

# Biomehanički utjecaj obuće s visokom potpeticom

---

Marošević, Ružica

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:534059>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-31**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Ružica Marošević**

Zagreb, 2022. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

Student:

Ružica Marošević

Zagreb, 2022. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentorici prof. dr. sc. Tanji Jurčević Lulić na mnogim stručni savjetima, potpori te ukazanom povjerenju tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem svojim prijateljima i kolegama koji su bili uz mene, a posebno hvala prijateljici Dariji na velikoj potpori i pomoći tijekom studija.

Veliko hvala mojoj obitelji i dečku Mateju koji su mi bili čvrsti oslonac i neizmjerena podrška u svim trenucima studija.

Ružica Marošević



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 22 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 22 -	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ružica Marošević** JMBAG: **0035211219**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Biomehanički utjecaj obuće s visokom potpeticom**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Biomechanical effects of high-heeled footwear**

Opis zadatka:

Provedena istraživanja biomehaničkog učinka obuće s visokom potpeticom kod žena pri stajanju i hodu ukazala su na česte pritužbe na bolove u nogama i kralježnici. Uočeni su glavni biomehanički učinci: kako se visina pete povećavala, kut savijanja trupa se značajno smanjio; aktivnost mišića donjeg dijela leđa te amplitude trajektorije središta mase značajno su se povećali.

Cilj završnog rada je utvrditi kako će obuća s različitim visinom potpetice utjecati na raspodjelu kontaktnog pritiska, putanju središta pritiska, ukupnu amplitudu sile i asimetriju između lijevog i desnog stopala.

U radu je potrebno:

- opisati uređaje za mjerenje kontaktnog pritiska kod stajanja i hoda,
- pomoću *Tekscan* platforme provesti mjerenje kontaktnog pritiska pri stajanju i hodu s različitim visinama potpetice,
- odrediti opterećenje zgloba stopala,
- usporediti rezultate s podacima iz literature.

Potrebno je navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

9. 5. 2022.

Datum predaje rada:

2. rok (izvanredni): 6. 7. 2022.  
3. rok: 22. 9. 2022.

Predviđeni datumi obrane:

2. rok (izvanredni): 8. 7. 2022.  
3. rok: 26. 9. – 30. 9. 2022.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA .....	IV
POPIS OZNAKA .....	V
SAŽETAK .....	VI
1 UVOD .....	1
2 ANATOMIJA STOPALA .....	3
2.1 Kostí stopala .....	3
2.2 Ahilova tetiva .....	4
2.3 Biomehanika gležnja .....	4
2.4 Zglobovi u stopalu .....	5
3 TAKTILNA MJERENJA .....	7
4 UREĐAJI ZA MJERENJE .....	8
4.1 Pretvarač sile .....	8
4.2 RunScribe Gait Lab .....	9
4.3 Oprema za mjerenje .....	9
5 EKSPERIMENTALNI DIO .....	11
5.1 Postupak izračunavanja sile u zglobu stopala .....	11
5.2 Programski paket "FootMat Research" .....	13
5.3 Statička mjerenja .....	16
5.3.1 Statičko mjerenje bez obuće .....	18
5.3.2 Statičko mjerenje u obući 1 .....	19
5.3.3 Statičko mjerenje u obući 2 .....	20
5.3.4 Statičko mjerenje u obući 3 .....	21
5.3.5 Statičko mjerenje u obući 4 .....	22
5.3.6 Statičko mjerenje u obući 5 .....	23
5.4 Asimetrija stopala .....	25
5.5 Težište tijela .....	31
5.6 Dinamička mjerenja .....	35
6. ZAKLJUČAK .....	36
LITERATURA .....	37
PRILOZI .....	39

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Pritisak u stopalu pri nošenju cipela s visokom petom [2] .....	1
Slika 2.	Neprirodan položaj stopala pri nošenju uske obuće [3] .....	2
Slika 3.	Prikaz bolesti stopala pod nazivom čukalj [3] .....	2
Slika 4.	Prikaz ljudskog stopala [5] .....	3
Slika 5.	Kosti stopala [6] .....	4
Slika 6.	Prikaz Ahilove tetive [7].....	4
Slika 7.	Biomehanika gležnja [8].....	5
Slika 8.	Prikaz zglobova u stopalu [9] .....	6
Slika 9.	Vizualni prikaz tlaka, sile i dodira [10] .....	7
Slika 10.	Prikaz senzorske ćelije [11] .....	8
Slika 11.	RunScribe postavljen za uporabu [13] .....	9
Slika 12.	Prikaz prijenosne platforme MobileMat [14] .....	10
Slika 13.	Prikaz platforme s programom „FootMat Research“ [14].....	10
Slika 14.	Biomehanički model gležnja i stopala [15] .....	11
Slika 15.	Prikaz kuta $\alpha$ u cipelama s visokom potpeticom [16] .....	12
Slika 16.	Prikaz grafičkog sučelja programskog paketa „FootMat Research“ .....	14
Slika 17.	Prikaz ulaznih podataka ispitavnice .....	14
Slika 18.	Odabir mjernih jedinica za daljnja mjerenja.....	15
Slika 19.	Prikaz postupka kalibracije .....	15
Slika 20.	Položaj dvaju bijelih markera na platformi .....	16
Slika 21.	Prikaz statičkih mjerenja bez obuće .....	18
Slika 22.	Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj bez obuće.....	18
Slika 23.	Kinematski prikaz za mjerenje bez obuće .....	19
Slika 24.	Prikaz statičkog mjerenja u obući 1 .....	20
Slika 25.	Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj obuće 1 .....	20
Slika 26.	Prikaz statičkog mjerenja u obući 2 .....	20
Slika 27.	Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj obuće 2 .....	21
Slika 28.	Kinematski prikaz za mjerenje obuće 2.....	21
Slika 29.	Prikaz statičkog mjerenja u obući 3 .....	21
Slika 30.	Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj obuće 3 .....	22
Slika 31.	Prikaz statičkog mjerenja u obući 4 .....	22
Slika 32.	Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj obuće 4 .....	23
Slika 33.	Kinematski prikaz za mjerenje obuće 4.....	23
Slika 34.	Prikaz statičkog mjerenja u obući 5 .....	23
Slika 35.	Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj obuće 5 .....	24
Slika 36:	Grafički prikaz odnosa sile u zglobu i visine potpetice.....	25
Slika 37.	Statička mjerenja bez obuće .....	25
Slika 38.	Statička mjerenja u obući 1.....	26
Slika 39.	Statičko mjerenje u obući 2 .....	26
Slika 40.	Statičko mjerenje u obući 3 .....	26
Slika 41.	Statičko mjerenje u obući 4 .....	27
Slika 42.	Statičko mjerenje u obući 5 .....	27
Slika 43:	Grafički prikaz mjerenja bez obuće .....	28
Slika 44:	Grafički prikaz mjerenja obuće 1 .....	29
Slika 45:	Grafički prikaz mjerenja obuće 2 .....	29
Slika 46:	Grafički prikaz mjerenja obuće 3 .....	30
Slika 47:	Grafički prikaz mjerenja obuće 4 .....	30
Slika 48:	Grafički prikaz mjerenja obuće 5 .....	31

---

Slika 49.	Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 0. obući .....	31
Slika 50.	Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 1. obući .....	32
Slika 51.	Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 2. obući .....	32
Slika 52.	Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 3. obući .....	32
Slika 53.	Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 4. obući .....	33
Slika 54.	Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 5. obući .....	33
Slika 55.	Prikaz putanje središta pritiska za sve vrste obuće .....	35



---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Specifikacije uređaja MobileMat [14].....	10
Tablica 2. Prikaz obuće korištene u mjerenjima .....	17
Tablica 3. Prikaz rezultata mjerenja .....	24
Tablica 4. Prikaz raspodjele maksimalnog pritiska na oba stopala .....	27
Tablica 5. Prikaz koordinata težišta.....	34

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Opis oznake</b>
$F_{at}$	N	sila Ahilove tetive
$F_{gr}$	N	sila reakcije podloge
$F_j$	N	sila u zglobu stopala
$b$	cm	najkraća udaljenost sile $F_{gr}$ od sile $F_j$
$a$	cm	najkraća udaljenost sile $F_{at}$ od sile $F_j$
$\alpha$	°	kut između vektora sile $F_{at}$ i smjera y koordinatne osi
$\gamma$	°	kut između vektora sile $F_j$ i smjera y koordinatne osi

---

**SAŽETAK**

U današnje vrijeme žene diljem svijeta nose cipele s visokom petom kako bi naglasile noge, „dobile na visini“ te povećale samopouzdanje. Iako takav tip obuće laska ženskoj figuri, s druge strane narušava zdravlje nositeljice. Zbog neprirodnog položaja tijela pri nošenju visokih peta, dolazi do bolova u leđima, pretežito u lumbalnom dijelu kralježnice. S povećanjem visine potpetice zahtjevnije je održati ravnotežu radi toga često dolazi do ozljeda u zglobovima. U ovom završnom radu je, pomoću izvršenih mjerenja na platformi tvtk Tekscan, određeno opterećenje zgloba stopala. Prikazano je kako visina potpetice utječe na silu u zglobu stopala i težište tijela ispitanice. Naposljetku je definirana putanja središnjeg pritiska pri hodu u različitoj vrsti obuće.

Ključne riječi: *biomehanika, cipele na visoku petu, sila u zglobu*

**SUMMARY**

Nowadays, women all over the world wear high-heeled shoes to emphasize their legs, "gain height" and increase self-confidence. Although this type of footwear flatters the female figure, on the other hand it harms the wearer's health. Due to the unnatural position of the body when wearing high heels, pain occurs in the back, mainly in the lumbar part of the spine. As the height of the heel increases, it is more difficult to maintain balance, which is why joint injuries often occur. In this final paper, the load on the foot joint was determined using the measurements made on the Tekscan platform. It is shown how the height of the heel affects the force in the foot joint and the center of gravity of the subject's body. Finally, the trajectory of the central pressure during walking in different types of footwear was defined.

Key words: *biomechanics, high heel shoes, joint force*

## 1 UVOD

Cilj ovog završnog rada je odrediti kako će povećanje visine potpetice cipela utjecati na silu u zglobu stopala. Kako bi se mogla odrediti sila u zglobu stopala, najprije se mora definirati kakva je to obuća s visokom potpeticom. Poznatije kao štikle, cipele se dijele se na one s niskom, srednjom te visokom potpeticom. Niska potpetica ima visinu manju od 2,5 cm, srednja između 2,5 i 7 cm te visoka veću od 7cm. Dizajnirane su tako da podižu petu stopala korisnika znatno više od donjeg dijela prstiju korisnika. Pojava ovakvog tipa obuće datira još iz drevnog Egipta. Tada, ali i kasnije kroz povijest obuće s visokom petom nosili su muškarci. Takva obuća bila je simbol imućnosti i često je se moglo uočiti na portretima kraljeva, sultana i careva. Krajem 17. stoljeća i žene su počele nositi cipele s visokom petom. Njihove su se razlikovale od muških upravo po debljini potpetice. Muškarci bi nosili cipele s debljom petom, dok žene s tanjom. U današnje vrijeme najčeće ih kupuju žene svih uzrasta. Nose ih upravo kako bi naglasile duljinu noge, tonus mišića te jednostavno da „dobiju na visini“. Iako izgledaju elegantno na nozi pojedinca, cipele s visokom petom imaju negativne učinke na zdravlje nositelja. Nošenje visokih potpetica povezano je s mišićno-koštanim bolovima, posebno s bolovima u paraspinalnim mišićima, bolovima u petama i plantarnim žuljevima. Istraživanje iz 2001. godine, koje je provelo Sveučilište Pennsylvania State, pokazuje da kako se visina pete povećava, tijelo je prisiljeno zauzimati sve neprirodniji položaj kako bi zadržalo svoje težište. Ova promijenjena pozicija stvara veći pritisak i napetost na donji lumbalni dio kralježnice, što može objasniti jake bolove u leđima pri većoj duljini pete. Nadalje, 1992. godine istraživači sa Sveučilišta Kalifornija, Davis i Sveučilišta Thomas Jefferson otkrili su da najveće visine potpetica uzrokuju stalni pritisak koji se ne može ravnomjerno rasporediti po stopalu [1].



