoliko bolj izrazita kot pri drugem skoku ("step"). Tudi zamah zamašne noge je izveden bolj z "odprtim kolenom", pri čemer je amplituda zamaha stegna večja kot pri drugem skoku. Odzivni kot znaša  $63^{\circ}$ - $64^{\circ}$ , upogibna delovna amplituda je  $40^{\circ}$ - $60^{\circ}$ .

Kot postavitve noge na podlago znaša  $66^{\circ}$ - $68^{\circ}$ , kot med stegnoma je  $40^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Odzivni kot se v tej fazi nahaja med  $18^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , kar kaže, da želi atlet doseči čim višjo parabolo leta in z aktivnostjo v fazi doskoka iztisniti večjo daljavo. Roki sta pri ženskah navadno v raznoročnem zamahu, tako da opravi roka v zaročenju zamah v smeri naprej in se priključi roki v predročenu. Glavna naloga zamaha v tretji fazi troskoka je zagotavljanje vertikalne hitrosti, kar omogoči primerno višino leta. V zadnjem delu zamah z rokama pomaga pri potiskanju bokov in trupa v smeri naprej, tako da gredo v visok zamah nad glavo in v zaključku leta potegnejo trup gor in naprej.

Ključni dejavnik uspešnosti doskoka je visok položaj stopala oziroma dvig nog k trupu. Po odzivni akciji izvede skakalec v zraku "en korak in pol" ali pa "visenje". Pri tehniki "visenja" se koleno neodrivne noge spusti, telo pa je upodnjeno z boki daleč naprej. S tem se upočasni rotacija telesa in predčasen doskok. V tem položaju troskokašica ostaja čim dlje. Dvig obeh nog pred telo kotu tudi zamah z rokami se zgodi tik pred dotikom nog s tlemi. Skakalka mora s petami doskočiti čim bližje stiku parabole leta s peskom. Ob stiku s tlemi naj se kolena takoj upognejo, da je zadnji kontakt telesa s tlemi čim bližje odtisu pet in s tem dolžina faze "jump" čim daljša. Doskok sam je pri skakalcih troskoka zelo individualen, pri čemer je možnost "padanja nazaj" večji ob manjši horizontalni hitrosti. Višino centralnega težišča je potrebno ohraniti skozi vse tri faze tako visoko, kot je le mogoče. Tudi ob skrašanju zadnjega koraka zaleta skakalec ne sme spustiti težišča prenizko.

V fazi leta pa neketere troskokašice uporabljajo tudi tehniko korakanja, ki je bolj primerna s stališča preprečevanja rotacije telesa naprej. Ta tehnika je bolj primerna za skok v daljino oz. za troskokašice z visoko komponentno ohranjene horizontalne hitrosti, kjer je horizontalna hitrost v fazi leta večja in s tem tudi komponenta rotacije telesa po odzivu večja.



Slika 5: Tretja faza troskoka

## **5 CILJI DIPLOMSKE NALOGE**

Cilj diplomskega dela je ugotoviti najpomembnejše kinematične dejavnike tehnike troskoka, ki vplivajo na rezultat pri vrhunskih skakalkah troskoka.

Konkretni cilji so naslednji:

### **5.1 CILJI**

C1. Ugotoviti kinematične in dinamične parametre faze zaleta, prvega skoka (HOP), drugega skoka (STEP) in tretjega skoka (JUMP).

C2. Ugotoviti povezanost posameznih kinematičnih spremenljivk z rezultatom troskoka.

C3. Ugotoviti povezavo med hitrostjo zaleta in hitrostjo posameznih faz troskoka.

C4. Ugotoviti prevladujoči tip tehnike pri skakalkah troskoka.

### **5.2 HIPOTEZE**

V skladu z izbranimi cilji so bile postavljene naslednje hipoteze:

H1. Hitrost zaleta je povezana z vsemi fazami troskoka.

H2. Najpomembnejši parametri tehnike so odzivne faze pri poskoku (HOP-u), koraku (STEP-u) in skoku (JUMP-u).

H3. Pri tekmovalkah prevladuje uravnoteženi (balance) tip tehnike troskoka.

## 6 METODE DELA

Meritve so bile opravljene na mitingu Evropske atletske zveze "Thessaloniki 2008" v Solunu v Grčiji, na Svetovnem prvenstvu v Berlinu v Nemčiji leta 2009 in dve leti kasneje na Svetovnem prvenstvu v Daeguju v Južni Koreji.

Meritve na Svetovnem prvenstvu v Daeguju v Južni Koreji so opravili sodelavci Korejske družbe za biomehaniko v športu v sodelovanju z Japonsko atletsko federacijo. Podatke teh meritev smo pridobili iz raziskovalnega projekta "Biomechanical analysis of the IAAF World Championships in Daegu 2011" (Bae, Chae, Lee, Park, Park, Park, 2011)

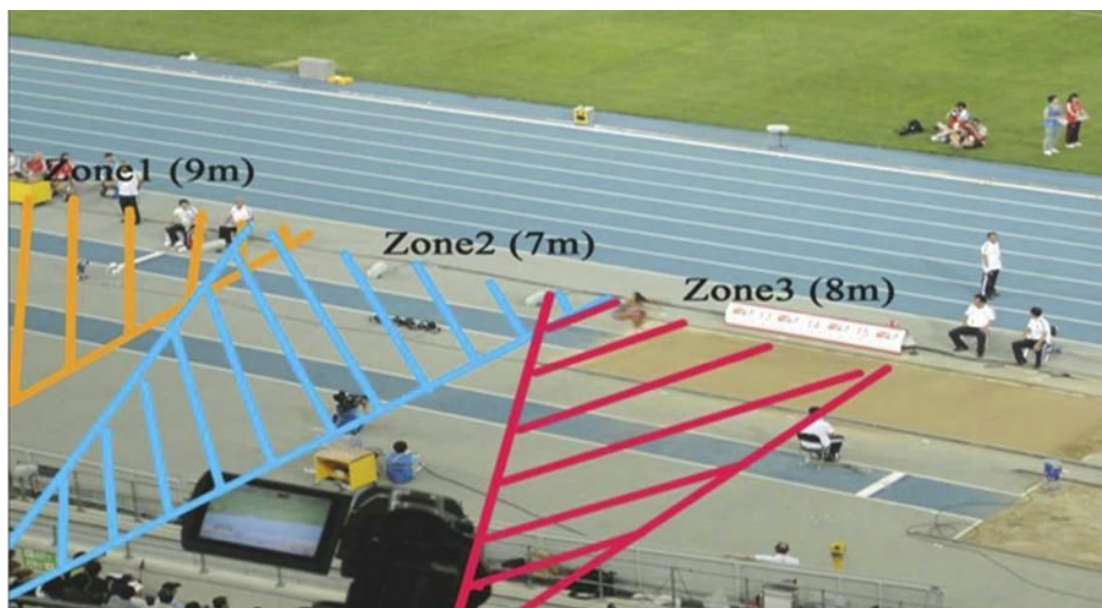
Meritve na Svetovnem prvenstvu v Berlinu je opravilo nemško združenje za atletiko v sodelovanju z Inštitutom za aplikativno znanost (Leipzig), olimpijskimi trening centri v Berlinu, Hessenu, Porenju in Univerzo Martin Luther (University Halle-Wittenberg). Rezultate the meritev smo pridobili iz projekta "Biomechanical Analysis of the Horizontal Jumping Events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics" (Mendoza in Nixdorf, 2011).

Rezultati meritev mitinga Evropske atletske zveze "Thessaloniki 2008" v Solunu v Grčiji pa so bili povzeti po članku "Essential parameters in female triple jump technique" (Panoutsakopoulos in Kollias 2008). V Grčiji pa so meritve opravili sodelavci Aristotolove Fakultete za športno vzgojo in znanost v Solunu.

Uradne meritve rezultatov in hitrosti vetra na tekmovanjih so opravili ustrezno usposobljeni sodniki s predpisano tehnologijo meritev.

Na svetovnih prvenstvih leta 2009 in 2011 so za kinematično 3-D analizo uporabili sedem ultra hitrih digitalnih kamer postavljenih ob straneh zaletne steze, z natančnostjo merjenja 1/1000 sekunde in zajemanjem 60 slik na sekundo. (Sony vx2100, Sony Fx, JPN). V obeh primerih je bila dolžina zaleta, ki so jo obravnavali 23 metrov. Analizirani prostor zadnjih dveh korakov v zaletu in treh skokov (HOP, STEP, JUMP) so razdelili na tri cone (9 m, 7 m, 8 m); vsako cono pa sta pokrival dve kameri. Dodatna kamera je bila namenjena merjenju celotne izvedbe troskoka.

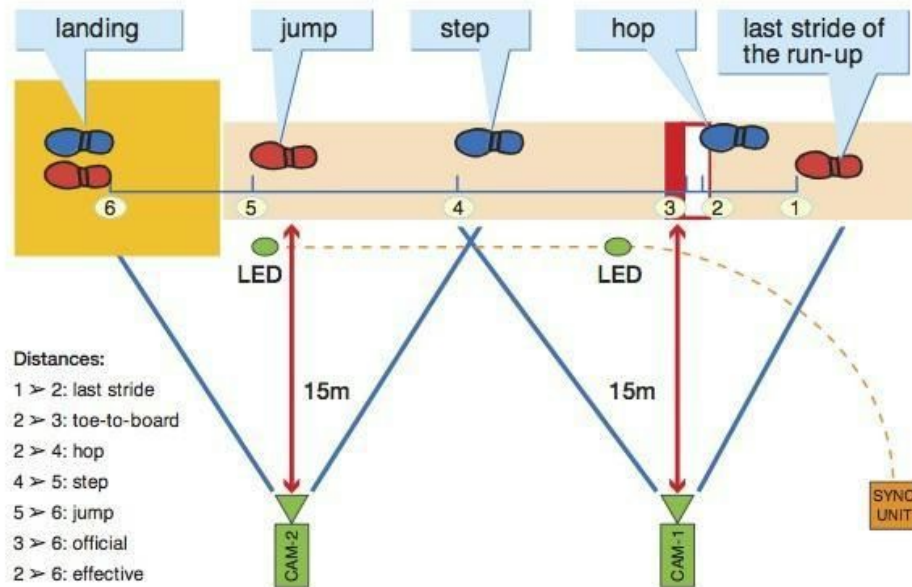




Slika 6: Postavitev kamer na Svetovnem prvenstvu v Daeguju v Južni Koreji (cone, ki jih bo posamezna kamera zajela (Bae, Chae, Lee, Park, Park, Park, 2011))

Za 2D-DLT kinematično analizo biomehaničnih parametrov desetih tekmovalk so na mitingu Evropske atletske zveze "Thessaloniki 2008" v Grčiji uporabili dve ultra hitri digitalni kameri z zajemanjem 100 slik na sekundo. Kameri sta bili postavljeni 15 m stran od zaletišča na višini 1,15 m.

Prva kamera je zajela območje zadnjega koraka zaleta in prvi skok (HOP), medtem ko je druga kamera zajela drugi (STEP) in tretji skok (JUMP). Sinhronizacija obeh kamer je bila dosežena z uporabo dveh LED diod, postavljenih tik ob zaletišču. Analizirani prostor zadnjih dveh korakov v zaletu in treh skokov (HOP, STEP, JUMP) so umerili z referenčnim merilnim okvirjem velikosti 2,5 x 2,5 m, pri čemer so za umerjanje upoštevali šestnajst referenčnih vogalov.



