



Osnovna šola Vransko-Tabor

Vransko 23  
3305 Vransko  
Tel.: 03 703 23 70

## **Primerna obutev za šolske in športne površine**

Raziskovalna naloga – področje fizika

avtorja:

**Fedja Petrovič Poljanec 9.c**

**Zarja Petrovič Poljanec 8.b**

mentorica: Tajana Peter, prof. fizike in biologije

lektorica: Barbara Pertinač, prof. slovenščine in sociologije

Tabor, april 2023

## Kazalo vsebine

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Kazalo slik                                                 | 3  |
| Kazalo tabel                                                | 3  |
| Kazalo grafov                                               | 4  |
| Zahvala                                                     | 5  |
| Povzetek                                                    | 6  |
| Abstract                                                    | 7  |
| 1. Uvod                                                     | 8  |
| 1.1 Opis raziskovalnega problema                            | 8  |
| 1.2 Hipoteze                                                | 8  |
| 1.3 Raziskovalne metode                                     | 8  |
| 1.4 Teoretske osnove                                        | 9  |
| Sila lepenja                                                | 9  |
| Sila trenja                                                 | 10 |
| Sili lepenja in trenja pri hoji in teku                     | 10 |
| Količnika lepenja in trenja in smerni koeficient premice    | 11 |
| Napake pri merjenjih                                        | 12 |
| 2. Raziskava                                                | 13 |
| 2.1 Izbira čevljev in copat                                 | 13 |
| 2.2 Izbira podlag                                           | 16 |
| 2.3 Priprava na merjenje                                    | 17 |
| 2.4 Merjenje                                                | 18 |
| 2.5 Analiza meritev                                         | 20 |
| 2.6 Rezultati                                               | 22 |
| Ustreznost copat za šolske prostore                         | 22 |
| Primerjava copat in čevljev na isti podlagi - linolej Tabor | 24 |
| Ustreznost športnih čevljev za športne površine             | 25 |
| Primerjava med suho in mokro podlago                        | 28 |
| 3. Zaključek                                                | 30 |
| 3.1 Končne ugotovitve                                       | 30 |
| 3.2 Potrditev hipotez                                       | 30 |
| 3.3 Izzivi pri izdelavi raziskovalne naloge                 | 31 |
| 3.4 Diskusija                                               | 33 |
| 4. Viri                                                     | 35 |

## Kazalo slik

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Sile na ravni podlagi.....                                                | 9  |
| Slika 2: Sila lepenja med mirovanjem in tik pred premikom telesa .....             | 9  |
| Slika 3: Sila trenja pri enakomernem in pri pospešenem gibanju .....               | 10 |
| Slika 4: Sile pri odzivu .....                                                     | 10 |
| Slika 5: Linolej v Taboru .....                                                    | 16 |
| Slika 6: Kamnite stopnice Vransko .....                                            | 16 |
| Slika 7: Keramične stopnice Tabor .....                                            | 16 |
| Slika 8: Asfaltno igrišče Tabor .....                                              | 16 |
| Slika 9: Atletska steza Vransko .....                                              | 16 |
| Slika 10: Telovadnica Vransko .....                                                | 16 |
| Slika 11: Copati obteženi z vrečami peska .....                                    | 17 |
| Slika 12: Čevlji obteženi z vrečami peska .....                                    | 17 |
| Slika 13: Digitalni silomer Vernier .....                                          | 17 |
| Slika 14: Merjenje na linoleju .....                                               | 18 |
| Slika 15: Graf s tremi meritvami sile lepenja in trenja .....                      | 18 |
| Slika 16: Tabele in grafi za računanje količnikov lepenja in trenja v Excelu ..... | 20 |
| Slika 17: Količniki lepenja in trenja vseh čevljev na posamezni podlagi .....      | 21 |
| Slika 18: Primer meritve, iz katere je težko odčitati sili trenja in lepenja ..... | 32 |
| Slika 19: Spreminjanje sile lepenja med korakom .....                              | 33 |
| Slika 20: Grafični prikaz spreminjanja sile lepenja med korakom .....              | 33 |