Slika 1. Pritisak u stopalu pri nošenju cipela s visokom petom [2]

Podaci su pokazali da je nošenje potpetica značajno skratilo veličinu snopova mišića u potkoljenici, kao i povećalo ukočenost Ahilove tetive. Dugotrajna uporaba visokih potpetica može povećati rizik od ozljeda te uzrokovati naprezanje, nelagodu i umor mišića. Zbog pretežito uskih modela cipela, nožni prsti su stalno skupljeni i prisiljeni biti u neprirodnom položaju, kao što je prikazano na slici 2. Dugotrajno nošenje takve vrste obuće može naštetiti kvaliteti hoda. Nadalje, povećani pritisak na unutarnjoj strani nožnog palca može rezultirati deformacijom medijalnih kapsularnih struktura zgloba. Tada se povećava rizik od razvoja čukljeva, poznatijeg imenom *hallux valgus*. Čukalj je deformacija zgloba koji povezuje nožni palac sa stopalom (slika 3). Nožni palac često se savija prema drugim nožnim prstima te zglob postaje crven i bolan. Liječenje uključuje nošenje prikladne cipele ili ortoze. Arheolozi su otkrili visoku učestalost čukljeva na kosturima u Engleskoj iz 14. i 15. stoljeća, što se poklapa s modom šiljatih cipela. Također, u današnje vrijeme, većina obuće s visokom petom ima uzak i šiljast prednji dio gdje se nalaze nožni prsti [3].



**Slika 2.** Neprirodan položaj stopala pri nošenju uske obuće [3]



**Slika 3.** Prikaz bolesti stopala pod nazivom čukalj [3]

## 2 ANATOMIJA STOPALA

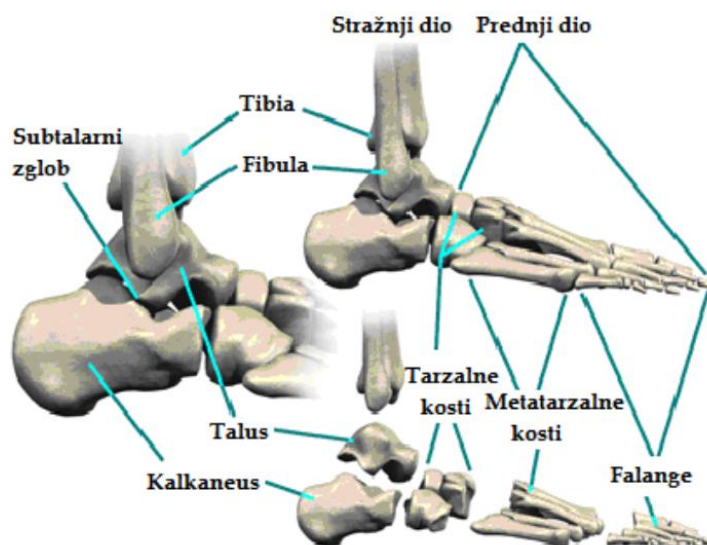
Stopalo ima 28 kostiju, 30 zglobova i više od 100 mišića, ligamenata i tetiva, kao što je vidljivo na slici 4. Ove strukture rade zajedno kako bi izvršile dvije glavne funkcije, a to su nošenje težine i pogon. Osim toga, stopalo mora biti fleksibilno kako bi se prilagodilo neravnim površinama i ostalo stabilno [4].



Slika 4. Prikaz ljudskog stopala [5]

### 2.1 Kostii stopala

Stopalo se sastoji od 3 dijela, prednjeg, središnjeg i stražnjeg. U svakom od ovih dijelova nalaze se kosti, zglobovi, mišići, tetive i ligamenti. Kosti prednjeg stopala su nožni prsti i metatarzalne kosti, koje imaju važnu ulogu u kretanju stopala prema naprijed. Također, osiguravaju stabilnost prednjeg dijela stopala. Srednjem dijelu stopala pripada luk, koji ima ključnu ulogu u podnošenju težine i stabilnosti stopala. Naposljetku, stražnje stopalo sastoji se od petne kosti (kalkaneusa) i talusa. Glavna funkcija kalkaneusa je prenijeti većinu tjelesne težine s nogu na tlo, dok talus pomaže u prijenosu težine i pritiska preko skočnog zgloba. Zglobovi su mjesto gdje se spajaju dvije kosti [4]. Detaljniji izgled kosti stopala prikazan je na slici 5.



Slika 5. Kostii stopala [6]

## 2.2 Ahilova tetiva

Nadalje, tetive su vlaknasta vezivna tkiva koja pričvršćuju mišiće za kosti. Ahilova tetiva, prikazana na slici 6, najistaknutija je tetiva stopala koja se proteže od mišića potkoljenice do pete. To je najjača i najveća tetiva u tijelu koja omogućuje trčanje, skakanje, penjanje uz stepenice, stajanje na nožnim prstima te druge brojne aktivnosti čovjeka. U ovom završnom radu računat će se sila u Ahilovoj tetivi te će se pomoću nje doći do tražene sile u zglobu [4].



Slika 6. Prikaz Ahilove tetive [7]

## 2.3 Biomehanika gležnja

Ključni pokreti kompleksa skočnog zgloba su plantarna i dorzalna fleksija, inverzija-everzija te vanjska i unutarnja aksijalna rotacija. Kombinacije ovih kretnji u zglobu stvaraju trodimenzionalne kretnje [8]. Na slici 7 prikazani su pokreti gležnja.

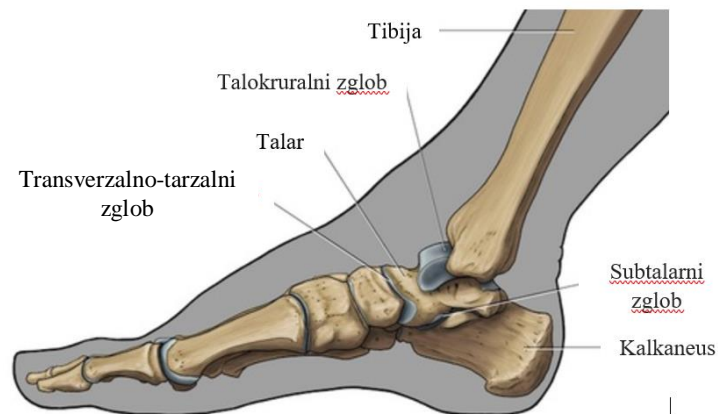




Slika 7. Biomehanika gležnja [8]

## 2.4 Zglobovi u stopalu

Zglobni kompleks gležnja, prikazan na slici 8, sastoji se od subtalarnog, talokruralnog i transverzalno-tarznog zgloba. Kod subtalarnog zgloba jedino što valja napomenuti jest da njegova geometrija dopušta inverziju i everziju gležnja. Slijedi, talokruralni zglob koji funkcionira kao zglob s jednom osi rotacije i primarno pridonosi plantarnoj i dorzalnoj fleksiji stopala. Sam talokruralni zglob stabilniji je u dorzalnoj fleksiji te se smatra da njegova geometrija doprinosi stabilnosti zgloba. U fazi naprezanja, sama geometrija spoja je dovoljna da pruži otpor everziji, a stabilnost zapravo proizlazi iz struktura mekog tkiva. Dodatnu potporu zglobovima daju skupine ligamenata. Prednji i stražnji ligamenti podnose visoke vlačne sile pod plantarnom odnosno dorzalnom fleksijom. Ovi ligamenti osiguravaju stabilnost talokruralnog zgloba i često se oštećuju tijekom inverzijskih ozljeda kao što je uganuće gležnja. Zglobni kompleks gležnja nosi silu od približno peterostruke tjelesne težine tijekom stava pri normalnom hodu i do trinaest puta tjelesne težine tijekom aktivnosti kao što je trčanje [8].



**Slika 8. Prikaz zglobova u stopalu [9]**

Eksperimentalne studije su pokazale da se otprilike 83% opterećenja prenosi kroz talokruralni zglob, a preostalih 17% kroz fibulu. Količina opterećenja prenesena kroz fibulu varira, s povećanim opterećenjem koje se javlja tijekom dorzalne fleksije [8]. Može se zaključiti kako se upravo preko talokruralnog zgloba prenosi većina opterećenja u stopalu. U ovom završnom radu pokazat će se kako različita visina štikli utječe na sile u talokruralnom zglobu.

### 3 TAKTILNA MJERENJA

Osjet dodira definira se kao mapiranje kontaktnih pritisaka preko površine. Najčešće putem složenih površina poput ruke, glave i drugih dijelova ljudskog tijela koji prenose dodir putem živaca. Zatim impuls koji je poslan preko cijelog tijela, živac obradi kao informaciju. Češće korišteni pojmovi tlak i sila povezani su s taktilnim izrazima, ali ne mogu obuhvatiti potpunu složenost kontaktne mehanike. Tlak je skalarna vrijednost koja bilježi samo veličinu, a sila je vektor koji izražava veličinu i smjer. Taktilno mjerenje prikazuje veličine i distribuciju kontaktnih pritisaka između dva predmeta preko područja pomoću matičnog prikaza. Na slici broj 9 vidljiv je vizualni prikaz tlaka, sile i dodira [10].



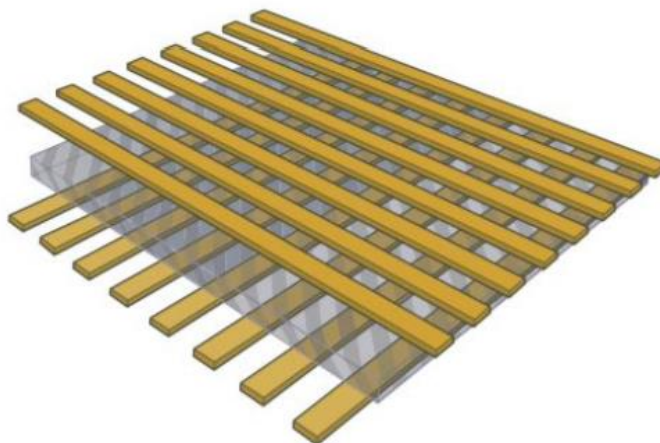
Slika 9. Vizualni prikaz tlaka, sile i dodira [10]

Taktilno mjerenje je tehnologija mapiranja i mjerenja mehanike kontakta između dva objekta. Osjet dodira usko je povezan s pritiskom i silom. Dvije su glavne vrste senzora, bazirani na kapacitetu ili na otporu. Senzori s otporom mjere promjenu u otporu poluvodljivih materijala, dok kapacitivni senzori rade na principu mjerenja promjena u razmaku između dviju elektroda. Da bi funkcionirale, poluvodljive tinte na otpornom senzoru moraju prijeći iz stanja bez kontakta u stanje kontakta, tako da je učinak senzora loš pri niskim tlakovima. Kako se elektrode dodiruju i trljaju jedna o drugu, svojstva površine se mijenjaju na mikroskopskoj razini. To također mijenja ponašanje senzora i stoga zahtijeva čestu ponovnu kalibraciju ili softversku kompenzaciju [10].

## 4 UREĐAJI ZA MJERENJE

### 4.1 Pretvarač sile

Kada se žele izmjeriti sile ili opterećenja, moraju se koristiti za to predviđeni uređaji. Jedan od takvih je pretvarač/transduktor za sile. Kada se primjeni nekakva vanjska sila, dođe do signala unutar transduktora. Postoji nekoliko vrsta, a neki od pretvarača su: kapacitativni, piezoelektrični, piezootporni, tenzometri i ostali. Primjerice, kod tenzometra se u metalnoj pločici stvori električni naboj te on posljedično stvara promjenu u otpornicima te dolazi do promjene napona koja je proporcionalna vanjskoj sili. Za praćenje pritiska na površini koriste se senzorske ćelije [11]. Primjer takve ćelije je vidljiv na slici 10.



**Slika 10. Prikaz senzorske ćelije [11]**

Senzorska ćelija sa slike sastavljena je od horizontalno i vertikalno posloženih elektroda između kojih se nalazi vodljivi polimerni materijal. Aktivacijom horizontalnih elektroda te praćenjem očitanoog otpora na vertikalnim, dolazi do očitavanja. Polimerni materijal u sredini je često kompozitne građe te se sastoji od vodljivih čestica [12].

## 4.2 RunScribe Gait Lab

*RunScribe Gait Lab* sveobuhvatna je platforma za analizu hoda i trčanje koju koriste mnogi profesionalci (treneri, podijatri, fizikalni terapeuti, laboratoriji za hodaње itd.). Snimanjem podataka na oba stopala pri svakom koraku, *RunScribe* pruža detaljan prikaz mehanike hoda u kontroliranim ili vanjskim uvjetima. Zbog svoje jednostavnosti za korištenje te detaljne analize u stvarnom vremenu *RunScribe* je izrazito dobar uređaj za analizu hoda i trčanja [13]. Slika 11. prikazuje *RunScribe* uređaj postavljen na dvije trkaće tenisice.