Slika 7: Postavitev stopal troskokašic na Mitingu evropske atletske zveze leta 2008 v Solunu in postavitev kamer (cone, ki jih bo posamezna kamera zajela) (Panoutsakopoulos in Kollias, 2008)

## 6.1 VZOREC SPREMENLJIVK

Tabela 2: Tabela kinematičnih spremenljivk s pripadajočim opisom

Opis spremenljivke	Enota
Dolžina posameznih faz troskoka (razmerje med posameznimi fazami)	m
Horizontalna hitrost predzadnjega in zadnjega koraka v zaletu, prvega (hop), drugega (step) in tretjega (jump) skoka	m.s-1
Vertikalna hitrost predzadnjega in zadnjega koraka v zaletu, prvega (hop), drugega (step) in tretjega (jump) skoka	m.s-1
Trajanje oporne faze prvega (hop), drugega (step) in tretjega (jump) skoka	s
Odrivni kot v prvi (hop), drugi (step) in tretji (jump) fazi	°

## 6.2 STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV

Postavljene hipoteze bodo preverjene s programom SPSS, proizvajalca IBM.

Pri obdelavi podatkov bomo uporabili naslednje statistične metode:

- Osnovne statistične metode (povprečje, standardna deviacija, minimalna in maksimalna vrednost); za vse spremenljivke smo opravili opisno statistiko.
- Povezave med spremenljivkami rezultati troskoka in drugimi kinematičnimi spremenljivkami smo ugotavljali s Pearsonovim korelacijskim koeficientom.
- Statistične značilnosti so sprejete z napako alfa 5% ( $p < .05$ ) (dvosmerni test).

## 7 REZULTATI

Analizirali smo resnično dolžino najboljšega veljavnega rezultata dvajsetih skakalk troskoka. Meritve so bile opravljene na treh različnih tekmovanjih: na Svetovnem atletskem prvenstvu v Berlinu leta 2009, na Svetovnem atletskem prvenstvu v Daeguju v Južni Koreji leta 2011 in mitingu Evropske atletske zveze "Thessaloniki 2008" v Solunu v Grčiji.

Tabela 3: Najboljši rezultati troskoka analiziranih skakalk

Ime	Tekmovanje	Izmerjena dolžina skoka (m)	Realna dolžina skoka (m)	Izguba
Saladuha O.	1	14.94	15.04	0.10
Rypakova O.	1	14.89	15.14	0.25
Ibarguen C.	1	14.84	14.89	0.05
Gay M.	1	14.67	14.92	0.25
Aldama Y	1	14.50	14.62	0.12
Savigne Y.	1	14.43	14.59	0.16
Kuropatkina A.	1	14.23	14.23	0.00
Rahouli B.	1	14.12	14.26	0.14
Savigne Y.	2	14.95	15.04	0.06
Gay M.	2	14.61	14.78	0.17
Pyatykh A.	2	14.53	14.72	0.19
Topič B.	2	14.52	14.63	0.11
Smith T.	2	14.48	14.48	0.00
Lebedeva T.	2	14.48	14.48	0.09
Bujin C.	2	14.26	14.37	0.11
Veldakova D.	2	14.25	14.26	0.01
Devetzi P.	2	15.22	15.25	0.03
Savigne Y.	3	15.15	15.17	0.02
Šestak M.	3	14.90	14.97	0.07
Saladuha O.	3	14.47	14.78	0.31
Veldakova D.	3	14.37	14.44	0.07
de Oliveira G.	3	14.21	14.23	0.02
Kulyk L.	3	14.00	14.11	0.11
Topič B.	3	13.87	14.14	0.27
Dimitraki I.	3	13.48	13.5	0.02

Paneta N.	3	13.29	13.52	0.23
<b>AVG</b>		<b>14.45</b>	<b>14.56</b>	<b>0.11</b>
<b>MIN</b>		<b>13.29</b>	<b>13.5</b>	<b>0.00</b>
<b>MAX</b>		<b>15.22</b>	<b>15.25</b>	<b>0.31</b>
<b>STDEV</b>		<b>0.46</b>	<b>0.46</b>	

Tabela 3 prikazuje porazdelitveno frekvenco skakalk troskoka, ki nakazuje normalen tip porazdelitve. Normalnost porazdelitve smo preverili s testom verjetnosti porazdelitve in ugotovili, da so rezultati porazdeljeni normalno. Ta test je bilo nujno opraviti, da lahko izvajamo statistične metode za testiranja srednjih vrednosti, korelacije in preverjanja hipotez, ker le-te največkrat zahtevajo normalno porazdelitev rezultatov za verodostojnost zaključkov.

V Tabeli 3 so v drugem stolpcu številke, ki kažejo, na katerem tekmovanju je posamezna tekmovalka nastopila. Številka 1 označuje skakalke troskoka, ki so rezultat dosegle na Svetovnem prvenstvu v atletiki v Berlinu leta 2009, številka 2 označuje tiste, ki so rezultat dosegle na Svetovnem prvenstvu v atletiki leta 2011 v Daeguju v Južni Koreji, številka 3 pa tiste, ki so tekmovali na mitingu Evropske atletske zveze "Thessaloniki 2008" v Solunu v Grčiji.

V drugih tabelah pa so številke zapisane v oklepaju, takoj za imenom skakalke.

Savigne Y. 5th 14,95m



Gay M. 4th 14,61m



Topic B. 4th 14,52m



Lebedeva T. 2nd 14,48m



Slika 8: Kinogram posameznih faz troskoka na Svetovnem prvenstvu na Berlinu leta 2009 (1) (Mendoza, Nixdorf, 2011).

Pyatykh A. 6th 14,53m



Lebedeva T. 2nd 14,48m



Smith.T. 5th 14,48m



Bujin C. 2nd 14,26m



Veldakova D. 1st 14,25m

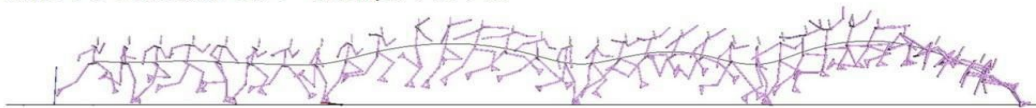


Gay M. 4th 14,61m



Slika 9: Troskokašice v posameznih fazah troskoka na Svetovnem prvenstvu na Berlinu leta 2009 (2) (Mendoza, Nixdorf, 2011).

Rank 1 : Saladuha, O.; 1<sup>st</sup> Attempt; 14.94 m



Rank 2 : Rypakova, O.; 5<sup>th</sup> Attempt; 14.89 m



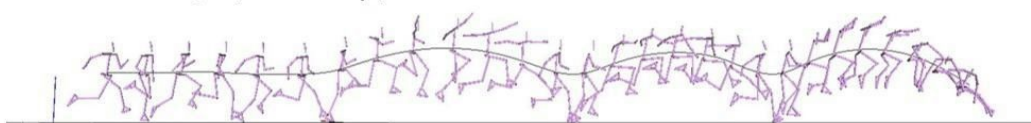
Rank 3 : Ibarguen, C.; 5<sup>th</sup> Attempt; 14.84 m



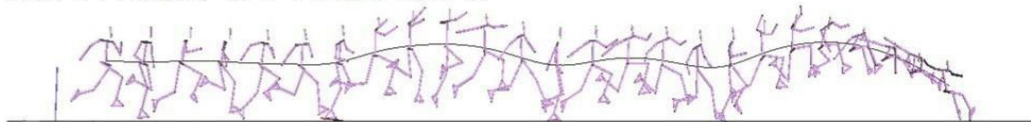
Rank 4 : Gay, M.; 5<sup>th</sup> Attempt; 14.67 m



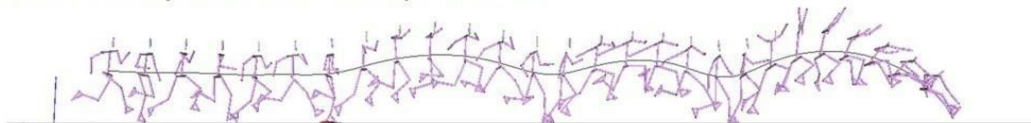
Rank 5 : Aldama, Y.; 1<sup>st</sup> Attempt; 14.50 m



Rank 6 : Savigne, Y.; 1<sup>st</sup> Attempt; 14.43 m



Rank 7 : Kuropatkina, A.; 2<sup>nd</sup> Attempt; 14.23 m



Rank 8 : Rahouli, B.; 3<sup>rd</sup> Attempt; 14.12 m



Slika 11. Palični kinogrami troskokašic v posameznih fazah troskoka na Svetovnem prvenstvu v Daeguju leta 2011 (2) (Bae idr., 2011).



## 7.1 KINEMATIČNA ANALIZA TEHNIKE TROSKOKA

### 7.1.1 KINEMATIČNA ANALIZA POSAMEZNIH FAZ TROSKOKA HOP – STEP – JUMP

Glede na absolutne in relativne dolžine posameznih faz lahko ugotovimo, da med skakalkami prevladuje tehnika z izrazito poudarjenim prvim skokom. Za njene predstavnice je značilna velika horizontalna hitrost, ki jo razvijejo v zaletu in v prvi odzivni akciji. Kljub temu pa so prisotne vse tri tehnike, saj posamezna skakalka uporablja tisto, ki ji, glede na njene morfološke značilnosti, biomotorične sposobnosti, koordinacijo, vizualno percepcijo in sposobnost kontrole gibanja, najbolj ustreza (Winter, 1990, Latash, 1994; McGinnis, 1999). Tabela 4 prikazuje, da je kar štirinajst skakalk predstavnic "hop dominated" tehnike, sedem jih je uporabilo "balanced technique" (t.i. uravnoteženo tehniko), le tri pa "hop jump" tehniko. Značilno je, da uravnoteženo in "hop jump" tehniko večinoma uporabljajo tekmovalke svetovnega razreda.

Zato hipoteze H3., da pri tekmovalkah prevladuje uravnoteženi tip tehnike troskoka, ne moremo sprejeti.

Najdlje je na mitingu Evropske atletske zveze "Thessaloniki 2008" v grškem Solunu skočila Devetzi P. 15,22 m, kar je 76 cm več od povprečja analiziranih tekmovalk. Povprečen troskok je meril  $14,56 \pm 0,46$  m. Razmerje parcialnih dolžin posameznih skokov (HOP – STEP - JUMP) se nagiba v korist prvega skoka (HOP) in znaša 36,59% : 28,93 : 34,53 %. Dolžina prvega skoka (HOP) je v povprečju 5,33(36,59 %), drugega (STEP ) 4,21 m (28,93 %) in tretjega (JUMP) 5,03 m (34,53 %). Največje odstopanje od povprečja pri prvem skoku (HOP) je imela P. Devetzi z najdaljšim skokom 5,75 m ter I. Dimitraki z najkrajšim 4,88 m. Največje odstopanje od povprečja pri drugem skoku (STEP) je imela M. Šestak z najdaljšim skokom 4,61 m ter Y. Savigne z najkrajšim 3,82 m. Največje odstopanje od povprečja pri tretjem skoku (JUMP) je imela Y. Savigne z najdaljšim skokom 5,59 m ter L. Kulyk z najkrajšim 3,82 m.