## Kazalo tabel

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Tabela 1: Izbrani športni čevlji ..... | 14 |
| Tabela 2: Izbrani copati .....         | 15 |

## Kazalo grafov

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Graf 1: Premice in smerni količniki .....                                            | 11 |
| Graf 2: Količniki lepenja in trenja med copati in linolejem v Taboru .....           | 22 |
| Graf 3: Količniki trenja in lepenja med copati in kamnitim stopniščem na Vranskem    | 22 |
| Graf 4: Količniki trenja in lepenja med copati in keramičnim stopniščem v Taboru...  | 23 |
| Graf 5: Primerjava med količniki copat in čevljev na linoleju v Taboru .....         | 24 |
| Graf 6: Količniki trenja in lepenja med čevlji in linolejem v Taboru .....           | 25 |
| Graf 7: Količniki trenja in lepenja med čevlji in parketom v telovadnici na Vranskem | 25 |
| Graf 8: Količniki trenja in lepenja med čevlji in asfaltom na Vranskem .....         | 26 |
| Graf 9: Količniki trenja in lepenja med čevlji in asfaltom v Taboru .....            | 26 |
| Graf 10: Količniki trenja in lepenja med čevlji in podlago na stezi Vransko .....    | 27 |
| Graf 11: Količniki trenja in lepenja na mokri podlagi na igrišču Vransko.....        | 28 |
| Graf 12: Količniki trenja in lepenja na mokri podlagi na igrišču Vransko.....        | 28 |
| Graf 13: Primerjava med količniki na mokri in suhi podlagi na stezi Vransko .....    | 29 |
| Graf 14: Primerjava med količniki na mokri in suhi podlagi na igrišču Vransko .....  | 29 |

## Zahvala

Zahvaljujeva se vsem, ki so nama pomagali pri pripravi te raziskovalne naloge. Posebej se zahvaljujeva mentorici Tajani Peter, ki naju je vodila skozi ves postopek in naju ob tem naučila veliko koristnih veščin, ter učiteljici Barbari Petrinač, ki je lektorirala nalogo.

Zahvala gre tudi dvema šolama, ki sta nama posodili opremo. Na Osnovni šoli Vransko Tabor sva si sposodila prenosni računalnik in opravljala meritve. Srednja šola za farmacijo, kozmetiko in zdravstvo pa nama je posodila merilnik Vernier.

## Povzetek

V vsakdanjem življenju in še posebej pri športu je zelo pomembna primerna obutev, v kateri nam pri hoji in teku ne drsi. V tej raziskovalni nalogi sva se osredotočila na obutev, ki jo učenci nosijo pri pouku športne vzgoje in copate, ki jih nosijo v šolskih prostorih. Raziskati sva želela način, kako ocenimo primernost obutve iz vidika, če nam pri njeni uporabi drsi. Ali lahko hodimo in tečemo stabilno in varno?

V tej nalogi sva ocenjevala primernost obutve, tako da sva merila sili lepenja in trenja med nekaterimi vrstami čevljev in copat ter izbranimi šolskimi in športnimi površinami. Sili lepenja in trenja sva uporabili za to, da sva s pomočjo tabel in grafov v programu Excel izračunala količnike lepenja in trenja. Količnike različnih obuval sva primerjala med seboj in tako sklepala, katera obutev je bolj primerna za katere površine.

V zadnji fazi sva obutev tudi preizkusila na posameznih podlagah in ocenila, pri katerem količniku lepenja in trenja je obutev še varna in pri katerih količnikih nam drsi. S to primerjavo sva nato določila priporočljive količnike lepenja in trenja za posamezne podlage.

Cilj naloge je bil, da narediva nek kriterije za izbor, ki bi bili v pomoč učencem, ko kupujejo športne čevlje in šolske copate.