Slika 11. RunScribe postavljen za uporabu [13]

## 4.3 Oprema za mjerenje

Tekscan platforma omogućuje mjerenja, procjenu statičkog i dinamičkog pritiska stopala, posture te analizu hoda. Budući da se radi o prijenosnom modelu platforme, masa joj iznosi svega 3,5kg. Na slici 12. prikazan je standardni model MobileMat koji je korišten za eksperimentalni dio mjerenja ovog završnog rada [14].



**Slika 12. Prikaz prijenosne platforme MobileMat [14]**

Nadalje, na slici 13. vidi se spajanje platforme na računalo putem USB 2.0 kabla. Također se može vidjeti program „FootMat Research“ pomoću kojega će se očitavati dobivene vrijednosti sile i pritiska.



**Slika 13. Prikaz platforme s programom „FootMat Research“ [14]**

Slijedi tablica u kojoj su prikazane specifikacije platforme.

**Tablica 1. Specifikacije uređaja MobileMat [14]**

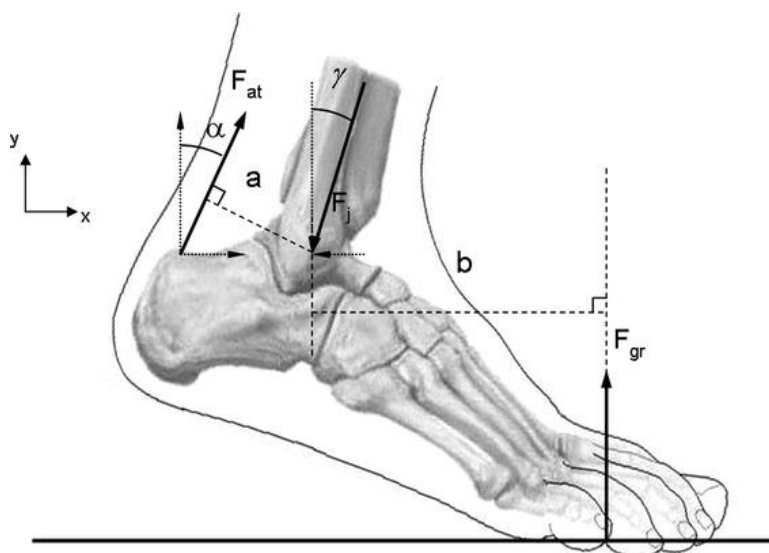
Rezolucija senzora	1 senzor/cm <sup>2</sup>
Dimenzije platforme	63,6 x 55,9 x 4,2 cm
Aktivna dodirna površina	48,7 x 44,7 cm
Radna temperatura	0-35 °C
Gornje granične vrijednosti pritiska na površinu	345-862 kPa
Masa	3,5 kg

## 5 EKSPERIMENTALNI DIO

Mjerenja ovog završnog rada odrađena su na Katedri za biomehaniku i ergonomiju Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Ispitivanja su se izvodila na prijenosnoj pedobarografskoj platformi koju proizvodi Tekscan<sup>TM</sup>.

### 5.1 Postupak izračunavanja sile u zglobu stopala

Kako bi se odredila tražena sila u zglobu, najprije treba odabrati model po kojem će se računati sile. Ovakav jednostavan biomehanički model gležnja i stopala daje realne, ali generalizirane procjene veličine sile koje djeluju na skočni zglob. U ovom slučaju uključene su samo neke od svih nosivih konstrukcija. Primjer modela, prikazanog na slici 14., predstavlja položaj stopala u obući s visokom petom u početnom trenutku hodanja. Budući da se računaju sile za slučaj mirovanja, treba prilagoditi prikaz. Naime, za statički slučaj, noga ispitanice stoji uspravno, što rezultira time da je kut  $\gamma$  približno jednak nuli. Stoga će se kut  $\gamma$  za ovaj proračun zanemariti. Nadalje, usporedbom slike 14. i 15. može se zaključiti da se povećanjem visine potpetice obuće, povećava i kut  $\alpha$  [15]. Korišten je pojednostavljen, međutim dovoljno precizan biomehanički model za potrebe ovog završnog rada. U nastavku slijedi prikaz jednadžbi potrebnih za računanje.



Slika 14. Biomehanički model gležnja i stopala [15]



**Slika 15. Prikaz kuta  $\alpha$  u cipelama s visokom potpeticom [16]**

Uz pretpostavku statičke ravnoteže, sila Ahilove tetive  $F_{at}$  dobije se postavljanjem momentne jednadžbe oko zglobu. Sila  $F_{gr}$  jest zapravo sila kojom stopalo djeluje na platformu i njezin će se iznos očitati u programu „FootMat Research“. Udaljenost  $a$  predstavlja krak sile  $F_{at}$ , dok  $b$  predstavlja krak sile  $F_{gr}$  [15]. Masa stopala ispitanice nije uzeta u obzir. Upravo iz razloga što je sila težine stopala zanemariva u odnosu na ostale sile. Slijedi izraz za silu  $F_{at}$  za slučaj u kojem ispitanica ne nosi obuću te slučaj kada nosi obuću 1 (balerinke).

$$F_{at} = F_{gr} \cdot \frac{b}{a} \quad (1)$$

Gdje je:

$F_{at}$  sila Ahilove tetive

$F_{gr}$  sila reakcije podloge

$b$  najkraća udaljenost sile  $F_{gr}$  od sile  $F_j$

$a$  najkraća udaljenost sile  $F_{at}$  od sile  $F_j$

Nakon što su izračunate sve potrebne sile, slijedi jednadžba za ravnotežu sila za  $y$  os za slučaj kada je ispitanica bosa i u balerinkama.

$$F_j = F_{at} + F_{gr} \quad (2)$$

$$F_j = F_{gr} \left(1 + \frac{b}{a}\right) \quad (3)$$



Gdje je :

$F_j$  sila u zglobu

Kut  $\alpha$  je relativno malenog iznosa jer je položaj stopala paralelan s podlogom. Radi toga se kut  $\alpha$  zanemaruje u računu sila za mjerenje bosom nogom i za mjerenje u ravnoj obući. Nadalje, zbog uspravnog stajanja ispitanice, nagibi tibije i fibule malog su iznosa, što znači da je kut  $\gamma$  relativno malen. Radi toga, iznos kuta  $\gamma$  zanemaruje se u svim mjerenjima. Za mjerenja u obući s visokom petom, jednadžba za silu u zglobu se razlikuje u odnosu na jednadžbu broj 2 zbog postojanja kuta  $\alpha$  [15]. Slijedi prikaz jednadžbe za silu u zglobu.

$$F_j = F_{at} \cdot \cos\alpha + F_{gr} \quad (4)$$

$$F_j = F_{gr} \left(1 + \frac{b}{a} \cdot \cos\alpha\right) \quad (5)$$

Gdje je:

$F_{at}$  sila Ahilove tetive

$F_{gr}$  sila reakcije podloge

$F_j$  sila u zglobu

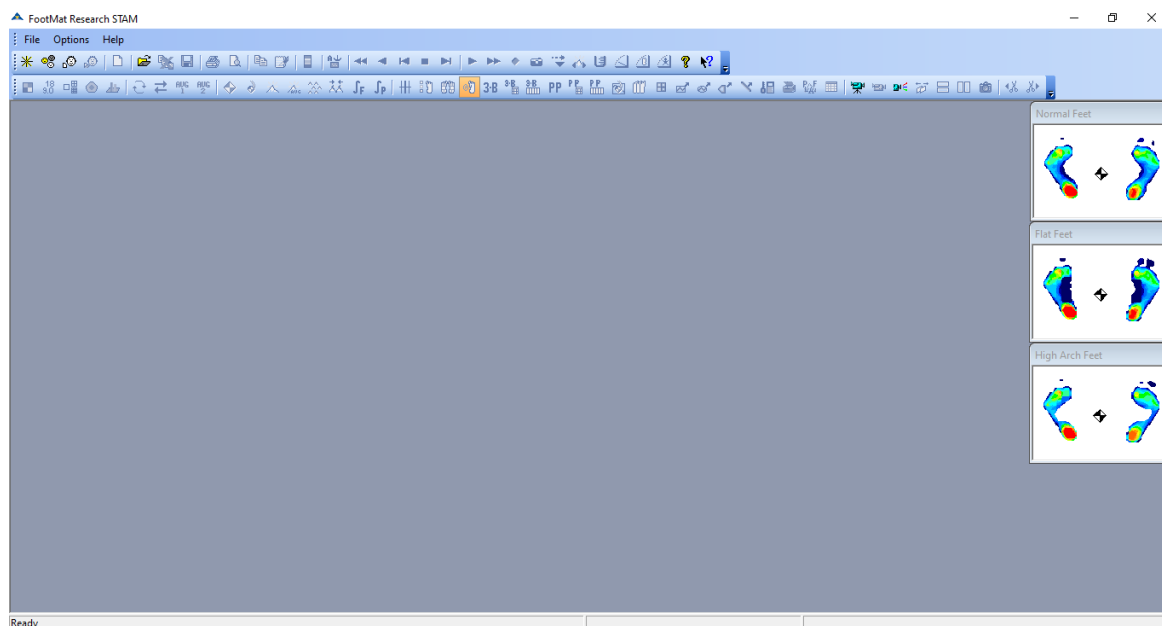
$b$  najkraća udaljenost sile  $F_{gr}$  od sile  $F_j$

$a$  najkraća udaljenost sile  $F_{at}$  od sile  $F_j$

$\alpha$  kut vektora sila sa smjer zadane y-osi

## 5.2 Programski paket “FootMat Research”

Mjerenja su se provodila pomoću programskog paketa “FootMat Research”. Programom se može izmjeriti područje najvećeg pritiska za analizu funkcije stopala i hoda. Također se može prikazati najveća sila koja opterećuje označeno područje. Upravo se pomoću zadnje navedene opcije očitavala sila potrebna za daljnji proračun. Nadalje, može se identificirati asimetrija raspodjele plantarnog pritiska između lijevog i desnog stopala. Statička mjerenja trajala su 10 sekundi te su rezultirala s 25 *frame* – ova, odnosno isječaka. Grafičko sučelje progama prikazano je na slici 16.



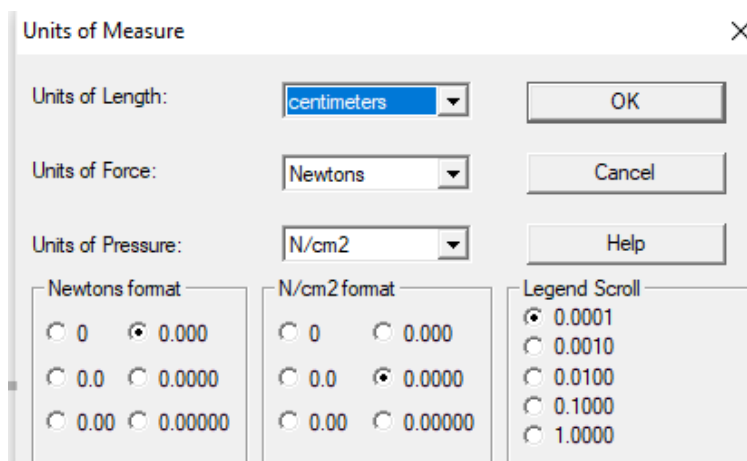
**Slika 16. Prikaz grafičkog sučelja programskog paketa „FootMat Research“**

Prije početka mjerenja upisani su podaci ispitanice (Slika 17) i pravilno odabrane mjerne jedinice u sustavu radi lakšeg računa kasnije. Sile su izražene u Newtnima, površina u  $\text{cm}^2$ , a dodirni pritisak u  $\text{N/cm}^2$  kako je vidljivo na slici 18.