Tabela 4: Dolžina posameznih faz troskoka

Ime	Dolžina skoka v posamezni fazi (m)			Dolžina skoka v posamezni fazi (%)		
	Hop	Step	Jump	Hop	Step	Jump
Saladuha O. (1)	5.73	4.15	5.16	38.1	27.6	34.3
Rypakova O. (1)	5.38	4.23	5.53	35.5	27.9	36.5
Ibarguen C. (1)	5.48	4.19	5.22	36.8	28.1	35.1
Gay M. (1)	5.55	4.33	5.04	37.2	29.0	33.8
Aldama Y. (1).	5.62	4.49	4.51	38.4	30.7	30.8
Savigne Y. (1)	5.18	3.82	5.59	35.5	26.2	38.3
Kuropatkina A. (1)	5.03	4.18	5.02	35.3	29.4	35.3
Rahouli B. (1)	4.95	4.23	5.08	34.7	29.7	35.6
Savigne Y. (2)	5.5	4.04	5.49	36.6	26.9	36.5
Gay M. (2)	5.35	4.43	5	36.2	30.0	33.8
Pyatykh A. (2)	5.46	4.31	4.95	37.1	29.3	33.6
Topič B. (2)	5.3	4.13	5.2	36.2	28.2	35.5
Smith T. (2)	5.57	4.38	4.53	38.5	30.2	31.3
Lebedeva T. (2)	5.33	4.3	5	36.8	29.7	34.5
Bujin C. (2)	5.25	4.05	5.11	36.5	28.2	35.6
Veldakova D. (2)	5.24	3.96	5.06	36.7	27.8	35.5
Devetzi P. (3)	5.75	4.39	5.11	37.7	28.8	33.5
Savigne Y. (3)	5.71	4.26	5.2	37.6	28.1	34.3
Šestak M. (3)	4.9	4.61	5.46	32.7	30.8	36.5
Saladuha O. (3)	5.4	4.52	4.86	36.5	30.6	32.9
Veldakova D. (3)	5.19	4.17	5.08	35.9	28.9	35.2
de Oliveira G. (3)	5.38	3.92	4.93	37.8	27.5	34.6
Kulyk L. (3)	5.49	4.12	4.5	38.9	29.2	31.9
Topič B. (3)	4.9	4.28	4.96	34.7	30.3	35.1
Dimitraki I. (3)	4.88	4.03	4.59	36.1	29.9	34.0
Paneta N. (3)	4.99	3.96	4.57	36.9	29.3	33.8
<b>AVG</b>	<b>5.33</b>	<b>4.21</b>	<b>5.03</b>	<b>36.59</b>	<b>28.93</b>	<b>34.53</b>
<b>MIN</b>	<b>4.88</b>	<b>3.82</b>	<b>4.5</b>	<b>32.7</b>	<b>26.2</b>	<b>30.8</b>
<b>MAX</b>	<b>5.75</b>	<b>4.61</b>	<b>5.59</b>	<b>38.9</b>	<b>31.2</b>	<b>38.3</b>

### **7.1.2 KINEMATIČNA ANALIZA DOLŽINE ZADNJIH DVEH KORAKOV ZALETA**

Tabela 5 kaže, da je bila povprečna dolžina predzadnjega koraka zaleta (2K) 2,28 m. Zadnji korak zaleta (1K) pa je bil za 6,93% krajši, saj je bil dolg 2,12 m.

Pri M. Gay se je zadnji korak (2,11 m) zaleta po dolžini najbolj razlikoval od predzadnjega (2,39 m), saj je bil 28 cm krajši. Najmanjšo razliko med zadnjim (2,06 m) in predzadnjim korakom (2,09 m) zaleta je imela T. Lebedeva, pri kateri je bila ta razlika le 3 cm.

Tabela 5: Dolžina zadnjih dveh korakov zaleta

<b>Ime</b>	<b>2K</b>	<b>1K</b>
Saladuha O. (1)	2.25	2.21
Rypakova O. (1)	2.48	2.71
Ibarguen C. (1)	2.2	2.14
Gay M. (1)	2.39	2.11
Aldama Y (1).	2.21	2.1
Savigne Y. (1)	2.19	2.09
Kuropatkina A. (1)	2.10	2.28
Rahouli B. (1)	2.24	2.05
Savigne Y. (2)	2.06	2.18
Gay M. (2)	2.42	2.15
Pyatykh A. (2)	2.30	2.18
Topič B. (2)	2.37	2.41
Smith T. (2)	2.42	2.36
Lebedeva T. (2)	2.06	2.09
Bujin C. (2)	2.31	2.2
Veldakova D. (2)	2.46	2.21
Devetzi P. (3)		1.92
Savigne Y. (3)		1.93
Šestak M. (3)		1.93
Saladuha O. (3)		2.06
Veldakova D. (3)		2.06
de Oliveira G. (3)		1.67
Kulyk L. (3)		1.92
Topič B. (3)		2.22
Dimitraki I. (3)		1.98
Paneta N. (3)		1.98
<b>AVG</b>	<b>2.28</b>	<b>2.12</b>
<b>MAX</b>	<b>2.48</b>	<b>2.71</b>
<b>MIN</b>	<b>2.06</b>	<b>1.67</b>

### 7.1.3 KINEMATIČNA ANALIZA HORIZONTALNE HITROSTI

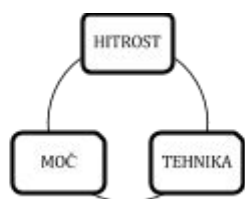
Iz Tabele 6 je razvidno, da je največjo horizontalno hitrost v predzadnjem koraku (2K) dosegla C. Iburguen (9,72 m/s). Razlika med najhitrejšo in najpočasnejšo skakalko je bila skoraj 1 m/s, saj je Kuropatkina A. dosegla hitrost 8,7 m/s. Najvišja povprečna horizontalna hitrost je bila izmerjena v predzadnjem koraku (1K) in je znašala 8,85 m/s. V odseku predzadnjega in zadnjega koraka se je skakalkam horizontalna hitrost v povprečju zmanjšala za 0,29 m/s. Največjo horizontalno hitrost v zadnjem koraku (1K) je dosegla C. Iburguen (9,47 m/s), najmanjšo pa N. Paneta (7,91 m/s). V povprečju pa je horizontalno hitrost v zadnjem koraku (1K) znašala 8,83 m/s.

Največja izguba horizontalne hitrosti, 1,13 m/s oz. 15,62%, je bila zabeležena med tretjo fazo troskoka. V prvi fazi so skakalke v povprečju izgubile 0,64 m/s oz. 10,82%, v fazi koraka pa 0,80 m/s oziroma 6,05%.

Horizontalna hitrosti je opredeljena v osnovnem biomehanskem modelu kot: zaletna hitrost, hitrost ob odzivu, horizontalna in vertikalna hitrosti pri odzivu, vertikalna hitrost pri dotiku, sprememba vertikalne in horizontalne hitrosti.

Pri troskoku je zelo pomembno natančno doziranje hitrosti, saj morajo biti skakalke sposobne to visoko hitrosti prenesti v tehnično zahtevne skoke. Kontrolirana horizontalna hitrost je eden ključnih elementov priprave na odziv.

Na Sliki 10 so prikazani trije dejavniki, ki so ključnega pomena za končni rezultat troskoka. Troskokašica lahko hitrost učinkovito izkoristi samo, če jo z dobro tehniko in zadostno močjo, s pomočjo katerih nadzira sile, ki jih razvija pri odzivu, poveže v zaključeno celoto.



Slika 10: Vpliv na končni rezultat v troskok

Hitrejši zalet poveča silo, ko se stopalo dotakne odzivne deske (potreba po večji moči) in spremeni časovne parametre gibov od zadnjega koraka do odziva (zahtevane tehnične izboljšave). Nepovezanost teh treh dejavnikov najverjetneje vpliva na stisno silo, ki se razvije v skakalčevi odzivni nogi, na časovne parametre in učinkovitost gibanja zamašne noge, na potiskanje z noge in pretirano rotacijo ter slab nadzor nad gibanjem telesa nasploh (Penca, 2002).

Tabela 6: Horizontalna hitrost v zaletu in posameznih fazah troskoka

<b>Ime</b>	<b>2K</b>	<b>1K</b>	<b>Hop</b>	<b>Step</b>	<b>Jump</b>
Ibarguen C. (1)	9.72	9.47	8.64	7.91	6.22
Rypakova O. (1)	9.44	9.45	8.51	7.79	6.99
Savigne Y. (2)	9.32	9.39	8.63	8.22	6.97
Savigne Y. (1)	9.16	9.2	8.24	8.18	7
Lebedeva T. (2)	9.13	9.12	8.59	7.8	6.3
Veldakova D. (2)	9.13	9.17	8.48	7.9	6.7
Smith T. (2)	9.1	9.1	8.34	7.38	6
Saladuha O. (1)	9.09	9.04	8.31	7.14	5.9
Topič B. (2)	9.08	9.13	8.45	7.8	6.89
Aldama Y (1)	8.94	8.99	7.92	6.4	5.43
Bujin C. (2)	8.93	8.84	8	7.37	6.11
Pyatykh A. (2)	8.9	9.01	8.21	7.46	6.32
Gay M. (1)	8.88	8.95	7.73	6.98	5.85
Gay M. (2)	8.81	8.87	8.12	7.3	6.07
Rahouli B. (1)	8.81	8.9	8.15	7.47	6.45
Kuropatkina A. (1)	8.7	8.72	7.6	7.17	6.11
Devetzi P. (3)		8.68	8.3	7.64	6.8
Savigne Y. (3)		8.85	8.67	7.62	6.22
Šestak M. (3)		8.28	8.1	7.2	6.03
Saladuha O. (3)		8.31	7.75	6.66	5.82
Veldakova D. (3)		8.44	8.31	7.32	6.21
de Oliveira G. (3)		8.26	8.13	7.32	6.29
Kulyk J. (3)		8.52	7.98	6.96	5.61
Topič B. (3)			7.8	6.92	6.25
Paneta N. (3)		7.91	7.68	6.88	6.11
Dimitraki I. (3)		7.94	7.58	6.62	5.51
<b>AVG</b>	<b>9.07</b>	<b>8.82</b>	<b>8.29</b>	<b>7.39</b>	<b>6.24</b>
<b>MIN</b>	<b>8.70</b>	<b>7.91</b>	<b>7.58</b>	<b>6.40</b>	<b>5.43</b>
<b>MAX</b>	<b>9.72</b>	<b>9.47</b>	<b>8.67</b>	<b>8.22</b>	<b>7.00</b>

#### **7.1.4 KINEMATIČNA ANALIZA VERTIKALNE HITROSTI**

V tabeli 7 so prikazani osnovni statistični podatki vertikalne hitrosti skakalk v zaletu in posameznih fazah troskoka. Vertikalna hitrost je povprečno enaka pri prvem (hop) in tretjem skoku (jump) in znaša 2,29 m/s. Najnižja vrednost vertikalne hitrosti je v drugi fazi troskoka (step) in znaša 1,61 m/s.

Čeprav prevladujejo troskokašice s "hop-dominated" tehniko pa vrednosti vertikalne hitrosti in vrednosti odzivnega kota v prvi fazi troskoka niso višje od povprečja kar bi sicer lahko pričakovali. Vrednosti za ti dve spremenljivki v drugi in tretji fazi troskoka pa so nekoliko nižje.