## Abstract

In everyday life and especially in sports, suitable footwear that does not slip when walking and running, is very important. In this research assignment, we focused on the footwear that students wear during physical education lessons and the slippers that they wear in school premises. We wanted to find a way to assess the suitability of footwear from the point of view of whether it slips during its use. Can we walk and run steadily and safely?

In this task, we evaluated suitability by measuring the friction forces between certain types of shoes and slippers, and selected school and sports surfaces. We used these forces to calculate friction coefficients with the help of tables and graphs in Excel. We compared the quotients of different footwear and thus concluded which footwear is more suitable for each surface.

In the last phase, we tested the footwear on individual surfaces and assessed at which coefficient of friction the footwear is still safe and at which coefficients it slips. Using the comparison, we determined the recommended coefficients of friction for individual substrates.

The goal of the task was to make selection criteria that would be helpful to students when they buy sports shoes and slippers.

# 1.Uvod

## 1.1 Opis raziskovalnega problema

Na športnem dnevu na začetku šolskega leta sva opazila, da imajo nekateri učenci velike težave, ker jim je ponekod zelo drselo. Opazila sva, da so razlike tako med posameznimi učenci kot tudi med različnimi atletskimi disciplinami. Ko sva opazila še to, da so nekateri deli atletskega stadiona bolj obrabljeni kot drugi in nekateri bolj mokri, se nama je porodila ideja, da raziščeva kaj vse vpliva na to, da nam včasih drsi. Odločila sva se, da raziščeva kateri športni čevlji so primerni za telovadnico, kateri za zunanje površine in kateri copati so primerni za šolski prostor. Te rezultate bi želela predstaviti sošolcem in učiteljem, da bi jih lahko v prihodnje uporabili pri nakupu primerne obutve za šolske in športne površine.

## 1.2 Hipoteze

Postavila sva štiri hipoteze.

Hipoteza 1: ***Drsenje je odvisno od obutve, podlage in od tega ali je podlaga suha ali mokra.***

Hipoteza 2: ***Z merjenjem trenja in lepenja lahko določimo vsaj delno objektivni kriterij za izbor primerne obutve.***

Hipoteza 3: ***Mnogi učenci v šoli uporabljajo neprimerne copate.***

Hipoteza 4: ***Mnogi učenci pri športnih aktivnostih uporabljajo neprimerno obutev.***

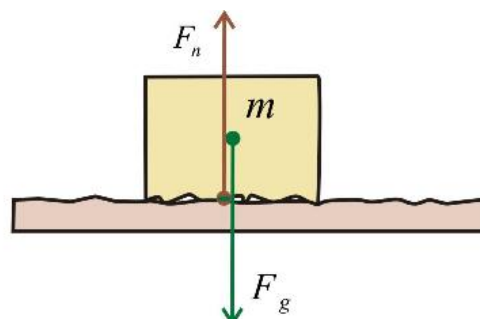
## 1.3 Raziskovalne metode

Osnovna raziskovalna metoda je bila merjenje sile lepenja in trenja med različnimi podlagami in obutvijo ter primerjava izmerjenih količnikov lepenja in trenja s subjektivnim občutkom, katera obutev je primerna za določene podlage.