Patient Record - New Patient

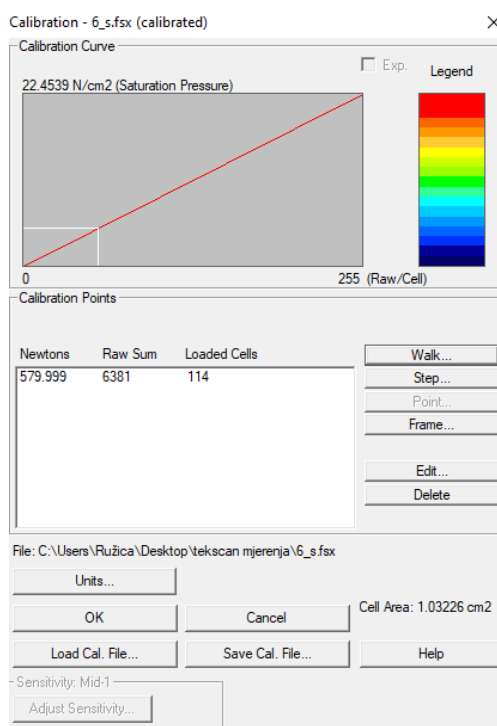
Patient Info		
FIRST NAME:	Middle Name:	LAST NAME:
RUZICA		MAROSEVIC
Patient ID:	Date of Birth (M/d/yyyy):	Gender:
001	03 27 1998	<input checked="" type="radio"/> Female <input type="radio"/> Male
Body Weight (N):	OK	
580		
Cancel		Help

**Slika 17. Prikaz ulaznih podataka ispitanice**



Slika 18. Odabir mjernih jedinica za daljnja mjerenja

Prije mjerenja, napravljena je kalibracija. To znači da su se prilagodili podatci, koji će se mjeriti, težini ispitaniice.



Slika 19. Prikaz postupka kalibracije

### 5.3 Statička mjerenja

Jedan od ciljeva mjerenja bio je odrediti koji tip obuće najviše opterećuje zglob. Kako bi se to utvrdilo, bilo je potrebno različitim vrstama obuće stati na platformu *MobileMat* te pomoću programskog paketa *FootMe Research* očitati pritisak za zadanu obuću. Provedena su statička i dinamička mjerenja na ženskoj osobi težine 580N i visine 180cm. Najprije je ispitanica bez obuće stala na platformu, zatim u pet različitih vrsta obuće. Među obuću spadaju balerinke te štikle različitih visina i debljina pete. Obuća koja se koristila navedena je u tablici 2. Prije samog početka mjerenja, na *Tekscan* platformu postavila su se dva bijela markera. Oni su bili referenca pri stajanju na platformi, time su se omogućavali jednaki početni uvjeti za sva mjerenja. Također, tim postupkom se osiguravalo preciznije mjerenje.



Slika 20. Položaj dvaju bijelih markera na platformi

Tablica 2. Prikaz obuće korištene u mjerjenjima

<p>OBUĆA 1</p> <p>Visina obuće 1: 0,5 cm</p>	 A black, flat, slip-on shoe with a small bow detail at the back, shown from a side profile on a white surface.
<p>OBUĆA 2</p> <p>Visina obuće 2: 5 cm</p>	 A bright red, high-heeled shoe with a pointed toe and a thin stiletto heel, shown from a side profile on a white surface.
<p>OBUĆA 3</p> <p>Visina obuće 3: 6,5 cm</p>	 A beige, high-heeled shoe with a pointed toe and a thin stiletto heel, shown from a side profile on a white surface.
<p>OBUĆA 4</p> <p>Visina obuće 4: 9 cm</p>	 A silver, high-heeled shoe with a pointed toe and a thin stiletto heel, shown from a side profile on a white surface.
<p>OBUĆA 5</p> <p>Visina obuće 5: 10 cm</p>	 A bright red, high-heeled shoe with a pointed toe and a thin stiletto heel, shown from a side profile on a white surface.

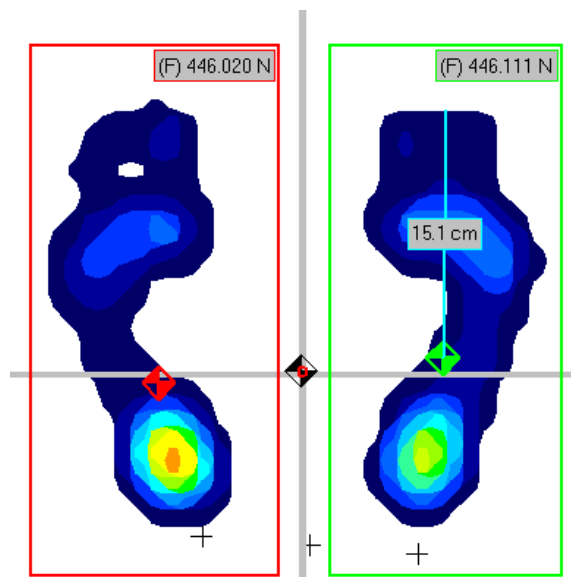
### 5.3.1 Statičko mjerenje bez obuće

Najprije je ispitanica stala stopalima na udaljenost izmjerenu pomoću dvaju bijelih markera. Zatim je mirno stajala na mjestu 10 sekundi dok mjerenje nije završilo. Prikaz mjerenja vidljiv je na slici 21.



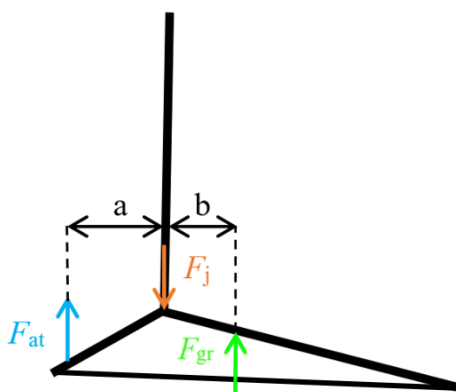
Slika 21. Prikaz statičkih mjerenja bez obuće

Nakon završetka mjerenja dobiven je sljedeći prikaz u programu, kao na slici 22. Težište tijela označeno je kvadratom crno bijele boje. Sive linije koje prolaze kroz težište označavaju koordinatni sustav koji dijeli stopala na četiri područja. Nakon što se odabere opcija prikaza sila u programu, mogu se očitati sile za pojedino stopalo kako je prikazano na slici 22.



Slika 22. Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj bez obuće

Proračun će se, radi lakše usporedbe, raditi samo na desnom stopalu. Iz zelenog kvadrata iščitava se sila  $F_{gr}$ , koja iznosi 446,1 N. Na slici 23. vidljiv je ravninski model stopala s nepoznanicama. Veličina  $a$  izmjerena je na ispitanici te iznosi 5,5 cm. Duljina  $b$  dobije se tako što se od ukupne duljine stopala, koji iznosi 25 cm u ovom položaju, oduzme veličina  $a$ . Zatim se još oduzme udaljenost vrha prstiju od hvatišta sile reakcije podloge na desno stopalo koja iznosi 15,1 cm i prikazana je na slici 22. Sada  $b$  iznosi 4,4 cm. Uvrštavanjem iznosa  $F_{gr}$  u jednadžbu (3), dobije se iznos od 803,0 N za traženu silu u gležnju  $F_j$ .



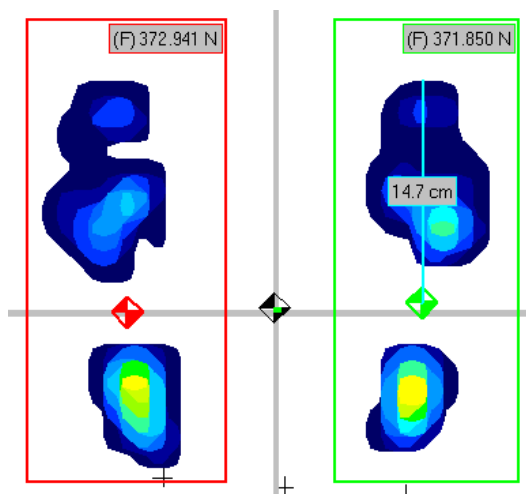
Slika 23. Kinematski prikaz za mjerenje bez obuće

### 5.3.2 Statičko mjerenje u obući 1

Na slici 24. prikazano je mjerenje u obući 1. Budući da se ovdje radi o ravnoj obući, postupak za izračun sile u gležnju, identičan je kao u prethodnom primjeru. Razlika je jedino u očitavanju sile  $F_{gr}$ . U ovom slučaju njezin je iznos 371,9 , kako je prikazano na slici 25. Veličina  $b$  iznosi 4,8 cm. Nakon uvrštavanja potrebnih vrijednosti, dobije se iznos od 696,4 N za traženu silu  $F_j$ . Na slici 26. prikazano je mjerenje u obući 2. Treba obratiti pozornost na debljinu potpetice i vidjeti kako će ona utjecati na mjerenja. Naime, s obzirom da ovdje postoji određena visina potpetice, znači da se u proračun sile mora uzeti u obzir kut  $\alpha$ . Na slici 28. nalazi se model stopala za mjerenje u obući 2.



Slika 24. Prikaz statičkog mjerenja u obući 1



Slika 25. Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj obuće 1

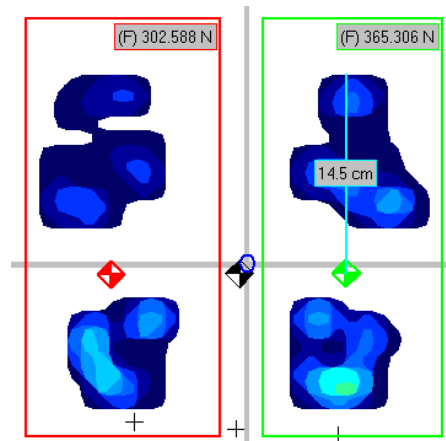
### 5.3.3 Statičko mjerenje u obući 2

Na slici 26. prikazano je mjerenje u obući 2. Treba obratiti pozornost na debljinu potpetice i vidjeti kako će ona utjecati na mjerenja. Naime, s obzirom da ovdje postoji određena visina potpetice, znači da se u proračun sile mora uzeti u obzir kut  $\alpha$ . Na slici 28. nalazi se model stopala za mjerenje u obući 2.

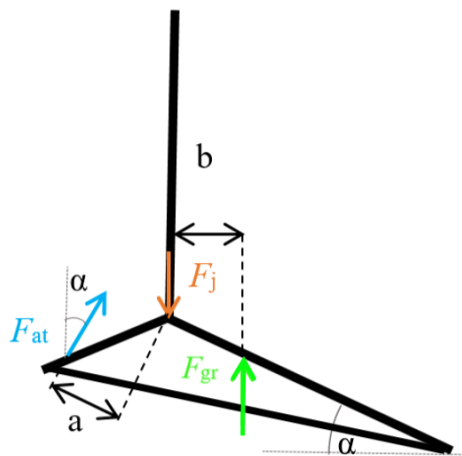


Slika 26. Prikaz statičkog mjerenja u obući 2





Slika 27. Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj obuće 2



Slika 28. Kinematski prikaz za mjerenje obuće 2

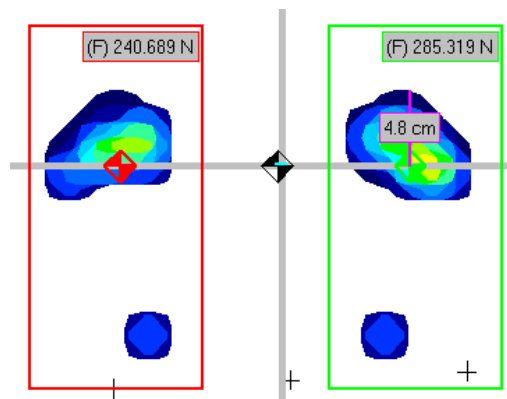
Sila  $F_{gr}$  očita se sa slike 27. te je u ovom slučaju njezin iznos 365,3 N. Veličina  $b$  iznosi 4,7 cm, dok duljina  $a$  ostaje 5,5 cm. Kut  $\alpha$  iznosi  $25^\circ$ . Nakon uvrštavanja potrebnih vrijednosti u jednadžbu (5) dobije se iznos od 525,3 N za traženu silu  $F_j$ .

### 5.3.4 Statičko mjerenje u obući 3

Na slici 29. prikazano je mjerenje u obući 3. U ovom mjerenju radi se o tankoj potpetici.