Tabela 7: Vertikalna hitrost v zaletu in posameznih fazah troskoka

<b>Ime</b>	<b>Hop</b>	<b>Step</b>	<b>Jump</b>
Saladuha O. (1)	2.22	1.62	2.29
Rypakova O. (1)	2.03	1.51	2.13
Ibarguen C. (1)	2.13	1.72	2.5
Gay M. (1)	1.98	1.57	2.28
Aldama Y (1).	2.19	2.03	2.17
Savigne Y. (1)	1.79	1.00	2.03
Kuropatkina A. (1)	1.78	1.62	2.3
Rahouli B. (1)	1.71	1.67	1.99
Savigne Y. (2)	2.49	1.24	2.67
Gay M. (2)	2.34	1.7	2.57
Pyatykh A. (2)	2.46	1.93	2.48
Topič B. (2)	2.30	1.72	2.14
Smith T. (2)	2.39	1.84	1.78
Lebedeva T. (2)	2.24	1.84	2.32
Bujin C. (2)	2.49	1.57	2.8
Veldakova D. (2)	2.24	1.19	2.24
Devetzi P. (3)	2.79	1.93	2.39
Savigne Y. (3)	2.51	1.65	2.32
Šestak M. (3)	2.46	1.61	2.49
Saladuha O. (3)	2.54	1.62	2.58
Veldakova D. (3)	2.29	1.81	2.14
de Oliveira G. (3)	2.38	1.71	2.02
Kulyk L. (3)	2.83	1.66	2.17
Topič B. (3)	2.18	1.52	2.29
Dimitraki I. (3)	2.27	1.42	2.49
Paneta N. (3)	2.61	1.24	2.04
<b>AVG</b>	<b>2.29</b>	<b>1.61</b>	<b>2.29</b>
<b>MIN</b>	<b>1.71</b>	<b>1.00</b>	<b>1.78</b>
<b>MAX</b>	<b>2.83</b>	<b>2.03</b>	<b>2.80</b>



### 7.1.5 KINEMATIČNA ANALIZA ČASA KONTAKTA

Eden od kriterijev uspešnosti odrivne akcije je tudi trajanje le-te. Kontaktni časi se podaljšujejo z zmanjšanjem horizontalne hitrosti in naraščanjem pritiska sile reakcije na podlago. Pri tekmovalkah smo opazili naraščanje kontaktnih časov odrivnih akcijih posameznih faz troskoka. Kot je bilo pričakovati, je bila največja sprememba vertikalne hitrosti v podpornih fazah drugega (step) in tretjega (jump) skoka. Razlog za to je v prvem dotiku v posamezni fazi (pristanek). Pri atletinjah so s parcialnimi dolžinami korakov močno povezani časi kontaktnih in letnih faz. Povprečna dolžina kontaktne faze pri prvem skoku (hop) traja 0,13, pri drugem skoku (step) 0,14 in pri tretjem skoku (jump) 0,16 sekunde (Tabela 8).

Tekmovalki (Devetzi P., Savigne Y.), ki sta skočili najdlje, sta imeli v vseh treh odrivnih akcijah med najkrajšimi kontaktnimi časi.

Pri skakalkah, ki so skočile najmanj pa ni opaziti trenda krajših ali daljših kontaktnih časov.

Kontaktni časi prve odrivne akcije Ugotovimo lahko, da imajo skakalke našega vzorca velike razlike v času izvedbe odrivnih akcij.

Ključni element učinkovitega odriva je izvedba amortizacijske faze. Tendence odzivov pri troskoku je prav v čim krajši fazi amortizacije (majhna upogibna amplitude kolena odrivne noge) in hiter prehod v koncentrično fazo odriva.

Tabela 8: Kontaktni čas v posameznih fazah troksoka

<b>Ime</b>	<b>Hop</b>	<b>Step</b>	<b>Jump</b>
Veldakova D. (3)	0.20	0.12	0.14
Gay M. (1)	0.17	0.18	0.20
Saladuha O. (1)	0.15	0.17	0.17
Kuropatkina A. (1)	0.15	0.17	0.20
Rahouli B. (1)	0.15	0.17	0.20
Smith T. (2)	0.14	0.16	0.19
Rypakova O. (1)	0.13	0.17	0.17
Ibarguen C. (1)	0.13	0.15	0.18
Savigne Y. (1)	0.13	0.15	0.17
Gay M. (2)	0.13	0.16	0.17
Pyatykh A. (2)	0.13	0.14	0.17
Topič B. (2)	0.13	0.15	0.15
Aldama Y (1)	0.12	0.17	0.20
Šestak M. (3)	0.12	0.10	0.13
Saladuha O. (3)	0.12	0.13	0.16
Kulyk J. (3)	0.12	0.12	0.16
Savigne Y. (2)	0.11	0.11	0.15
Lebedeva T. (2)	0.11	0.15	0.17
Bujin C. (2)	0.11	0.15	0.15
Veldakova D. (2)	0.11	0.15	0.16
Dimitraki I. (3)	0.11	0.13	0.15
Paneta N. (3)	0.11	0.12	0.15
Savigne Y. (3)	0.10	0.10	0.12
Devetzi P. (3)	0.09	0.11	0.14
de Oliveira G. (3)	0.09	0.10	0.13
Topič B. (3)		0.12	0.14
<b>AVG</b>	<b>0.13</b>	<b>0.14</b>	<b>0.16</b>
<b>MIN</b>	<b>0.09</b>	<b>0.10</b>	<b>0.12</b>
<b>MAX</b>	<b>0.20</b>	<b>0.18</b>	<b>0.20</b>

## 7.2 KINEMATIČNA ANALIZA ODRIVNIH KOTOV

Z velikostjo vertikalne hitrosti je povezan odrivni kot, ki je največji pri prvem in tretjem skoku. Velikost odrivnega kota je v sorazmerni povezavi z višino posameznih skokov, kar je povezano z manjšo horizontalno hitrostjo. Nizke krivulje leta so praviloma značilne za skakalce in skakalke z večjo bazično hitrostjo (Hay, 1992; Kreyer, 1993; Panoutsakopoulos, Kollias, 2008). Povprečna vrednost odrivnega kota v prvi fazi znaša  $15,7^\circ$ , v drugi fazi pa  $12,4^\circ$ . V tretji fazi je ta kot zaradi kasnejšega doskoka navišji in znajša  $20,2^\circ$  (Tabela 5).

Horizontalna hitrost in kot odriva določata dolžino faze "hop": premajhen kot pomeni krajšo fazo "hop", prevelik kot pa predstavlja večjo izgubo horizontalne hitrosti.

Optimalen odrivni kot določa višina težišča telesa v predzadnjem in zadnjem koraku, nekoliko pa ga še poveča vrtilni moment rok in neodrivne noge. Pri tem pa mora biti tako težišče roke na strani odrivne noge kot tudi težišče odrivne noge kar se da nizko.

Tabela 9: Odrivni kot v posameznih fazah troskoka

<b>Ime</b>	<b>Hop</b>	<b>Step</b>	<b>Jump</b>
Saladuha O. (1)	16.00	9.00	21.00
Rypakova O. (1)	16.00	13.00	23.00
Ibarguen C. (1)	17.00	14.00	21.00
Gay M. (1)	15.00	12.00	17.00
Aldama Y (1).	16.00	14.00	17.00
Savigne Y. (1)	15.00	13.00	20.00
Kuropatkina A. (1)	17.00	13.00	25.00
Rahouli B. (1)	15.00	9.00	19.00
Savigne Y. (2)	15.10	12.80	21.20
Gay M. (2)	13.40	11.00	13.10
Pyatykh A. (2)	14.10	12.10	22.10
Topič B. (2)	14.40	13.00	21.60
Smith T. (2)	15.40	17.70	22.00
Lebedeva T. (2)	12.20	6.70	16.10
Bujin C. (2)	13.10	12.70	20.70
Veldakova D. (2)	11.80	12.60	17.20
Devetzi P. (3)	18.60	14.20	19.40
Savigne Y. (3)	16.10	12.20	20.50
Šestak M. (3)	16.90	12.60	22.40
Saladuha O. (3)	18.10	13.70	23.90
Veldakova D. (3)	15.40	13.90	19.00
de Oliveira G. (3)	16.30	13.10	17.80
Kulyk L. (3)	19.50	13.40	21.10
Topič B. (3)	17.50	12.40	20.10
Dimitraki I. (3)	16.70	12.10	24.30
Paneta N. (3)	18,8	10.20	18.50
<b>POVRP</b>	<b>15.7</b>	<b>12.4</b>	<b>20.2</b>
<b>MIN</b>	<b>11.80</b>	<b>6.70</b>	<b>13.10</b>
<b>MAX</b>	<b>19.50</b>	<b>17.70</b>	<b>25.00</b>

### **7.3 KORELACIJSKA ANALIZA KINEMATIČNIH SPREMENLJIVK Z REZULTATI TROSKOKA**

V fazi primerjanja podatkov smo se osredotočili na osnovne kinematične spremenljivke, kot so časi, dolžine, koti in hitrosti. Za primerjavo troskokov je bilo tako v ta namen izbranih sedemnajst spremenljivk, ki so ključnega pomena za končni rezultat v troskoku.

Iz Tabele 9 je razvidno, da smo analizirali šestindvajset enot, ki so med seboj linearno povezane. Navedene so še vrednosti Pearsonovega korelacijska koeficienta in stopnja značilnosti.

Tabela 10: Korelacijska analiza kinematičnih parametrov z rezultati troskoka pri troskoku

	<b>Pearsonov korelacijski koeficient</b>	<b>Stopnja značilnosti</b>	<b>Veljavne enote</b>
Dolžina prve faze troskoka ("hop" faza)	.661**	.000	26
Dolžina druge faze troskoka ("step" faza)	.465*	.017	26
Dolžina tretje faze troskoka ("jump" faza)	.617**	.001	26
Dolžina zadnjega koraka v zaletu	.229	.261	26
Horizontalna hitrost v zadnjem koraku zaleta	.580**	.002	25
Horizontalna hitrost v prvi fazi troskoka ("hop" fazi)	.580**	.002	26
Horizontalna hitrost v drugi fazi troskoka ("step" fazi)	.414*	.036	26
Horizontalna hitrost v tretji fazi troskoka ("jump" fazi)	.341	.089	26
Vertikalna hitrost v prvi fazi troskoka ("hop" fazi)	.045	.826	26
Vertikalna hitrost v drugi fazi troskoka ("step" fazi)	.270	.183	26
Vertikalna hitrost v tretji fazi troskoka ("jump" fazi)	.262	.196	26
Kontaktni čas v prvi fazi troskoka ("hop" fazi)	.102	.627	26
Kontaktni čas v drugi fazi troskoka ("step" fazi)	.155	.451	26
Kontaktni čas v tretji fazi troskoka ("jump" fazi)	.129	.531	26
Kot odrida v prvi fazi troskoka ("hop" fazi)	.038	.855	26
Kot odrida v drugi fazi troskoka ("step" fazi)	.130	.527	26
Kot odrida v tretji fazi troskoka ("jump" fazi)	-.021	.920	26