## 1.4 Teoretske osnove

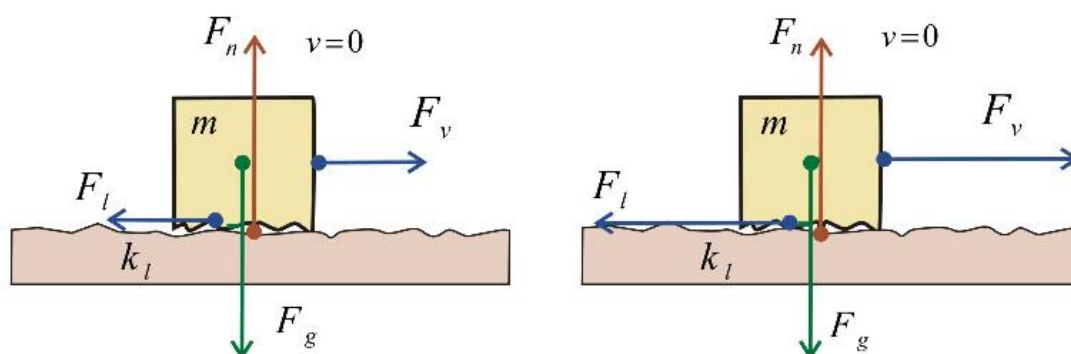
### Sila lepenja

Ko telo z maso  $m$  leži na ravni podlagi, nanj deluje sila teže, ki prijemlje v težišču telesa in je usmerjena navpično navzdol. Težo izračunamo po formuli  $F_g = mg$ . Na telo deluje tudi sila podlage v smeti navpično navzgor. To silo imenujemo normala in jo označimo s  $F_n$ . Velja, da je  $F_g = -F_n$ .



Slika 1: Sile na ravni podlagi (<https://rb.gy/8ojym>)

Če poskušamo telo premakniti in delujemo nanj z majhno silo  $F_v$ , se telo ne premakne. Vlečni sili  $F_v$  nasprotuje nasprotno enaka sila, ki ji pravimo sila lepenja in jo označimo s  $F_l$ . Vsota sil, ki delujejo na telo, je enaka nič in telo miruje. Če vlečno silo povečujemo, se v skladu z zakonom o vzajemnem učinku povečuje tudi  $F_l$ . V nekem trenutku se telo premakne in se začne premikati v smeri vlečenja. Tik pred premikom telesa sta vlečna sila in sila lepenja enako veliki. Sila lepenja je v tem trenutku največja. [3]



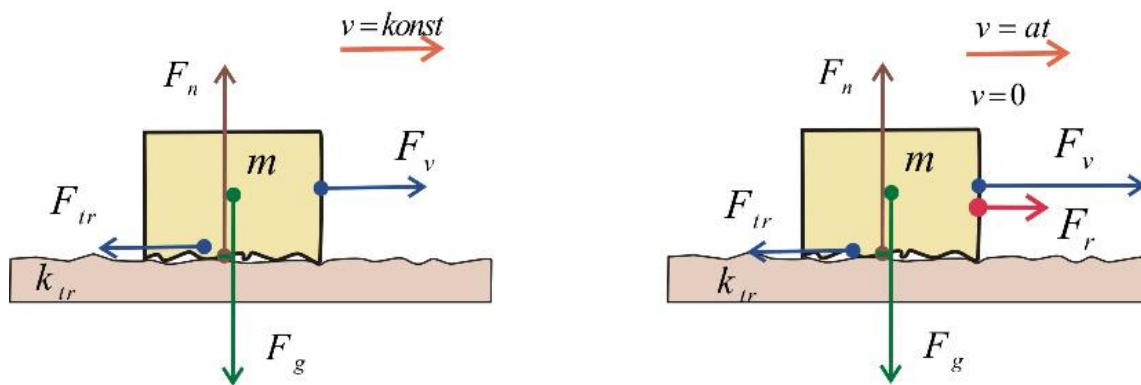
Slika 2: Sila lepenja med mirovanjem in tik pred premikom telesa (<https://rb.gy/nzake>)

Če je telo na ravni podlagi, je sila lepenja odvisna od količnika lepenja in sile, s katero telo deluje na podlago. Na vodoravni podlagi velja, da je normala enaka teži. Tako dobimo izraz za silo lepenja  $F_l = k_l \cdot F_g$ . [3]

## Sila trenja

Ko se telo premika in nanj ne deluje nobena vlečna sila, se po nekem času ustavi. Iz tega sklepamo, da nanj deluje sila, ki ga ustavlja. Imenujemo jo sila trenja in jo označimo s  $F_t$ .