Slika 29. Prikaz statičkog mjerenja u obući 3



Slika 30. Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj obuće 3

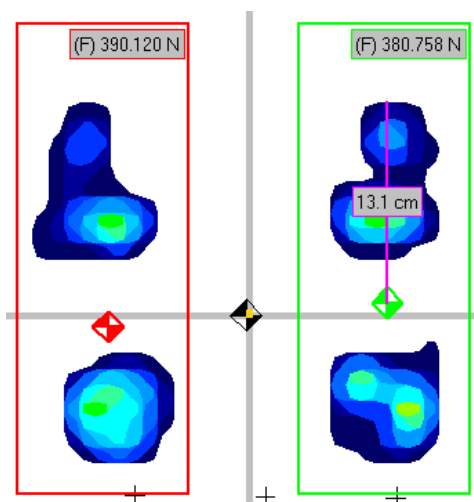
Sila  $F_{gr}$  očita se sa slike 30. te je u ovom slučaju njezin iznos 285,3 N. Veličina  $b$  iznosi 13,6 cm, dok duljina  $a$  ostaje 5,5cm. Kut  $\alpha$  iznosi  $35^\circ$ . Nakon uvrštavanja potrebnih vrijednosti u jednadžbu (5) dobije se iznos od 862,8 N za traženu silu  $F_j$ .

### 5.3.5 Statičko mjerenje u obući 4

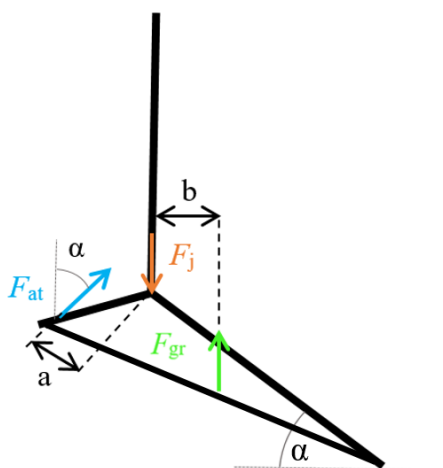
Na slici 31. prikazano je mjerenje u obući 4. U ovom mjerenju radi se od debljoj potpetici. Budući da je u ovom slučaju kut  $\alpha$  veći nego u prethodnim slučajevima, bilo je potrebno napraviti novi model stopala koji je prikazan na slici 33.



Slika 31. Prikaz statičkog mjerenja u obući 4



Slika 32. Prikaz sila na pojedinom stopalu za slučaj obuće 4



Slika 33. Kinematski prikaz za mjerenje obuće 4

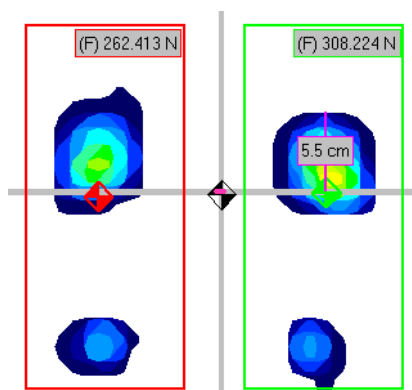
Sila  $F_{gr}$  očita se sa slike 32. te je u ovom slučaju njezin iznos 380,8 N. Veličina  $b$  iznosi 4,6 cm, dok duljina  $a$  ostaje 5,5 cm. Kut  $\alpha$  iznosi  $40^\circ$ . Nakon uvrštavanja potrebnih vrijednosti u jednadžbu (5) dobije se iznos od 761,5 N za traženu silu  $F_j$ .

### 5.3.6 Statičko mjerenje u obući 5

Na slici 29. prikazano je mjerenje u obući 4. Ovo mjerenje se vrši u štiklama najtanje i najviše potpetice.



Slika 34. Prikaz statičkog mjerenja u obući 5



**Slika 35. Prikaz sile na pojedinom stopalu za slučaj obuće 5**

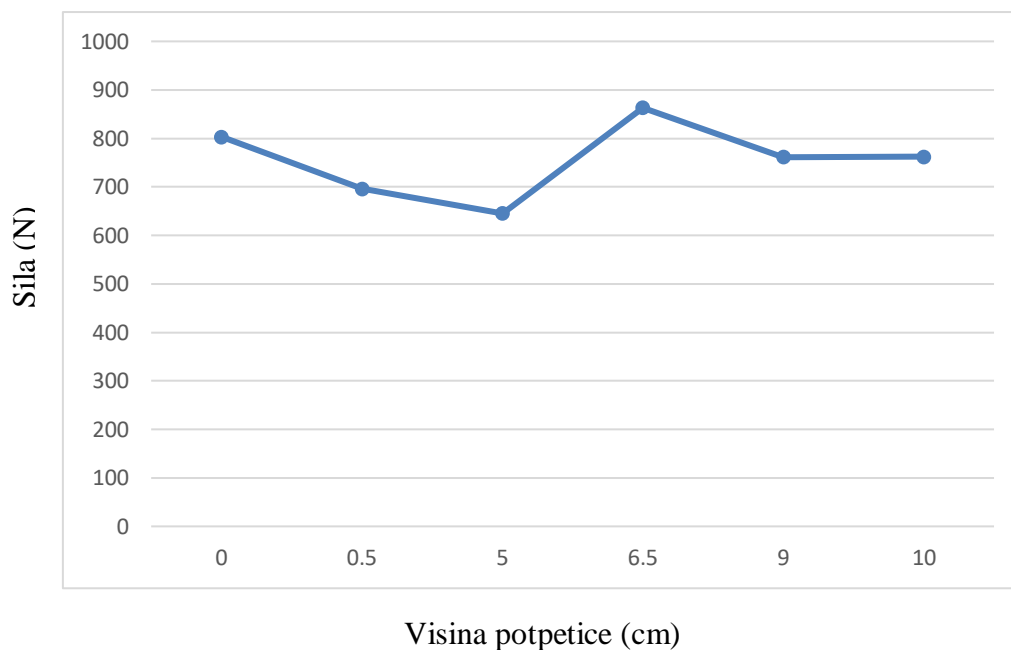
Sila  $F_{gr}$  očita se sa slike 35. te je u ovom slučaju njezin iznos 308,2 N. Veličina  $b$  iznosi 11,5 cm, dok duljina  $a$  ostaje 5,5cm. Kut  $\alpha$  iznosi  $45^\circ$ . Nakon uvrštavanja potrebnih vrijednosti u jednadžbu (5) dobije se iznos od 762,1 N za traženu silu  $F_j$ .

**Tablica 3. Prikaz rezultata mjerenja**

Obuća	Sila u gležnju $F_j$ (N)	$\frac{F_j}{G} = \%$
Bez	803,0	1,382
1	696,4	1,201
2	645,1	1,112
3	862,9	1,489
4	761,5	1,312
5	762,1	1,314

U tablici 3 nalaze se rezultati, odnosno izračunate sile u gležnju za stajanje na platformi bez obuće i sa svih 5 vrste obuće. Budući da je težina ispitanice  $G = 580$  N, posljednji stupac u tablici prikazuje normalizirane vrijednosti sile u gležnju koje su određene tako da se sila u gležnju podijelila s težinom ispitanice. Nadalje, najveće opterećenje na zglob u stopalu jest upravo u obući 3, odnosno u cipelama s tankom potpeticom srednje visine. Iako je prvotna pretpostavka bila da će obuća 5, koja ima najvišu potpeticu, najviše opteretiti zglob, rezultati pokazuju drugačije. Moguće da je do toga došlo upravo zbog drugačijih nagiba obuće, samog materijala uložaka koji se nalaze u cipeli ili pak same rastezljivosti materijala vanjskog dijela obuće. S druge strane, najmanje je opterećenje u obući 2, odnosno u cipelama s debelom potpeticom srednje visine.

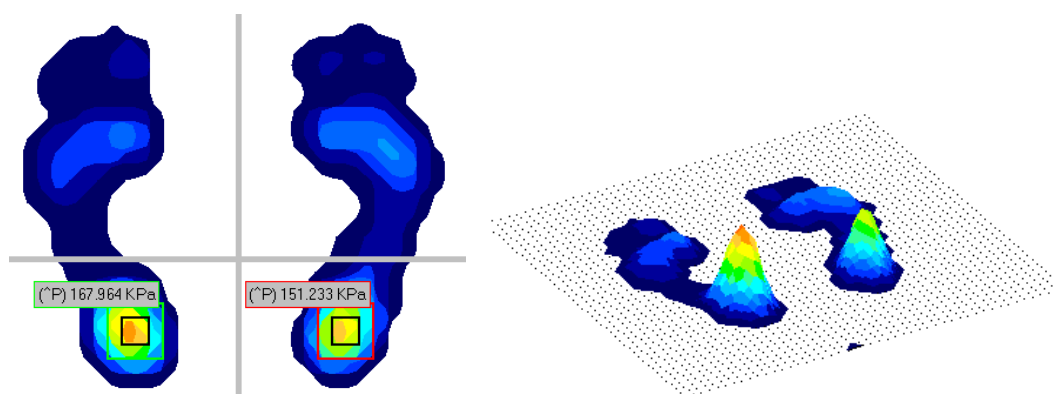
Na slici 36. prikazan je odnos izračunate sile u gležnju s visinom potpetice.



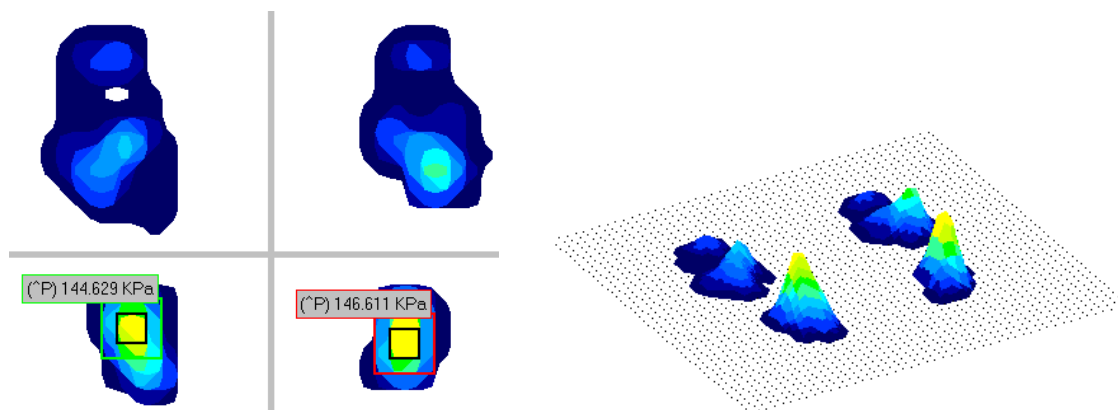
Slika 36: Grafički prikaz odnosa sile u zglobu i visine potpetice

#### 5.4 Asimetrija stopala

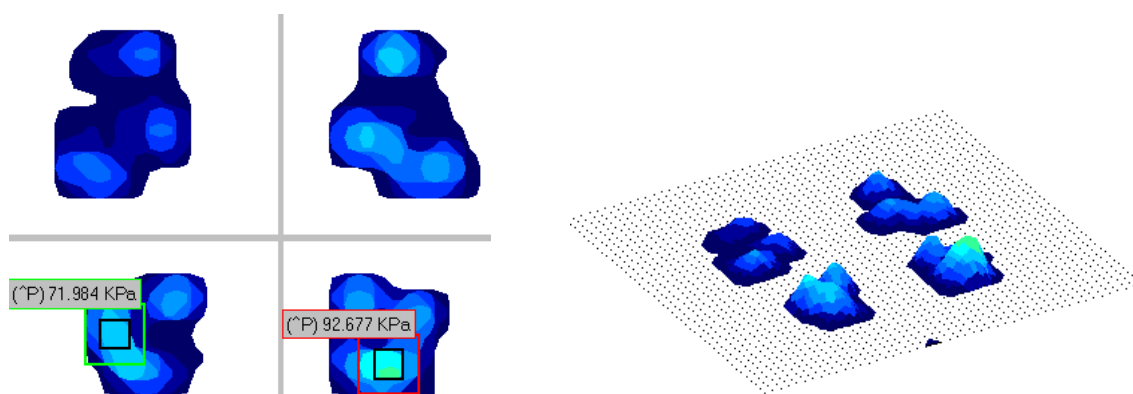
Asimetrija znači odstupanje od simetrije, odnosno od jednoličnosti. U ovom dijelu završnog rada pokazat će se razlika između maksimalog pritiska u pojedinom stopalu. Na slikama 37., 38., 39., 40., 41. i 42. jasno je vidljivo na koje stopalo se, unutar 10 sekundi mjerenja, više oslonila ispitanica.