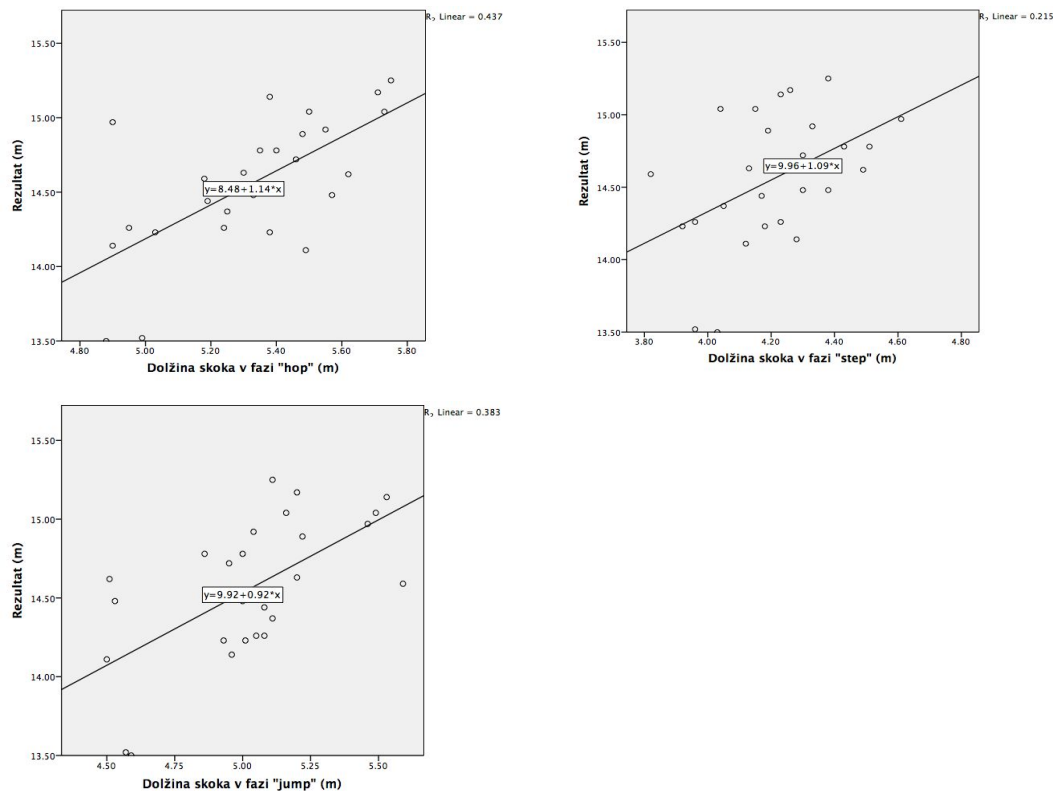
### 7.3.1 KORELACIJSKA ANALIZA DOLŽINE POSAMEZNE FAZE TROSKOKA IN REZULTATA TROSKOKA

Na osnovni pridobljenih podatkov pri analizirani skupini je razvidno, da je rezultat dolžine troskoka v odvisnosti od parcialnih dolžin skokov ( $r = 0.661$  za "hop",  $r = 0.465$  za "step" in  $r = 0.617$  za "jump"). Korelacija je značilna pri stopnji značilnosti 0,01 (verjetnost napake ob zavrnitvi ničelne domneve je manjša od 1%).

Dolžina prve faze in končni rezultat troskoka sta na vzorcu srednje močno povezani ( $r = 0,618$ ).

Ugotovljena je bila povezava vseh posameznih faz troskoka, najvišja pa je bila med prvo ("hop") fazo, kar le še dodatno poudari pomen prve faze troskoka.

Tabela 11: Korelacijska analiza posameznih faz troskoka in rezultata troskoka

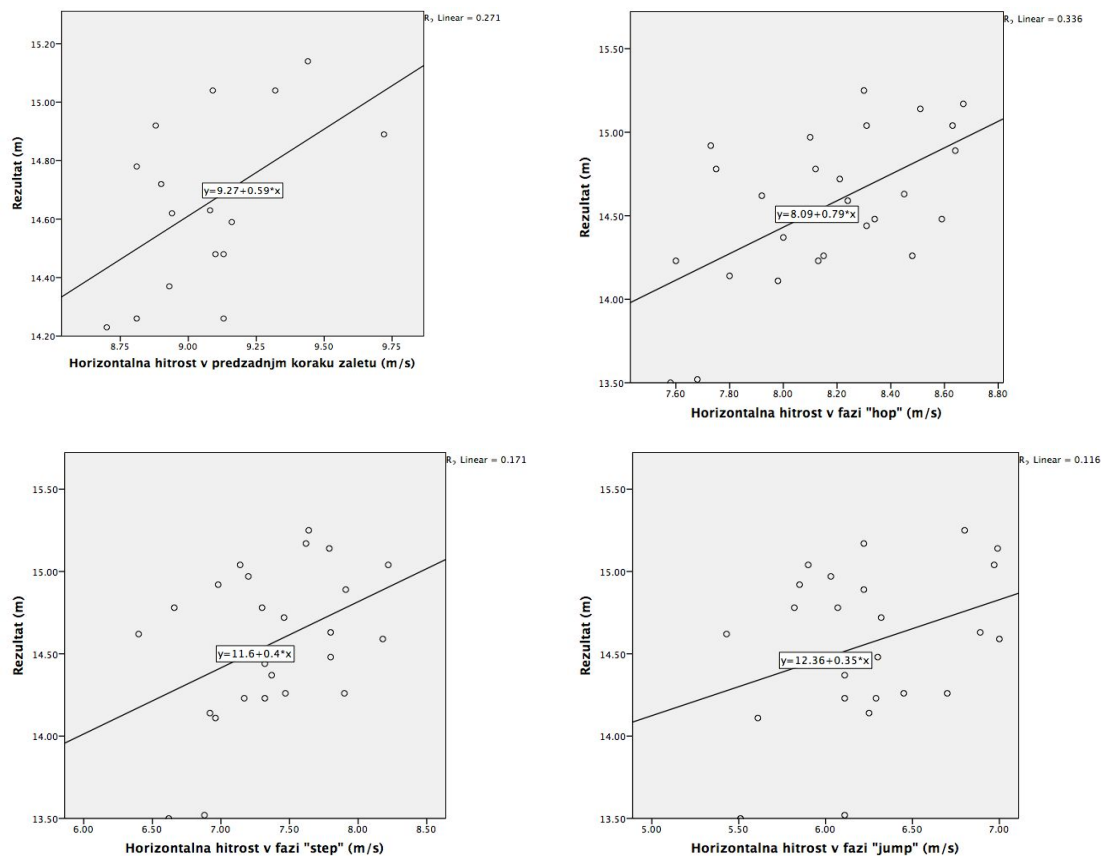


### 7.3.2 KORELACIJSKA ANALIZA DOLŽINE ZADNJEGA KORAKA ZALETA IN REZULTATA TROSKOKA

Iz Tabele 10 je razvidno, da je Pearsonov korelacijski koeficient enak 0,229, kar pove, da med spremenljivkami ne obstaja povezanost. Razvidno je, da je statistična pomembnost Pearsonovega korelacijskega koeficienta enaka 0,261, kar pomeni, da ne moremo dokazati povezave med spremenljivkami pri 5 % stopnji tveganja; ni povezave med spremenljivkama.

### 7.3.3 KORELACIJSKA ANALIZA HORIZONTALNE HITROSTI IN REZULTATA TROSKOKA

Tabela 12: Korelacijska analiza horizontalne hitrosti v posameznih fazah troksoka in rezultata troksoka



Visoka horizontalna hitrost je ključnega pomena za dober rezultat v troksoku. Manjša izguba le-te prinaša daljši skok. Horizontalna hitrost zadnjega koraka v zaletu je statistično značilno ( $p < 0,05$ ) povezana ( $r = 0,58$ ) s končno dolžino troksoka, kar pomeni, da sta spremenljivki pozitivno linearno povezani. V tem primeru hipotezo H1



sprejmemo.

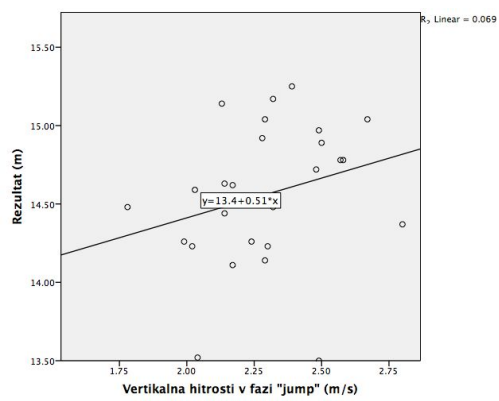
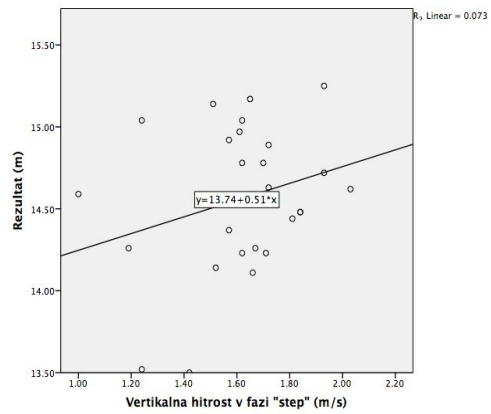
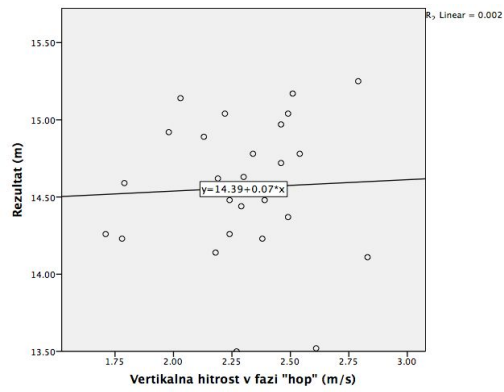
#### **7.3.4 KORELACIJSKA ANALIZA VERTIKALNE HITROSTI IN REZULTATA TROSKOKA**

Iz Tabele 10 je razvidno, da je Pearsonov korelacijski koeficient enak 0,045, kar nam pove, da med spremenljivkami obstaja relativno nizka povezanost povezanost. Razvidno je, da je statistična pomembnost Pearsonovega korelacijskega koeficienta enaka 0,826, kar pomeni, da povezave med spremenljivkami pri 5% stopnji tveganja nismo uspeli dokazati.

Pearsonov korelacijski koeficient med vertikalno hitrostjo v drugi fazi troskoka in rezultatom troskoka je enak 0,270, kar pove, da med spremenljivkami obstaja nizka povezanost. Razvidno je, da je statistična pomembnost Pearsonovega korelacijskega koeficienta enaka 0,183, kar je več kot 0,05, kar pomeni, da povezave med spremenljivkami pri 5% stopnji tveganja nismo uspeli dokazati.

Vertikalna hitrost v zadnji fazi troskoka je nizko povezana z rezultatom troskoka, saj je Pearsonov korelacijski koeficient enak 0,262. Statistične pomembnosti Pearsonovega korelacijskega koeficienta med spremenljivkami pri 5% stopnji tveganja nismo uspeli dokazati.