Če želimo, da se telo ne ustavlja, ga moramo vleči s silo, ki je vsaj tolikšna kot trenje. V primerjavi s silo lepenja je sila trenja nekoliko manjša. Ko se telo premika enakomerno s stalno hitrostjo, je vsota sil nanj enaka nič, zato sta sili trenja in vlečenja enaki. Če še povečamo vlečno silo, trenje ostane enako. V tem primeru vsota sil ni več enaka nič in telo se v skladu z II. Newtonovim zakonom giblje pospešeno. Silo trenja izračunamo z izrazom  $F_t = k_t F_g$ . [3]



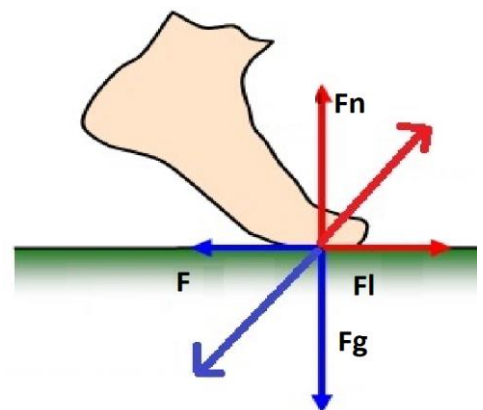
Slika 3: Sila trenja pri enakomernem in pri pospešenem (<https://rb.gy/o4972>)

## Sili lepenja in trenja pri hoji in teku

Sili lepenja in trenja v vsakdanjem življenju sta zelo pomembni in povsod prisotni. Včasih ju želimo povečati, včasih pa zmanjšati.

Pri hoji je sila lepenja tista, ki nam omogoča, da se premaknemo z mesta in da nam ob odzivu ne zdrsne. Naša noga pri odzivu deluje v smeri nazaj, sila lepenja pa naprej. Ko je vsota sil enaka nič, noga ne zdrsne.

Pri prestopu na sprednjo nogo delujemo z nogo naprej, lepenje pa je usmerjeno nazaj in preprečuje, da nam ob dotiku pete s podlago ne zdrsne sprednja noga naprej. [5]