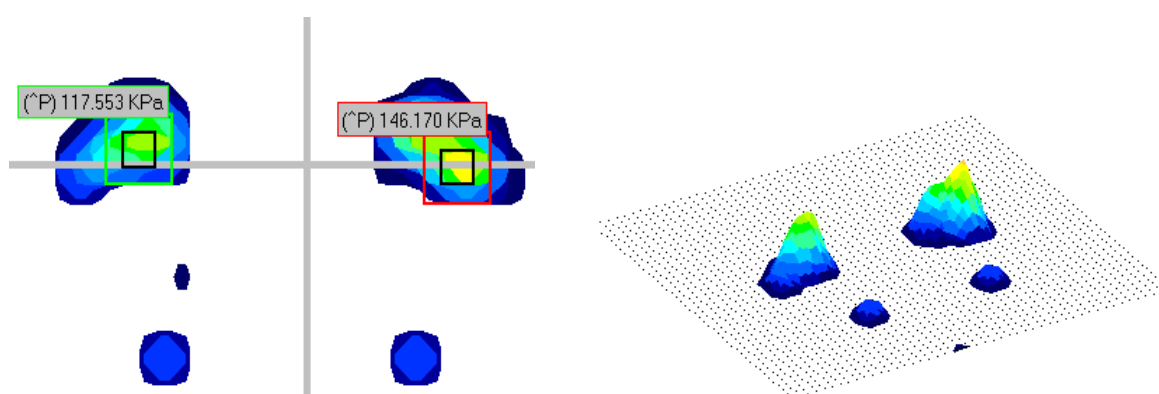
Slika 37. Statička mjerenja bez obuće



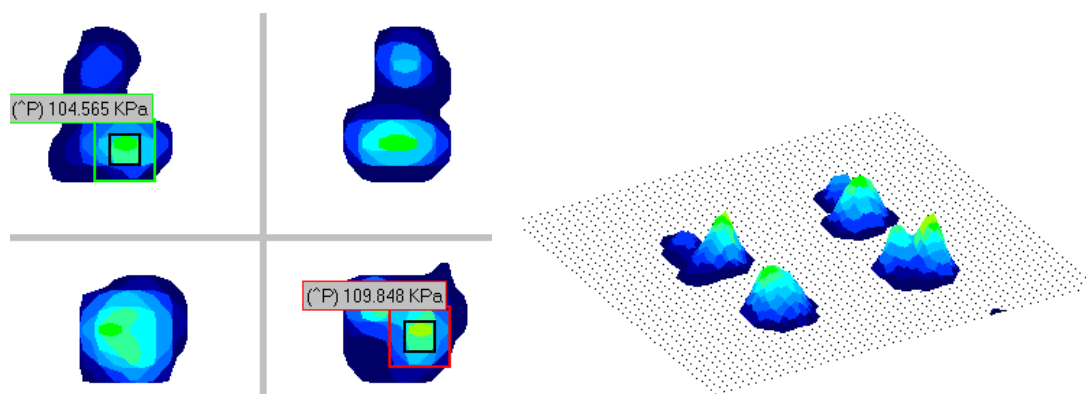
Slika 38. Statička mjerenja u obući 1



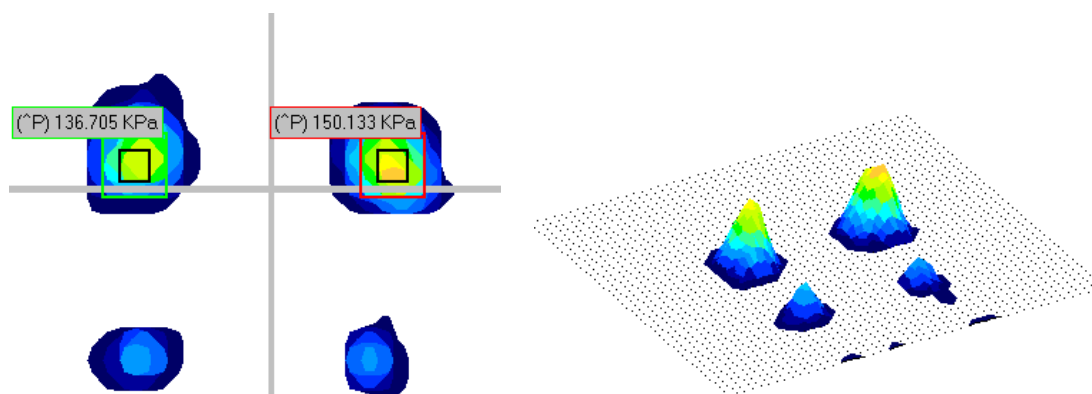
Slika 39. Statičko mjerenje u obući 2



Slika 40. Statičko mjerenje u obući 3



Slika 41. Statičko mjerenje u obući 4



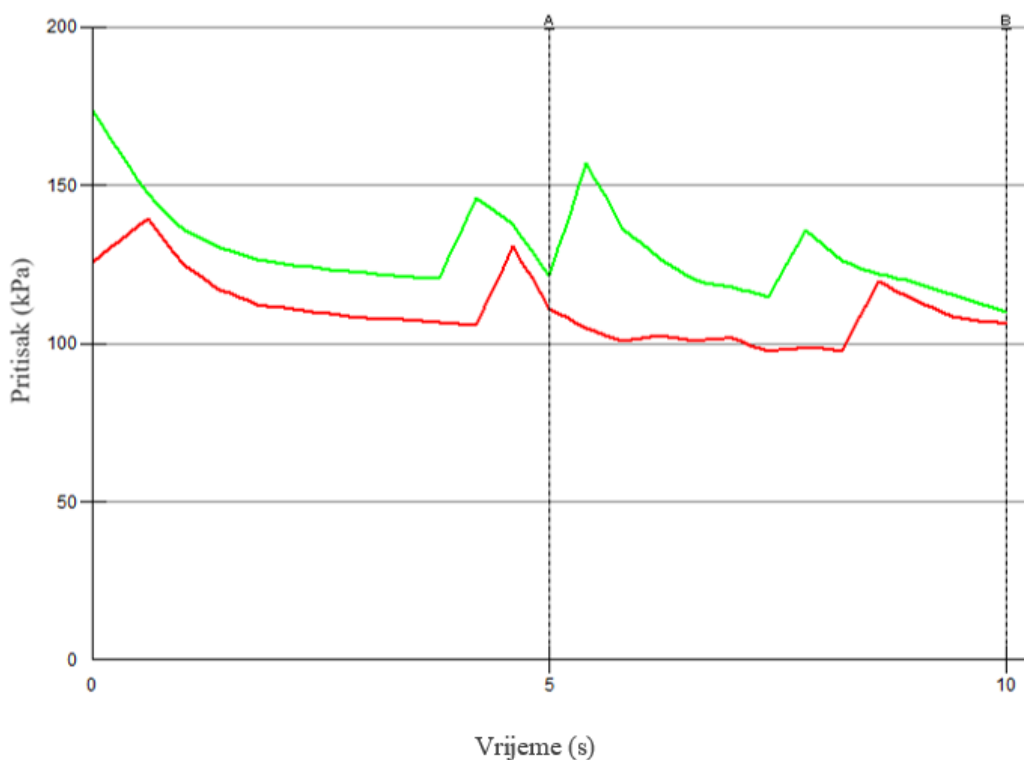
Slika 42. Statičko mjerenje u obući 5

Tablica 4. Prikaz raspodjele maksimalnog pritiska na oba stopala

Obuća	Maksimalni pritisak na lijevom stopalu (kPa)	Maksimalni pritisak na desnom stopalu (kPa)
bez	167,964	151,233
1	144,629	146,611
2	71,984	92,677
3	117,553	146,170
4	104,565	109,848
5	136,705	150,133

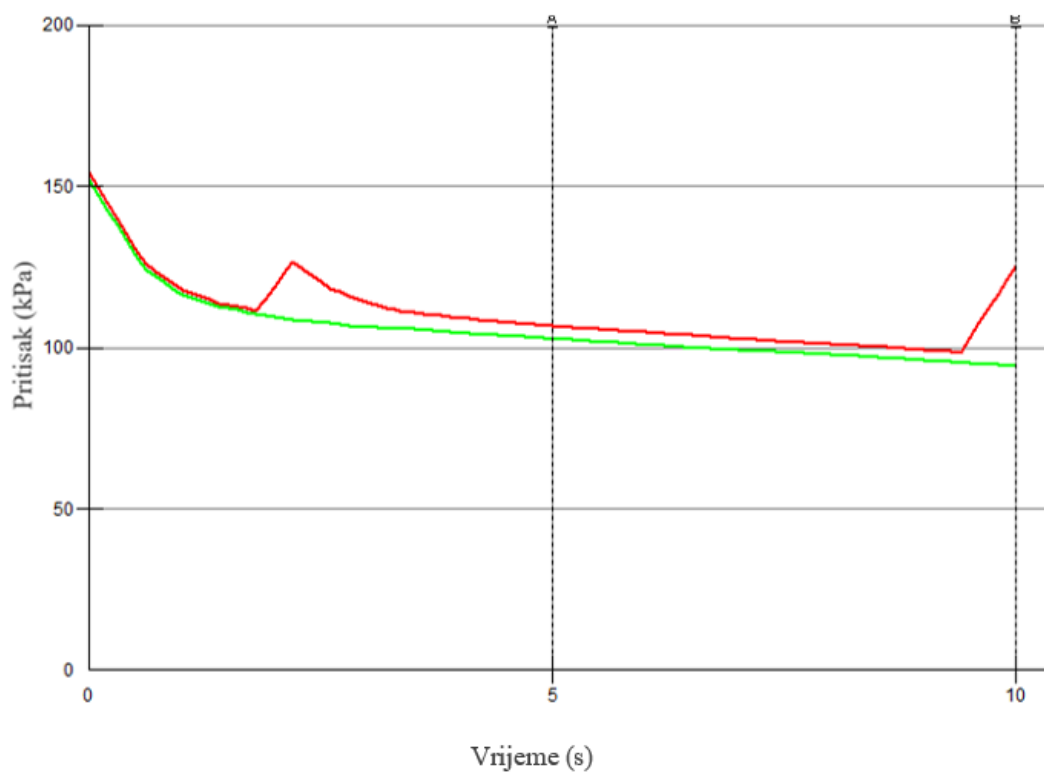
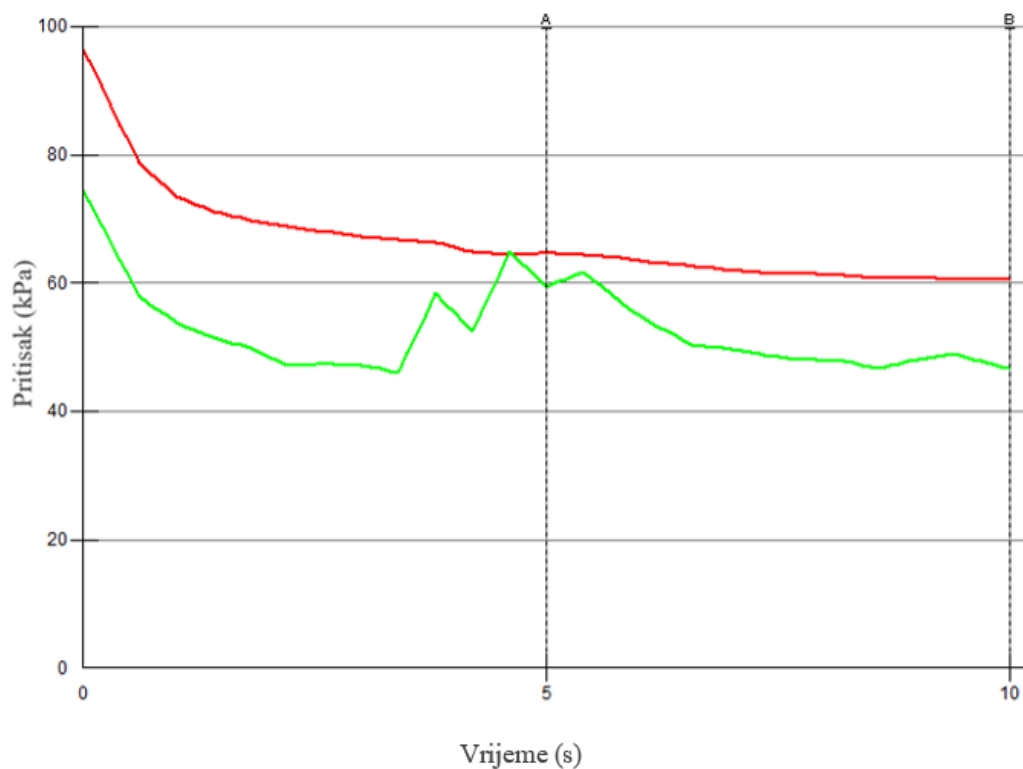
U tablici 4 prikazane su vrijednosti maksimalnih pritisaka na lijevom i desnom stopalu kod stajanja na platformi bez obuće i u 5 vrsta obuće. Rezultati tablice prikazuju da je u slučajevima kada je ispitanica nosila obuću 1, 2, 3, 4 i 5 maksimalan pritisak bio veći na desnom stopalu. Što je u potpunosti opravdano jer je desna noga, dominantna noga ispitanice. Postoji mogućnost, da je radi toga došlo do pretežitog oslanjanja na tu nogu. Iznimka je slučaj mjerenja bez obuće, kada se maksimalan pritisak nalazi na lijevom stopalu. Kada se rade ovakva mjerenja, treba uzeti u obzir faktor ljudske pogreške. Velika je mogućnost da se ispitanica u tom trenutku mjerenja nesvjesno oslonila na lijevu nogu i time se dobio takav rezultat.