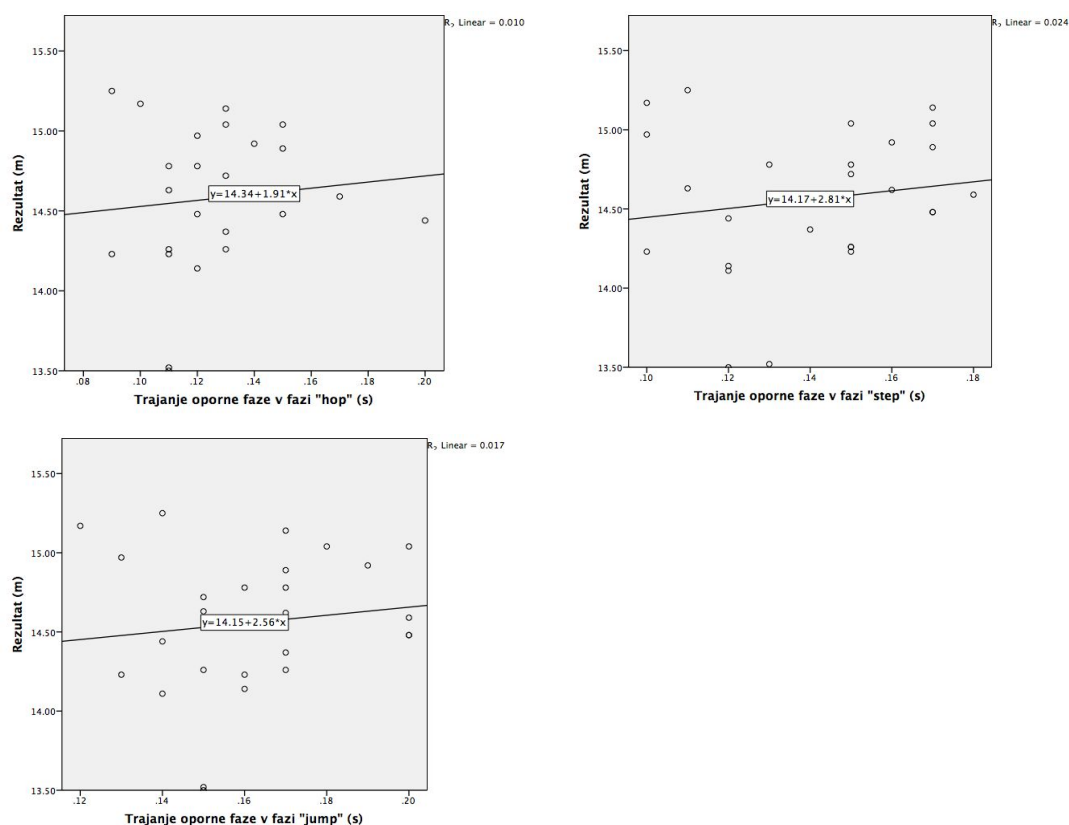
Tabela 13: Korelacijska analiza vertikalne hitrosti v posameznih fazah troksoka in rezultata troksoka



### 7.3.5 KORELACIJSKA ANALIZA ČASA KONTAKTA IN REZULTATA TROSKOKA

Med kontaktnimi časi v vseh treh fazah (prva faza: 0,102s, druga faza: 0,155s, tretja faza: 0,129s) troskoka in končnim rezultatom troskoka ni povezanosti. Povezave med kontaktnimi časi v vseh treh fazah troskoka in končni rezultat troskoka niso statistično značilni. Razlike v času izvedbe posameznih odzivnih akcij (poskok, korak in skok) so povezane s padcem horizontalne hitrosti in naraščanjem pritiska sile reakcije na podlago.

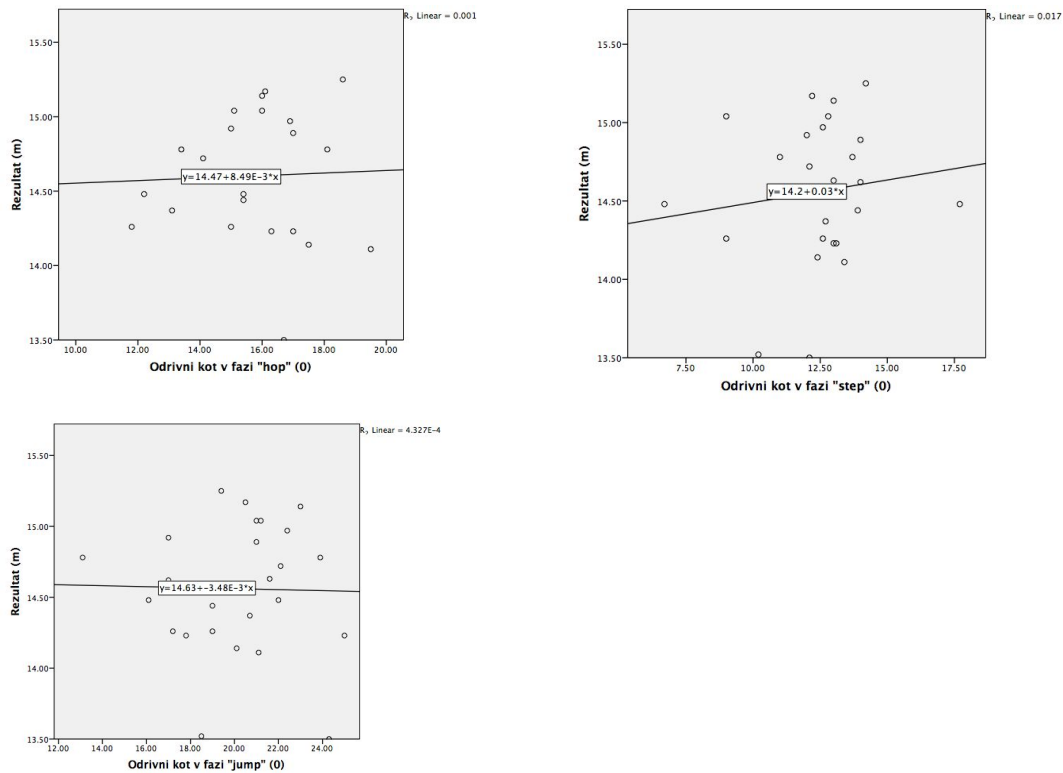
Tabela 14: Korelacijska analiza časov kontaktov v posameznih fazah troskoka in rezultata troskoka



### 7.3.6 KORELACIJSKA ANALIZA ODRIVNEGA KOTA IN REZULTATA TROSKOKA

Med odrivnimi koti v vseh treh fazah (prva faza:  $0,038^\circ$ , druga faza:  $0,130^\circ$ , tretja faza:  $-0,021^\circ$ ) troskoka in končnim rezultatom troskoka ni povezanosti. Povezave med kontaktnimi časi v vseh treh fazah troskoka in končni rezultat troskoka niso statistično značilni.

Tabela 15: Korelacijska analiza odrivnih kotov v posameznih fazah troskoka in rezultata troskoka



## 8 RAZPRAVA

Pri troskoku gre za kombinacijo hitrostnega potenciala in potenciala moči skakalk (Čoh s sodelavci, 1990). Odrivni akciji pri troskoku, zlasti zadnji dve (korak in skok), sta najbolj tipični motorični situaciji, kjer nastopajo potrebe po razvijanju sile s kombinacijo ekscentričnih in koncentričnih motoričnih kontrakcij. Izvedba treh skokov (skok, korak in doskok) je odvisna od ekscentrično-koncentrične nevro-mišične modulacije razvijanja sile, kjer koncentrični kontrakciji takoj sledi ekscentrična. Ekscentrična kontrakcija je učinkovitejša kot koncentrična.

Eden od kriterijev uspešnosti odrivne akcije je tudi trajanje le-te. Helmar (2009) in Ai et al. (2011) navajajo kontaktne čase med 0,10 s in 0,11 s za prvo fazo, 0,13 s - 0,15 s za drugo, 0,11 s - 0,14 s za tretjo fazo troskoka. Študije (Panoutsakopoulos in Kollias, 2008; Kyrolain idr., 2009) kažejo, da znaša kontaktni čas prvega odriva (skok) od 0,120 do 0,139 s, drugega odriva (korak) od 0,150 do 0,157 s in tretjega odriva (doskok) od 0,177 do 0,185 s. Na našem vzorcu so bili kontaktni časi v primerjavi s Helmarjevo študijo nekoliko daljši, vendar za odtenek krajši kot pri drugi študiji (Panoutsakopoulos in Kollias, 2008; Kyrolain idr., 2009), saj znaša kontaktni čas prvega odriva 0,13 m/s, drugega 0,14 m/s in odriva v tretji fazi 0,16 m/s.

Korelacijska analiza (Tabela 10) nam kaže, da časi kontaktnih faz nimajo statistično značilnih povezav z rezultati troskoka pri vrhunskih skakalkah. Vzrok je verjetno velika homogenost skakalk v tem parametru.

Pri skakalkah, ki smo jih analizirali, tako opazimo naraščanje časa posameznih odrivnih akcij skozi posamezne faze troskoka. Podaljševanje kontaktnih časov je povezano s padanjem horizontalne hitrosti in naraščanjem pritiska sile reakcije na podlago. Na našem vzorcu lahko opazimo različne tipe skakalk. Pri nekaterih je čas prvega in drugega odriva zelo dolg, pri drugih zelo kratek. Zato so kontaktni časi v vseh treh fazah troskoka neznačilno povezani s končnim rezultatom.

Fukashiro (1981) je našel pozitivno korelacijo med kontaktnim časom v prvi fazi troskoka (korak) in končno dolžino troskoka. Za to sicer niso našli trdnih razlag, ampak je to lahko posledica različnih dejavnikov; višja vertikalna hitrost v prvi fazi troskoka (hop) lahko vodi do daljšega prvega skoka (hop) in večjega vertikalnega vektorja hitrosti pri dotiku tal ob začetku druge faze (step), kar bi lahko vodilo v povečan kontaktni čas.

Pri atletinjah so s parcialnimi dolžinami korakov močno povezani časi kontaktnih in

letnih faz. Daljši čas leta med posameznimi skoki pomeni tudi daljši skok. Obratno sorazmerno pa je povezan čas amortizacije in hitrost; čim krajši je čas amortizacije, tem večja je možnost ohranjanja tako horizontalne kot vertikalne hitrosti ter sile pri odzivu (Hay in Miller).

Dolžina časa trajanja odzivne akcije v tretjem skoku (jump) v večji meri odvisna od horizontalne hitrosti skakalke. Čas odziva je tesno povezan s stopnjo izkoriščanja elastične energije. Ta izkoristek pa je v neposredni zvezi z mikrostrukturo mišičnih vlaken, ki jo ima posamezna skakalka. Skakalke, ki imajo večji procentualni delež hitrih mišičnih vlaken, izvajajo odzivno akcijo z večjo hitrostjo ekscentrične kontrakcije in majhno delovno amplitudo v sklepih odzivne noge. Skakalke, ki imajo večji delež počasnih vlaken, izvajajo odzivno akcijo z daljšim časovnim preklpom in večjimi delovnimi amplitudami.

Kontaktne čase pri moških so v večini nekoliko krajši, saj je Antonini (2015) ugotovil, da znašajo 0,10-0,15 pri prvem skoku (hop), 0,12-0,18 pri drugem (step) in 0,12-0,20 pri tretjem skoku (jump). Povežemo lahko vzporednice z našo študijo, saj je v obeh primerih opaziti naraščanje kontaktnih časov s faze v fazo. Antonini (2015) je ugotovil negativno korelacijo med dolžino troskoka in kontaktnimi časi v prvem, drugem in tretjem skoku.

Biomehanika odzivnih akcij v troskoku pomembno definira uspešnosti troskoka, velja za tako za atlete kot atletinje.

V prvi fazi odziva se ekstenzorji odzivne noge upirajo pritisku, ki nastane kot posledica hitrosti zaleta (prvi skok troskoka; hop) ali sile pritiska doskoka (drugi in tretji skok; step in jump). Raztegnejo se ekstenzorji skočnega, kolenskega in kolčnega sklepa, kar povzroči mišično naprežanje v pogojih oddaljevanja njihovih pripojev, kajti sila pritiska je večja od sile, ki jo zmorejo razviti mišice. Upognitev v sklepih povzroči amortizacijo pritiska. Aktivni dejavniki amortizacije so le ekstenzorji odzivne noge, ki se z ekscentrično kontrakcijo temu pritisku upirajo. Ključni element odzivne akcije predstavlja preklp mišičnih skupin od ekscentrične kontrakcije v koncentrično mišično kontrakcijo in čas, ki je za to potreben.