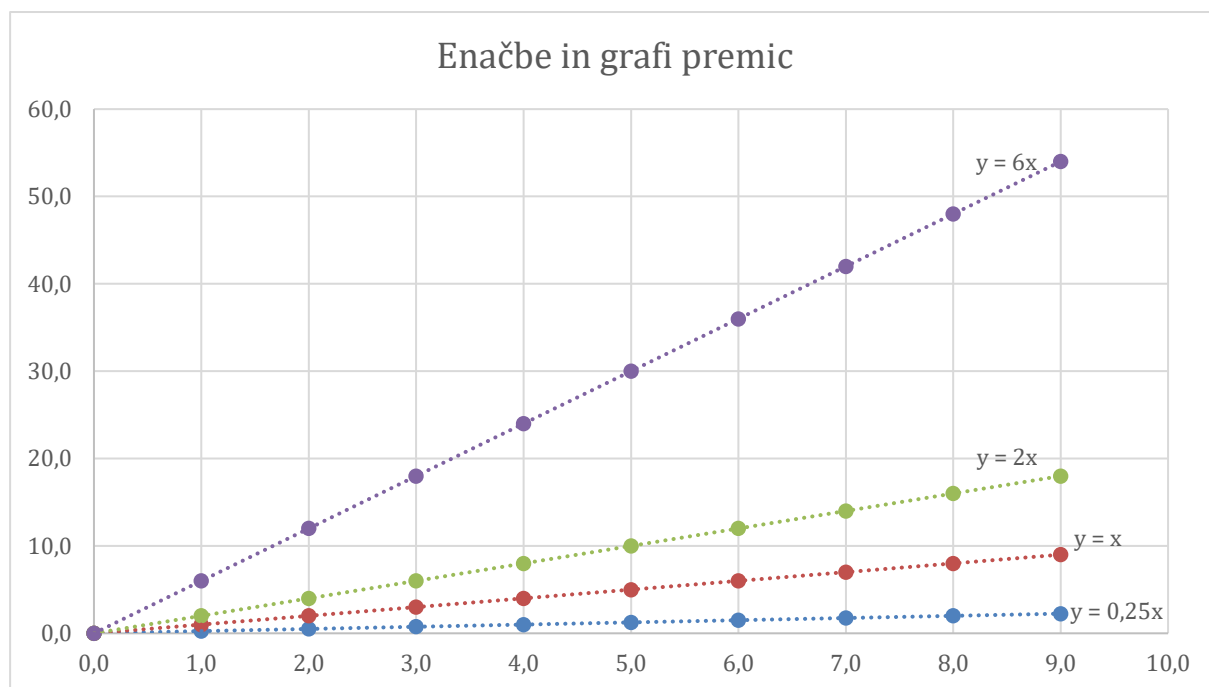


Slika 4: Sile pri odzivu (<https://rb.gy/alfuy>)

Sila trenja je pri hoji ali teku manj pomembna, prisotna pa je takrat, ko s stopalom drsimo po podlagi. Takrat sila trenja vedno deluje v nasprotni smeri gibanja (drsenja) in nas ustavlja.

## Količnika lepenja in trenja in smerni koeficient premice

Sili lepenja in trenja lahko zapišemo kot  $F_l = k_l \cdot F_g$  in  $F_t = k_t \cdot F_g$ . Ti dve enačbi sta linearni in imata enako obliko kot enačba premice v koordinatnem sistemu  $y = k \cdot x$ . Količnik  $k$  je smerni koeficient premice, ki poda nagib premice v koordinatnem sistemu.



Graf 1: Premice in smerni količniki

Ker imata enačbi za sili lepenja in trenja enako obliko, lahko na enak način izračunamo  $k_l$  in  $k_t$ . Na os  $x$  v koordinatnem sistemu nanašamo težo, na os  $y$  pa silo lepenja.

Količnik lepenja izračunamo z izrazom  $k_l = \frac{F_l}{F_g}$ . Enako naredimo, da izračunamo

količnik trenja  $k_t = \frac{F_t}{F_g}$ . [4]

Smerni količnike najenostavneje dobimo tako, da jih preberemo iz grafa, ki ga izriše Excel.

## Napake pri merjenjih

Vse meritve imajo sistemske in slučajne napake.

Sistemske napake so posledica nenatančnosti merilnih naprav in metod. Zmanjšamo jih tako, da uporabimo čim boljše metode in naprave. Digitalni silomer, kjer rezultat razberemo iz grafa, je bolj natančen od vzmetne tehtnice.

Slučajne napake so posledica nenatančnosti ljudi, ki merijo. Zmanjšamo jih tako, da meritve večkrat ponovimo in izračunamo povprečno vrednost. [2]

Natančnost položaja vsake točke na grafu izboljšamo tako, da vsako silo lepenja in trenja izmerimo trikrat in za risanje točke uporabimo povprečno vrednost. Nagib premice in s tem količnika  $k_i$  in  $k_t$  izboljšamo tako, da merimo trenje in lepenje za tri različne teže. Tako dobimo več točk v grafu, preko katerih potegnemo premico, ki se najboljše prilagaja vsem točkam.

## 2. Raziskava

### 2.1 Izbira čevljev in copat

Pri izbiri čevljev in copat sva izbrala takšno obutev, kot jo nosijo najini sošolci v šoli in pri pouku športne vzgoje.

Med čevlji sva izbrala košarkarske čevlje, dvojne superge z različnima podplatoma, tekaške čevlje in čevlje za dvoranski nogomet. Označila sva jih z oznakami Č1-Č5.