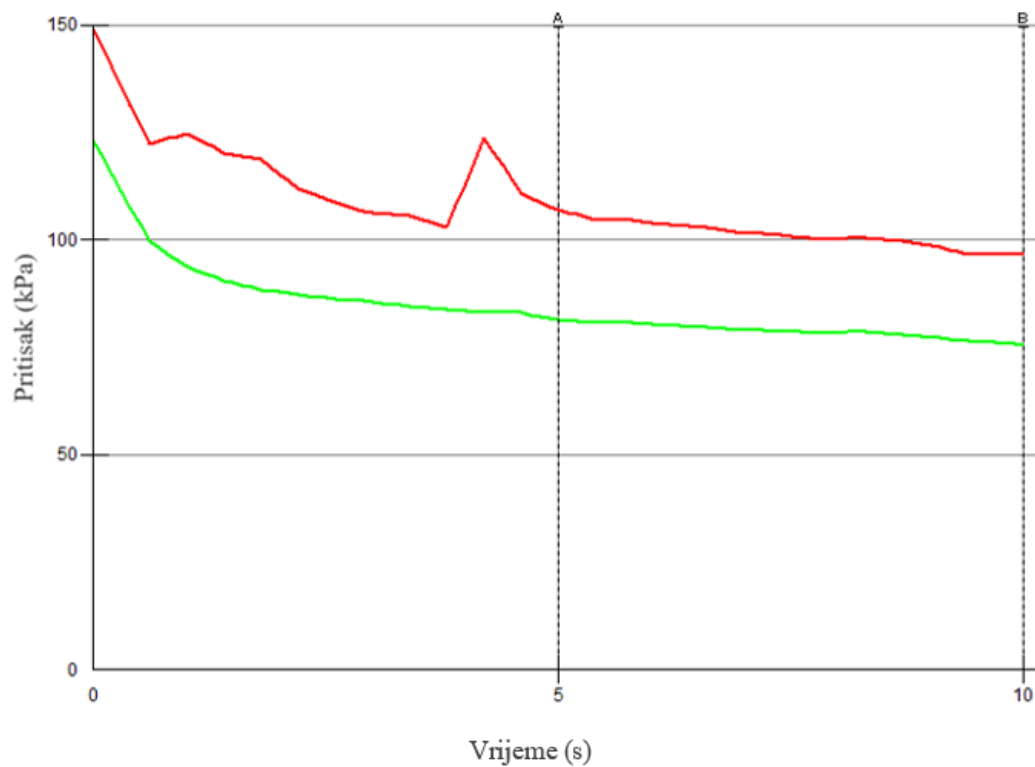
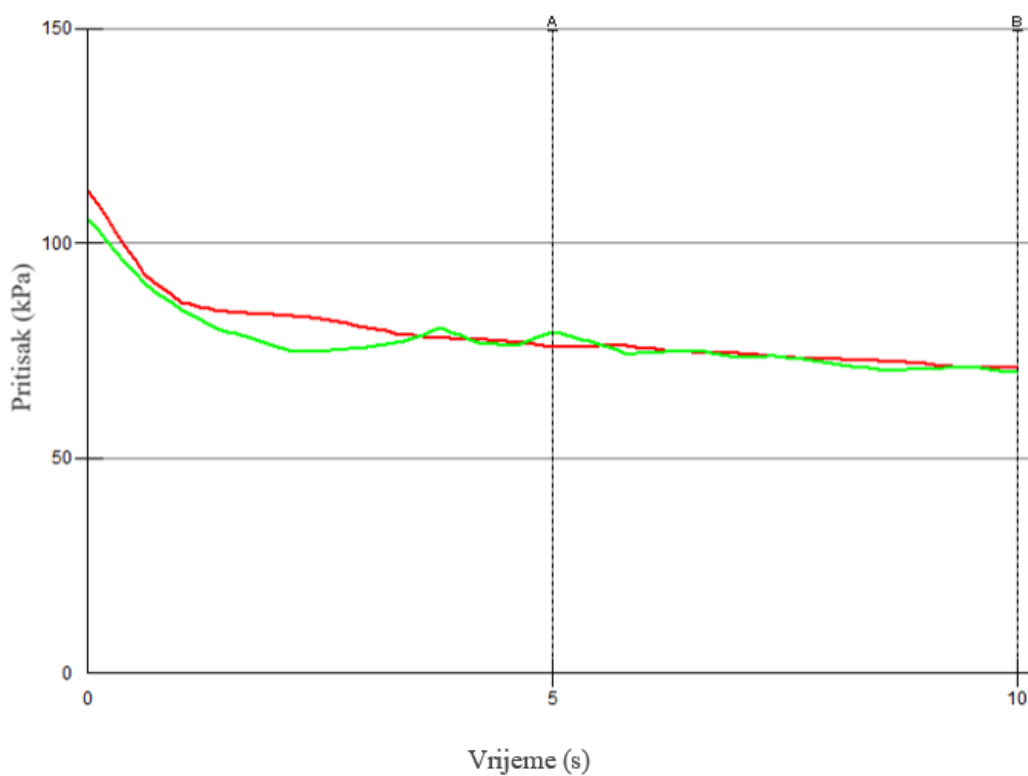
Grafički je prikazano kako se unutar 10 sekundi mijenjala raspodjela pritiska na lijevo i desno stopalo. Zelena linija označava promjenu na lijevom, dok crvena na desnom stopalu. U tablici 4 razmatrao se maksimalni pritisak za određivanje asimetrije stopala. Na slikama 43., 44., 45., 46., 47. i 48. jasno je vidljivo koliko variraju vrijednosti dodirnog pritiska unutar 10 sekundi.

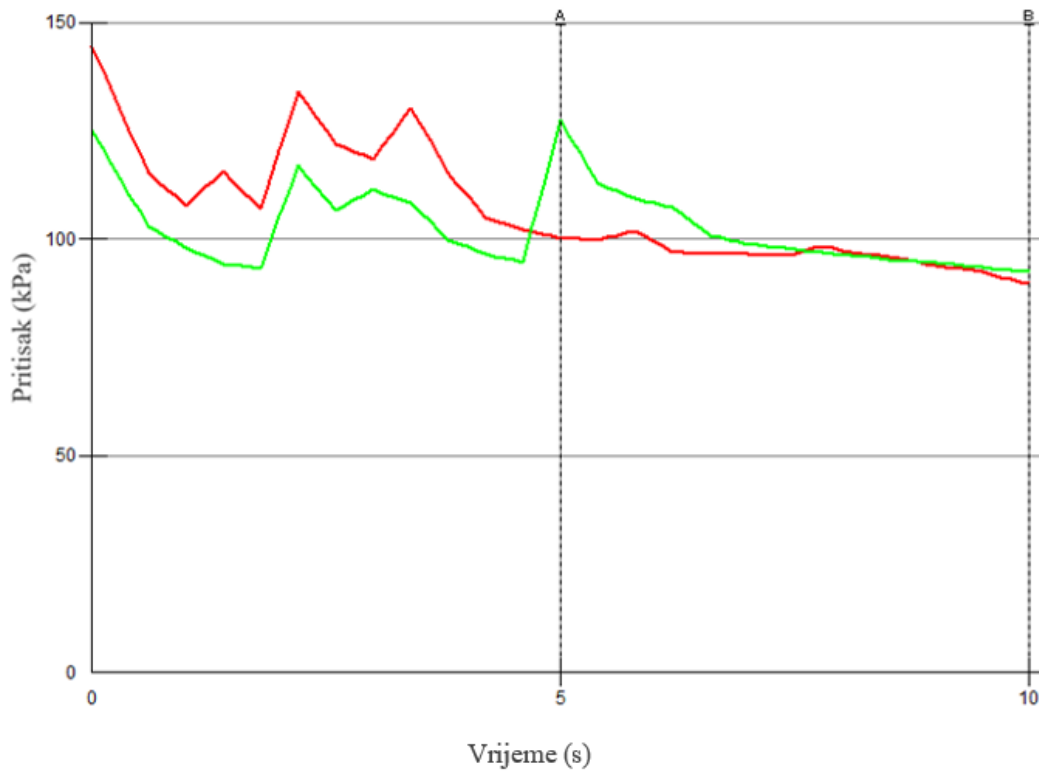


**Slika 43: Grafički prikaz mjerenja bez obuće**



**Slika 44: Grafički prikaz mjerenja obuće 1****Slika 45: Grafički prikaz mjerenja obuće 2**

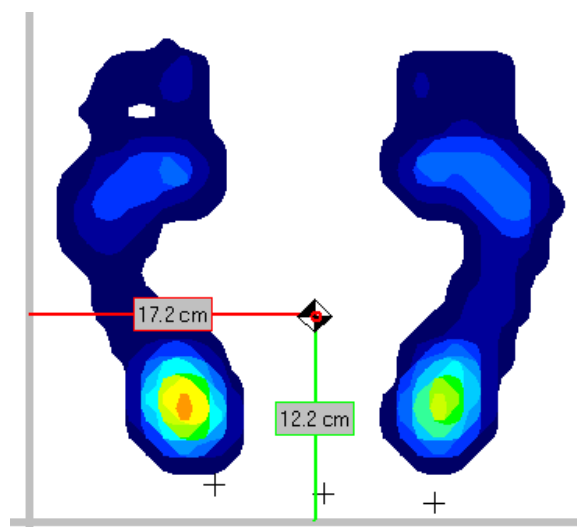
**Slika 46: Grafički prikaz mjerenja obuće 3****Slika 47: Grafički prikaz mjerenja obuće 4**



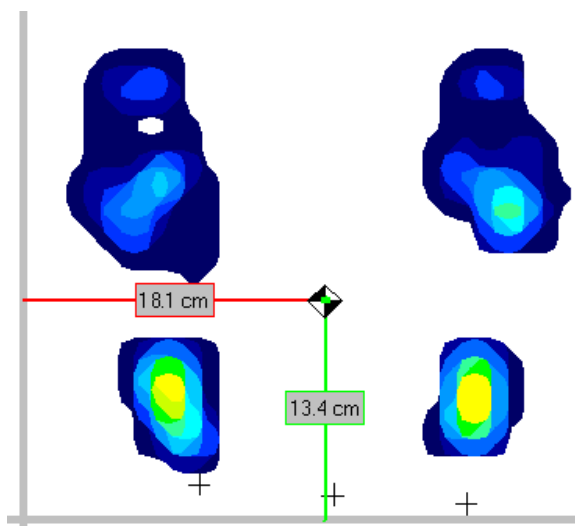
Slika 48: Grafički prikaz mjerenja obuće 5

### 5.5 Težište tijela

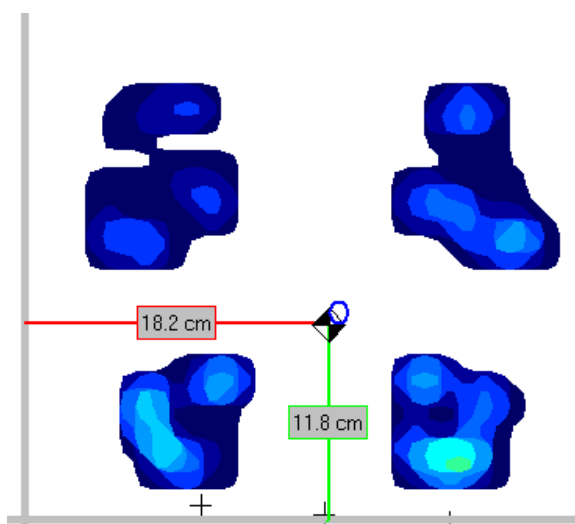
Nakon provedenih statičkih mjerenja, može se prikazati kako se mijenjalo težište ispitanice s porastom visine pete obuće. Crvenom bojom označena je udaljenost x koordinata od težišta, dok je udaljenost y koordinata označena zelenom bojom. Mjerenja obuće vidljiva su na slikama 49., 50., 51., 52., 53., 54.