Hitrost preklopa je odvisna od elastičnosti mišičnega sistema. Povezovanje pliometrične in miometrične kontrakcije daje bistveno večji učinek pri razvijanju sile kot samo koncentrična kontrakcija. Zato obstajajo tako fizikalni kot fiziološki argumenti. Zunanje sile, ki delujejo na skakalca v fazi amortizacije, povzročijo elastično deformacijo ekstenzorjev odzivne noge. Mišica tako absorbira določeno

količino energije, ki jo odda v drugi fazi, kjer se združita energiji iz prve in druge faze. Če koncentrična kontrakcija ne sledi dovolj hitro ekscentrični kontrakciji, pride do izgube elastične energije, ki se je shranila v prečnih mostičkih. V fazi raztezanja mišic in tetiv se energija shranjuje v serialne elastične elemente mišic (aponevroze), tetive in prečne mostičke.

Pomembno vlogo pri uporabi elastične energije, ki se shrani med ekscentrično kontrakcijo, ima čas med ekscentrično in koncentrično kontrakcijo. Ta čas mora biti primerno kratek, sicer ne pride do aktivacije aktinskih in miozinskih filamentov v mišičnih sarkomerah. Ta je določen z življenjsko dobo prečnih mostičev in traja od 15 do 120 milisekund. V primeru počasnega preklopa med obema kontrakcijama se učinek izkoriščanja elastične energije zmanjša. V primeru, da je ta čas zelo dolg, lahko v skrajnem primeru ta učinek popolnoma izostane. O učinkovitosti prenosa elastične energije v veliki meri odloča čas faze amortizacije.

Količina shranjene elastične energije je odvisna tudi od sile raztezanja mišice in raztezanja mišično-tetivnega kompleksa.

Znano je, da lahko mišično-tetivni kompleks ob večji hitrosti ekscentrično-koncentričnega cikla shrani večjo količino kinetične energije v obliki elastične energije. Generiranje elastične energije pomeni tudi krajše kontaktne čase, kar je pri troskoku odločujoč dejavnik pri zagotavljanju horizontalne hitrosti. Pri dolgem kontaktnem času (več kot 200 milisekund) s podlago se del absorbirane elastične energije pretvori v toplotno. Pri skakalkah troskoka v povprečju kontaktni časi za skok, korak in doskok znašajo 130, 140 in 160 milisekund.

Čas amortizacije pa je odvisna predvsem od delovne amplitude kota v kolenu odzivne noge oziroma od kot maksimalne amortizacije. Tako pri je skakalcih v daljino, višino kot pri skakalcih troskoka mogoče ugotoviti generalno tendenco majhne delovne amplitude v kolenu odzivne noge. Čas faze amortizacije se torej podaljšuje od skoka do skoka zaradi vse večjih pritiskov sile reakcije podlage. Glede na rezultate raziskave Krejerja (1985) znaša sila reakcije podlage pri vrhunskih moških skakalcih troskoka v prvem odzivu (hop) 4100-4500 N, v drugem odzivu (step) 7700-8500 N in v tretjem odzivu (jump) 5000-5200 N.

Pri odzivu sta najpomembnejša fiziološka fenomena refleks na nateg in elastična togost na kratke razdalje. Oba dejavnika vplivata na večjo togost mišice. Pri večji togosti je izrazitejše raztezanje vezi in tetive, kar ima za posledico manjšo porabo kemične energije v mišice. Manjša poraba kemične energije je zelo pomembna pri izvedbi posameznih faz troskoka, saj je treba gibanje izvesti s kar se da veliko

hitrostjo. Refleks na nateg je prvi odziv živčno-mišičnega sistema na hitro in nepričakovano podaljšanje mišice. Z refleksom na nateg mišice ščitijo pred nepričakovanimi spremembami položaja telesa, prav tako pa pomaga pri uravnavanju mišične togosti. Zanka refleksa se lahko sproži v sproščeni in aktivirani mišici.

Poleg velikosti in hitrosti spremembe dolžine mišice ter časa preklopa je za učinkovitost ekscentrično-koncentrične kontrakcije zelo pomembna predaktivacija (Dolenec, 1999).

Faza predaktivacije se začne 40-60 milisekund pred dotikom stopala s podlago in se manifestira zlasti pri sprintu ter horizontalnih in globinskih skokih. Predaktivacija ustrezno pripravi mišice na raztezanje in se kaže v številu sklenjenih prečnih mostičev in spremembi vzdraženosti motoričnih živcev. Oba dejavnika vplivata na večjo togost mišice (ang. short range stiffness). Pri večji togosti mišice je manj izrazito raztezanje vezi in tetive, kar ima za posledico boljšo integracijo kemične in elastične energije v mišici. To pa pomeni večjo produkcijo mišične sile. Prav skakalci troskoka razvijejo večjo togost mišic (musculus gastrocnemius) kot jo ima ahilova tetiva (Čoh, 2014).

Tako skakalcem in skakalkam troskoka z večjo horizontalno hitrostjo naj bi bolj ustrezala uravnotežena ali celo "jump" dominantna tehnika. Počasnejšim troskokašem z močnejšimi nogami pa "hop" dominantna tehnika. Iz tega bi lahko zaključili da sta maksimalna horizontalna hitrost in moč nog dejavnika, ki vplivata za optimalno razmerje dolžin posameznih faz troskoka.

Skakalke, ki so skočile najdlje, niso dosegle tudi najvišje horizontalne hitrosti. To kaže, da je pri troskoku, za razliko od skoka v daljino, manjšo hitrost lažje kompenzirati z boljšo tehnično izvedbo in večjo odzivno močjo. Razlog za to je verjetno v večjem številu dejavnikov, ki vplivajo na končni rezultat troskoka.

Med vsemi analiziranimi parametri je prav horizontalna hitrost v zadnjem koraku zaleta in prvi fazi troskoka dosegla največjo stopnjo povezanosti s končnim rezultatom troskoka. Tako lahko potrdimo dejstvo, da je horizontalna hitrost eden najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na rezultat troskoka.

Ne najvišjo povezanost med hitrostjo zaleta in končnim rezultatom troskoka bi lahko pripisali tudi temu, da troskokašice niso uspeli uglasiti vseh treh dejavnikov rezultata in sicer hitrosti, moči in tehnike.

Zadnja dva koraka v zaletu (1L in 2L) se bistveno razlikujeta tako po dolžini kot po hitrosti. Trend podaljševanja zadnjega koraka v primerjavi s predzadnjim je navzoč



tudi pri nekaterih drugih vrhunskih skakalkah troskoka (Čoh, Štuhec, Vertič, 2010). Dolžina zadnjega koraka je povezana z učinkovitejšim preoblikovanjem horizontalne v vertikalno hitrost, ki zagotavlja potrebno višino poti gibanja centralnega težišča telesa (BCM) v prvem skoku (HOP). Le vrhunske skakalke troskoka so v zaletu sposobne doseči svojo maksimalno hitrost. Zato je zelo pomembno natančno doziranje le-te, saj lahko le tako skakalka doseže optimalen rezultat (Čoh, 2011).

Glede na dobljene rezultate lahko ugotovimo, da so atletinje v povprečju v predzadnjem koraku zaleta dosegle hitrost 9,07 m/s, iste atletinje pa so v zadnjem koraku dosegle hitrost 9,08 m/s, kar kaže, da se jim je hitrost v zadnjem koraku za odtenek povečala. Donley (1991) je v študiji analiziral vrhunske atletinje, katerih povprečna hitrost je v zaletu znašala med 9,31 in 9,36 m/s. V naši študiji so bile analizirane vrednosti nekoliko nižje. Podatki pridobljeni iz študije, ki je prav tako kot naša vključevala finalistke s svetovnih prvenstev leta 1993, 1995 in 1997 (Brüggemann, 1997) navajajo povprečno horizontalno hitrost, s katero prihajajo skakalke na prvi odziv 8,40 m/s z odstopanjem do +/- 0,23 m/s. Ker horizontalna hitrost in ohranjanje le-te vpliva na dolžino posameznih faz troskoka, to pomeni, da bo skakalka ob višji horizontalni hitrosti v zaletu dosegla tudi daljši zadnji skok (jump) in pri tem ohranila idealno pozicijo centralnega težišča telesa skozi vse faze, kar jo bo razbremenilo pri velikih naporih troskoka.

V študiji, ki jo je Hay (1985) opravil med dvanajstimi finalisti Olimpijskimi igrami leta 1984 so ugotovili pozitivno povezanost med končnim rezultatom troskoka in dolžino koraka (step), povprečnima horizontalnima in vertikalnima silama med odzivno fazo v skoku (jump), višino odziva ob zadnjem odzivu (jump) ter dolžino pri doskoku (jump). Yu (1996), Helmar (2009) in Ai et al. (2011) so v svojih raziskavah navedli, da znaša horizontalna hitrost med prvo fazo (hop) troskoka 8,4 m/s - 8,86 m/s, med drugo (step) 7,58 m/s - 8,22 m/s in med tretjo fazo (jump) 6,46 m/s - 7,34 m/s. V naši analizi so bile vrednosti horizontalne hitrosti nekoliko nižje, saj so znašale 8,29 m/s, 7,39 m/s 6.24 m/s.

Zmanjšanje horizontalne hitrosti na koncu odzivne akcije v fazi HOP znaša 8,4 % oziroma 0,8 m/s.

V slovenski študiji so analizirani troskokašico Marijo Šestak, ki je v tem parametru troskoku, horizontalni hitrosti, izgubila bistveno manj, 5,7 % (0,48 m/s) (Čoh, Štuhec, Vertič, 2010). V odzivni akciji drugega skoka (step) se je horizontalna hitrost zmanjšala za 10,4 % oziroma 0,9 m/s.

V zadnjem skoku (jump) je zmanjšanje horizontalne hitrosti glede na prejšnjo odzivno akcijo 14,8 % oziroma 1,22 m/s. Čoh, Štuhec in Vertič so pri že prej omenjeni troskokašici v študiji iz leta 2010 izmerili za 9,1 % (0,7 m/s) zmanjšano hitrost v odzivni akciji drugega skoka, v zadnjem skoku pa za 17,4 % (1,26 m/s). V povprečju so analizirane troskokašice v posameznih odzivnih akcijah troskoka izgubile več kot je izgubila troskokašica v slovenski študiji (Čoh, Štuhec, Vertič, 2010).

Antonini (2015) je v študiji analiziral več raziskav s področja vrhunškega troskoka. Pri troskokaših so opazili očitno znižanje horizontalne hitrosti med prvo polovico kontaktne faze (amortizacija) in povečevanje le-te v drugi polovici (odriv). Absolutno pa je horizontalna hitrost pri vseh odzivih padala tudi skozi fazo leta. Skozi posamezno fazo troskoka so troskokaši tako izgubili okoli 1 m/s hitrosti, izguba pa je bila največja med drugo (step) in tretjo (jump) fazo. Ugotovili so, da obstaja linearna korelacija med izgubo horizontalne hitrosti in povečanjem vertikalne hitrosti ( $r=0,95$ ).

Osnovna strategija skakalk je ohranjanje čim večje horizontalne hitrosti ob optimalni vertikalni hitrosti. Vertikalna hitrost je v veliki meri povezana s zmanjšanjem hitrosti ob odzivu. Tiste skakalke, ki se v prvi odzivni akciji odrinejo višje, ob odzivu izgubijo več hitrosti.