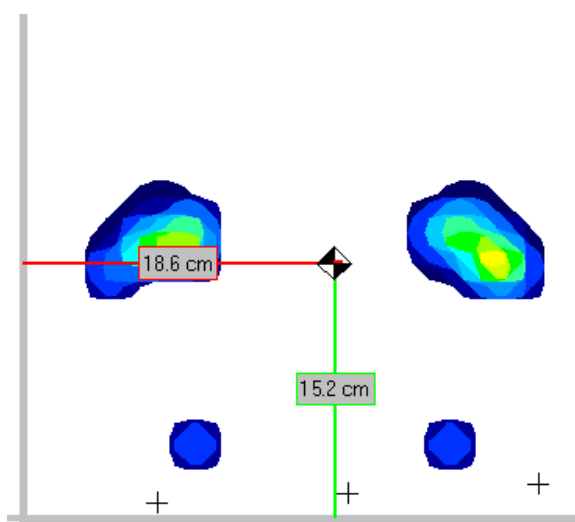
Slika 49. Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 0. obući



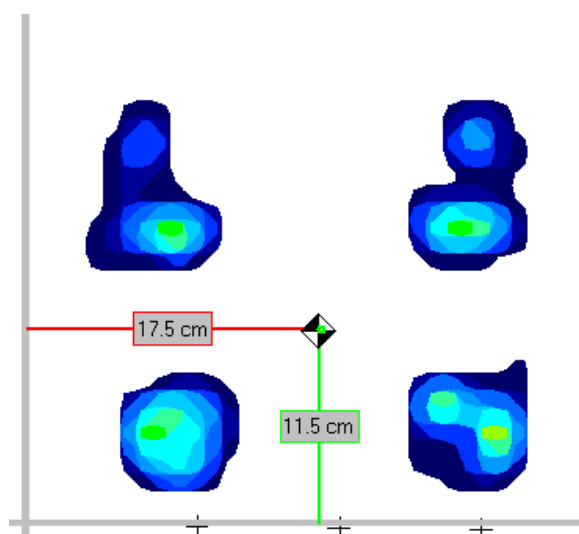
Slika 50. Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 1. obući



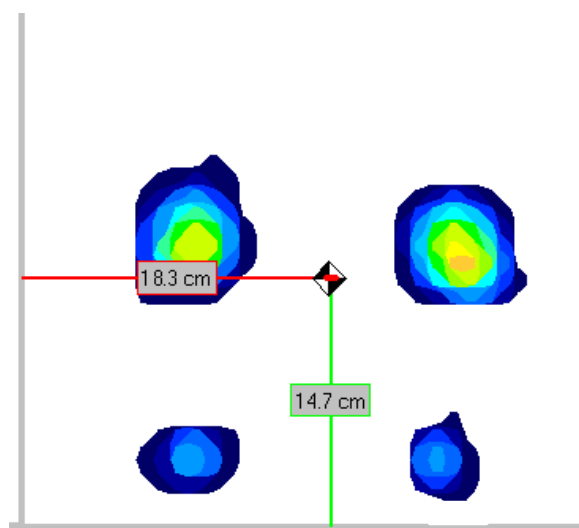
Slika 51. Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 2. obući



Slika 52. Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 3. obući



Slika 53. Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 4. obući



Slika 54. Prikaz udaljenosti težišta od koordinatnih osi u 5. obući

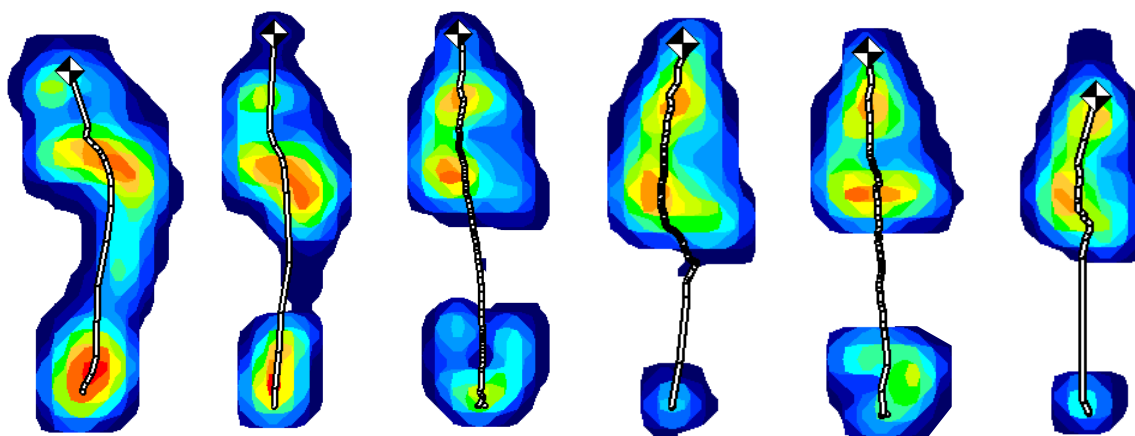
**Tablica 5. Prikaz koordinata težišta**

Broj obuće	Udaljenost x koordinata	Udaljenost y koordinata
0.	17,2	12,2
1.	18,1	13,4
2.	18,2	11,8
3.	18,6	15,2
4.	17,5	11,5
5.	18,3	14,7

Tablica 5 prikazuje udaljenosti težišta od koordinatih osi. Iz tablice je vidljivo da je udaljenost y koordinate u obući 3. i 5. najveća u odnosu na ostala mjerenja. Budući da se u oba slučaja radi o obući s tankim potpeticama, to je rezultiralo većim nagibom težišta prema naprijed. Nadalje, iz rezultata je vidljivo da je najmanji nagib prema naprijed, upravo u obući s debljom potpeticom. Može se zaključiti da što je tanja potpetica cipele, teže je održati ravnotežu i stabilnost tijela.

## 5.6 Dinamička mjerenja

Dinamička ispitivanja započinju tako da ispitanica u hodu nagazi na platformu. Najprije peta dotakne uređaj, slijedi cijelo stopalo te naposljetku prsti. Na slici 55. objedinjeni su svi frameovi u kojima se jasno vidi putanja središta pritiska. Također je prikazano koja područja stopala su najopterećenija pri hodanju na platformi. Ta područja su označena narančastom i crvenom bojom.



Slika 55. Prikaz putanje središta pritiska za sve vrste obuće

Crno bijeli kvadratić prikazan na slici 55. predstavlja središte pritiska frameova. Iscrtkana linija predstavlja putanju središta pritiska, dok je broj crtica na liniji ukupni broj „frameova“, odnosno isječaka. Iz slike 55. može se zaključiti kako je najpravilniji nagib putanje na mjerenju bez obuće. Tada je najbolja raspodjela pritiska na stopalu. Promjenom vrste obuće, mijenja se način hoda te se stopalo drugačije oslanja na podlogu. Dugotrajnim nošenjem obuće s visokom potpeticom, postoji mogućnost narušavanja prirodnog načina hoda.

## 6. ZAKLJUČAK

Rezultati mjerenja nisu precizno pokazali kako visina te debljina potpetice utječu na opterećenje gležnja. Velika je mogućnost da je došlo do pogrešnog kalibriranja platforme pa je to već na početku mjerenja ugrozilo rezultate. Prema rezultatima mjerenja, najpovoljnija obuća za opterećenje zgloba jesu cipele sa srednje visokom i debljom potpeticom, dok je najnepovoljnija obuća cipela sa srednje visokom, ali tankom potpeticom. Također, iz pojednostavljenog biomehaničkog modela zgloba teško je precizno odrediti krakove sila. Osim toga, pri statičkim mjerenjima na platformi valja uračunati faktor ljudske pogreške. Ako bi se ispitanica oslonila malo više na jednu nogu ili prenijela težinu s prstiju na pete ili obratno, to bi uvelike utjecalo na preciznost rezultata.

Naposlijetku, ako je sudeći prema dobivenim rezultatima mjerenja, optimalna obuća za stopala jest ona s malo povišenom petom. Tada je talokruralni zglob najmanje opterećen.



## LITERATURA

- [1] Definicija cipela s visokom potpeticom: [https://en.wikipedia.org/wiki/High-heeled\\_shoe](https://en.wikipedia.org/wiki/High-heeled_shoe)  
Pristupljeno: 07.09.2022.
- [2] Problemi pri nošenju obuće s visokom potpeticom: <https://mass4d.com/blogs/clinicians-blog/how-high-heeled-shoes-create-musculoskeletal-disorders>  
Pristupljeno: 07.09.2022.
- [3] Bolest čukalj: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bunion>  
Pristupljeno: 07.09.2022.
- [4] Kosti stopala: <https://www.verywellhealth.com/foot-anatomy-and-physiology-3119204>  
Pristupljeno: 07.09.2022.
- [5] Slika anatomije stopala: <https://3d4medical.com/blog/facts-about-feet> slika  
Pristupljeno: 07.09.2022.
- [6] Definicija kosti stopala: <https://drluigi.eu/hr/medicina/anatomija-i-biomehanika-stopala/>  
Pristupljeno: 08.09.2022.
- [7] Prikaz Ahilove tetive: <https://www.poliklinikaribnjak.hr/ortopedija/lijecenje-ahilove-tetive/>  
Pristupljeno: 08.09.2022.
- [8] Definicije zglobova u stopalu: [<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877132716300483>]  
Pristupljeno: 08.09.2022.
- [9] Prikaz zglobova u stopalu: <https://www.anklearthritis.co.uk/normal-structure-and-function>  
Pristupljeno: 08.09.2022.
- [10] Definicija taktilnih mjerenja: [<https://pressureprofile.com/about/tactile-sensing>]  
Pristupljeno: 08.09.2022.
- [11] Pretvarač sile: [https://www.researchgate.net/publication/295545915\\_Force\\_Sensing\\_Resistor\\_and\\_Evaluation\\_of\\_Technology\\_for\\_Wearable\\_Body\\_Pressure\\_Sensing](https://www.researchgate.net/publication/295545915_Force_Sensing_Resistor_and_Evaluation_of_Technology_for_Wearable_Body_Pressure_Sensing)  
Pristupljeno: 08.09.2022.
- [12] Završni rad : <https://zir.nsk.hr/islandora/object/fsb:7910>  
Pristupljeno: 08.09.2022.
- [13] Definicija Run Scribe uređaja [[https://runscribe.com/?gclid=Cj0KCQjwjvaYBhDIARIsAO8Pke0HFftEvSW4Y0uTjVhCv8YtT8OvV70S8HIYfcwa5Hj7Ltjn3X\\_Wb8waAjroEALw\\_wcB#runscribe-about](https://runscribe.com/?gclid=Cj0KCQjwjvaYBhDIARIsAO8Pke0HFftEvSW4Y0uTjVhCv8YtT8OvV70S8HIYfcwa5Hj7Ltjn3X_Wb8waAjroEALw_wcB#runscribe-about)]  
Pristupljeno: 10.09.2022.
- [14] Tekscan platforma: <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/mobilemat>  
Pristupljeno: 10.09.2022.
- [15] Biomehanički model gležnja: <https://sci-hub.se/https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-010-1088-2>  
Pristupljeno: 10.09.2022.

- [16] Prikaz rendgena stopala :<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fmedia.sciencephoto.com%2Fimage%2Fp1160376%2F800wm&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.sciencephoto.com%2Fmedia%2F302145%2Fview%2Fwoman-s-foot-in-high-heel-shoe-x-ray&tbid=NKlic2jYy7D0sM&vet=10CAMQxiAoAGoXchMIuJevqIar-gIVAAAAAB0AAAAAEAg..i&docid=5QFy3EARPBjq1M&w=576&h=800&itg=1&q=pressure%20points%20high%20heels&hl=hr&ved=0CAMQxiAoAGoXChMIuJevqIargIVAAAAAB0AAAAAEAg#imgrc=NKlic2jYy7D0sM&imgdii=BRyRE57PCCQD5M> Pristupljeno: 08.09.2022.

## **PRILOZI**

I. CD-R disk