Cilj skakalk v daljino je doseči čim višjo vertikalno hitrost, ki jo dosežejo z bolj poudarjeno oporno fazo, fazo kontakta (z večjim naklonom), ki vodi k bolj opazni fazi ustavljanja na deski. Troskokašice pa poskušajo odzivno akcijo izvesti čim hitreje in s čim manj izrazitim ustavljanjem in posledično izgubo hitrosti, ki je povezana tako z vertikalno kot tudi horizontalno hitrostjo v prvi fazi, fazi "hopa". Skakalka mora postaviti odzivno nogo pod dovolj ostrim kotom na podlago, saj je le tako izguba horizontalne hitrosti čim manjša. To omogoča optimalno razmerje horizontalnega in vertikalnega vektorja, s čemer je definirana parabola leta CTT. Hkrati pa dovolj oster kot odzivne noge omogoča dovolj velik "prostor" za izvedbo zamaha z zamašno nogo.

V študijah Müller in Brüggemann (1997), Helmar (2009) in Ai et al, (2011) navajajo, da je vertikalna hitrost v prvi fazi 2,09 m/s - 2,49 m/s, 1,24 m/s - 1,76 m/s v drugi in 2,41 m/s - 2,76 m/s v tretji fazi troskoka. Ti rezultati so primerjivi z našimi, saj so naše hitrosti enake 2,29 m/s, 1,61 m/s in 2,29 m/s. Parabola leta v tretjem skoku je odvisna od učinkovitosti izvedbe odziva. Čim krajši je odziv, tem višja je lahko parabola leta. Višina leta CTT skakalca je v tretjem skoku praviloma najvišja. Vzletni kot mora biti večji zaradi kompenzacije manjše horizontalne hitrosti ter učinkoviteje izvedbe doskočnih gibov.

Kot je bilo pričakovati, je bila največja sprememba vertikalne hitrosti v podpornih fazah drugega (step) in tretjega (jump) skoka. Razlog za to je v prvem dotiku s tlemi v posamezni fazi (faza amortizacije). Vertikalna hitrost pa je največja pri prvem (hop) in tretjem skoku (jump).

V študiji (Antonini, 2015) so ugotovili, da vertikalna hitrost konstantno raste med fazo kontakta in dosega med prvo (hop) in tretjo (jump) fazo troskoka podobne vrednosti, medtem ko je med drugo (step) fazo veliko nižja. Povečanje vertikalne hitrosti je opazno le v trenutku tik preden stopalo odrivne noge zapusti tla; sicer pa skozi vse faze troskoka tudi vertikalna hitrost pada.

V nekaterih študijah so ugotovili povezanost višje vertikalne hitrosti z večjim odrivnim kotom, predvsem med prvo (hop) in tretjo (jump) fazo troskoka.

Vendar pa pozitivno korelacijo med povečevanjem dolžine kontaktnih časov s povečanjem vertikalne hitrosti ter negativno korelacijo med povečanjem dolžine kontaktnih časov z naraščanjem horizontalne hitrosti.

Pri troskoku je tako kot pri vseh ostalih skakalnih disciplinah pomembno kje in pod kakšnim kotom se skakalka odrine.

V nekaterih prejšnjih študijah je bilo ugotovljeno, da je dolžina faze poskoka odvisna od elevacijskega kota. Če je kot prevelik, je pritisk sile reakcije podlage tako velik, da je skok težko tehnično pravilno izvesti. V nekaterih drugih študijah pa so ugotovili, da je rezultat troskoka v fazi skoka v najvišji povezanosti z elevacijskim kotom. Horizontalna hitrost je v tej fazi najnižja, zato mora skakalka zaradi doskoka odriniti pod višjim elevacijskim kotom.

Kot, pod katerim se začne faza leta, mora biti čim nižji, ker se v naslednji fazi zaradi upada hitrosti le-ta avtomatično poveča. Elevacijski kot je eden tistih parametrov, ki definira parabolo leta CTT skakalke. V kinematični strukturi troskoka ima skakalka praviloma najnižjo parabolo leta CTT v drugi fazi troskoka (step) in najvišjo pv tretji fazi (jump). Višja parabola leta skakalke pri zadnjem skoku je posledica kompenzacije manjše horizontalne hitrosti skakalke. Hkrati omogoča višja parabola leta skakalki boljše pogoje za doskok.

Razlog za nizko stopnjo korelacije med rezultatom troskoka in analiziranimi parametri troskoka je zanesljivo v tem, da so bile v korelacijsko analizo vključene le vrhunske skakalke troskoka (visoko homogeny vzorec). Razpon rezultatov je bil v relativno majhnem območju; le 11,5% razlike med najboljšim in najslabšim

rezultatom. V nadaljnjih študijah bi veljalo vključiti večje števili kvalitetnih tekmovalk z večjim razponom rezultatov.



Slika 11: Caterine Ibarguen v drugi fazi troskoka (step) (Mulkeen, 2011)

## 9 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti in analizirati nekatere kinematične parametre tehnike pri vrhunskih skakalkah troskoka. Med dejavniki za uspešno izveden troskoka je optimalno razmerje posameznih faz. Značilno za prevladujočo t.i. "rusko tehniko", kot jo je klasificiral J. Hay, sta velika zaletna hitrost in visoka udarna sila v poskoku. Ugotovili smo, da prav visoka zaletna hitrost skakalke v veliki meri vpliva na končni rezultat troskoka.

Trening troskoka zahteva daljše "osnovno" atletske izpopolnjevanje. Za začetnike troskok kot tekmovalna disciplina iz različnih razlogov (zelo obsežna motorična predpriprava, nevarnost poškodb itd.) ni najbolj priporočljiv. Z vidika biomehanike troskoka se gibalni vzorec posameznih odzivnih akcij bistveno razlikuje tako v trajanju kontaktnih časov kot v horizontalni hitrosti, odzivnem kotu in vertikalni amplitudi gibanja BCM. Vendar za učinkovitost odzivnih akcij niso pomembni samo kinematični parametri, še pomembnejši so nevromišični mehanizmi razvoja sile reakcije podlage.

Troskok je ena najkompleksnejših disciplin v atletiki, kjer je v primerjavi z zahtevami vrhunškega dosežka v skoku v daljino zaznati nekoliko nižjo zaletno hitrost na račun širših motoričnih sposobnosti (moč različnih vrst, koordinacija, gibljivost) in izrazitejših morfoloških zahtev, zlasti glede ustrezne telesne višine.

V diplomski nalogi smo analizirali šest različnih parametrov troskoka in ugotovili osnovne statistične značilnosti dinamičnih in kinematičnih spremenljivk. Uporabili smo rezultate že opravljenih meritev, ki so bile izvedene na mitingu Evropske atletske zveze in svetovnih prvenstvih. Potrebno je poudariti, da so bili pogoji na tekmovanjih različni, kar je lahko vplivalo na posamezne parametre in končne rezultate. Vsaka od strukturnih enot troskoka predstavlja specifično motorično nalogo z določenimi značilnostmi in nalogami, ki jih mora skakalka opraviti za uspešno izvedbo troskoka. Visoka horizontalna hitrost je ključnega pomena za dober rezultat v troskoku, saj že manjša izguba le-te predstavlja krajši skok.

Z nalogo bomo prispevali informacije, ki so povezane z vrhunsko tehniko troskoka, kar je pomembno za atletske teorije in prakso. Rezultate diplomske naloge je mogoče uporabiti tudi kot koristen pripomoček pri načrtovanju trenažnega procesa kot primerjavo med troskokašicami.

V prihodnje bi kazalo analizirati troskokašice svetovnega in državnega razreda ter primerjati njihove rezultate. Na podlagi le teh, bi dobili realnejše in bolj oprijemljive

korelacije, ki bi pokazali na katere dejavnike troskoka moramo biti še posebej pozorni v trenažnem procesu. V področju tehnike in treninga troskoka za ženske je relativno malo raziskav, zato mora veljati raziskovanju tega področja še posebna skrb in pozornost.

## 10 VIRI

- Bae, Y.S., Chae, W.S., Lee, J.S., Park, J. J., Park, S. B., Park, Y.J. (2011) Biomechanics research project in the IAAF World Championships Daegu 2011. *Korean Journal of Sport Biomechanics* 21(5), 91-99.
- Čoh, M., Štuhec, S., Vertič, R. (2010). Gibalne strategije tehnike troskoka. *Šport: Revija za teoretična in praktična vprašanja športa*, 58(3/4), 92-97.
- Čoh, M. (1990). *Nekateri biomehantični parametri tehnike troskoka ter njihova stopnja konstantnosti in spremenljivosti pri vrhunskih mladih atletih udeležencih JUPEA*. Ljubljana : Fakulteta za telesno kulturo, Institut za kineziologijo.
- Čoh, M (1992). *Latentne dimenzije odzivne moči*. Kinesiologia Slovenica, 1(1), 15-20.
- Čoh, M. (ur.). (2001). Biomehanika atletike. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Čoh, M. (2002). *Atletika: tehnika in metodika nekaterih atletskih disciplin*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Čoh, M.(2014). Specialna odzivna moč skakalk troskoka. *Atletika*, (4)1, 24-30.
- Hay., G., Miller, J. (1985). Techniques used in the triple jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 185–196.
- Hay, J. (1992) The biomechanics of the triple jump: a review. *Journal of Sport Science*, 10(4), 343–378.
- Ilie, M. (2010). Elements of kinematics specific to the jump of the male triple jump event. *Journal of Physical Education and Sport*, 29(4), 24-29.
- Ilie, M. (2012). Researches regarding the relation between the kinematic parameters measured during the competition and the obtained performance. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and sport*, 12(2), 353-357.

Mendoza, L. in Nixdorf E. (2011). Biomechanical Analysis of the Horizontal Jumping Events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New studies in athletics*, 26(3), 25-60.

Mulkeen, J. (2013). Women's triple jump preview. 6.8.2015, Moskva. IAAF. Pridobljeno 25.8.2015 iz [http://www.iaaf.org/news/preview/womens-triple-jump-preview1?utm\\_source=GCSR&utm\\_medium=googlecse&utm\\_campaign=Search%20term:%20'ibarguen%20daegu%202011',%20Page1&utm\\_content=Slot4](http://www.iaaf.org/news/preview/womens-triple-jump-preview1?utm_source=GCSR&utm_medium=googlecse&utm_campaign=Search%20term:%20'ibarguen%20daegu%202011',%20Page1&utm_content=Slot4)

Panoutsakopoulos, V., Kollias, I. (2008). Essential parameters in female triple jump technique. *New Studies in Athletics*, 4(23), 53–61.

Penca, J. (2002). Najdimo ravnotežje pri vodoravnih skokih. *Vrhunski dosežek*, 7(3), 21-22.

Perttunen, J., Kyröläinen, H., Komi, P. V., Heinonen, A. (2010). Biomechanical loading in the triple jump. *Journal of Sports Sciences*, 18(5), 363-370.

Rajher, G. (2003). Nekateri biomehanske in morfološke značilnosti slovenskih skakalcev troskoka. (Diplomsko delo). Fakulteta za šport, Ljubljana.

Song, J. H., Ryu J. K. (2011). Biomechanical Analysis of the Techniques and Phase Ratios of Domestic Elite Triple Jumpers. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 23 (2), 487-504.

Zadnik, J., Čoh, M., Kugovnik, O. (1992). *Povezanost nekaterih biomehaničnih spremenljivk z rezultatom troskoka pri mladincih*. (Diplomsko delo). Fakulteta za šport, Ljubljana.

Yu, B., Hay, G. (1996). Optimum phase ratio in the triple jump. *Journal of Biomechanics*, 29, 1283–1289.