*Tabela 1: Izbrani športni čevlji (avtor vseh slik v tabeli je Fedja Petrovič Poljanec)*

|    |                                              |                                                                                     |                                                                                      |
|----|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Č1 | košarkarski čevlji                           |    |    |
| Č2 | športni čevlji z lateks podplatom            |    |    |
| Č3 | tekaški čevlji                               |   |   |
| Č4 | čevlji za dvoranski nogomet                  |  |  |
| Č5 | športni čevlji z močno obrabljenim podplatom |  |  |

Od copat sva izbrala štiri vrste, ki jih nosimo v šoli in jih označila z oznakami X1-X4. Izbrala sva tri vrste sobnih copat. Prvi so imeli navaden platnen podplat, drugi podplat, ki je kombiniran iz platna in plastike, tretji pa podplat iz umetnega usnja. Zadnji copati so bili klasični šolski copati z lateks podplatom.

*Tabela 2: Izbrani copati (avtor vseh slik v tabeli je Fedja Petrovič Poljanec)*

|    |                                                            |                                                                                     |                                                                                      |
|----|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| X1 | sobni copati s podplatom iz platna                         |    |    |
| X2 | sobni copati s podplatom iz kombinacije platna in plastike |   |   |
| X3 | sobni copati s podplatom iz umetnega usnja                 |  |  |
| X4 | klasični šolski copati s podplatom iz lateksa              |  |  |

## 2.2 Izbira podlag

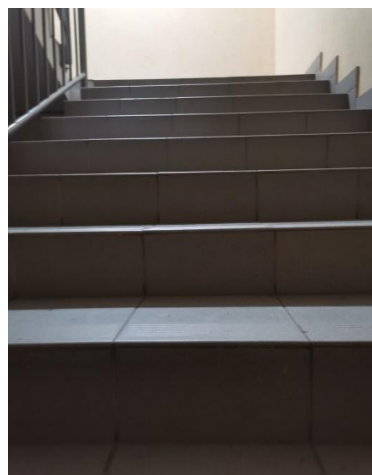
Podlage sva izbirala tako, da bodo rezultati meritev uporabni za učence in učitelje. Čevlje sva preizkušala na linoleju na Taboru, na parketu v telovadnici na Vranskem, na posebni površina na tekaški stezi na Vranskem ter na asfaltnih igriščih na Vranskem in v Taboru.



*Slika 5: Linolej v Taboru  
(avtor Fedja Petrovič Poljanec)*



*Slika 6: Kamnite stopnice Vransko  
(avtor Fedja Petrovič Poljanec)*



*Slika 7: Keramične stopnice Tabor  
(avtor Fedja Petrovič Poljanec)*



*Slika 8: Asfaltno igrišče Tabor  
(avtor Fedja Petrovič Poljanec)*



*Slika 9: Atletska steza Vransko  
(avtor Fedja Petrovič Poljanec)*



*Slika 10: Telovadnica Vransko  
(<https://rb.gy/jewyw>)*

## 2.3 Priprava na merjenje

Najprej sva vsak čevelj in copat stehtala. Pripravila sva si tri vrečke s peskom po 0,5 kg peska, da sva lahko vsak čevelj in copat obtežila. Sami čevlji in copati so bili prelahki, da bi lahko izmerila sili trenja in lepenja dovolj natančno. Mase čevljev so bile med 0,2 kg in 0,4 kg, mase copat pa okoli 0,05 kg. Z obtežitvijo obutve z 0,5 kg, 1,0 kg in 1,5 kg sva dobila primerno natančne vrednosti za sili trenja in lepenja.



*Slika 11: Copati obteženi z vrečami peska  
(avtor Fedja Petrovič Poljanec)*



*Slika 12: Čevlj obtežen z vrečami peska  
(avtor Fedja Petrovič Poljanec)*

V šoli sva si izposodila prenosni računalnik, na katerega sva naložila program Vernier Graphical Analysis. Meritve sil sva izvajala z digitalnim silomerom Vernier, ki si ga je najina mentorica sposodila na Srednji šoli za farmacijo, kozmetiko in zdravstvo Ljubljana. Silomer sva priklopila na prenosni računalnik in rezultati merjenja so se prikazali na zaslonu v obliki grafov.



*Slika 13: Digitalni silomer Vernier* (<https://rb.gy/jba86>)

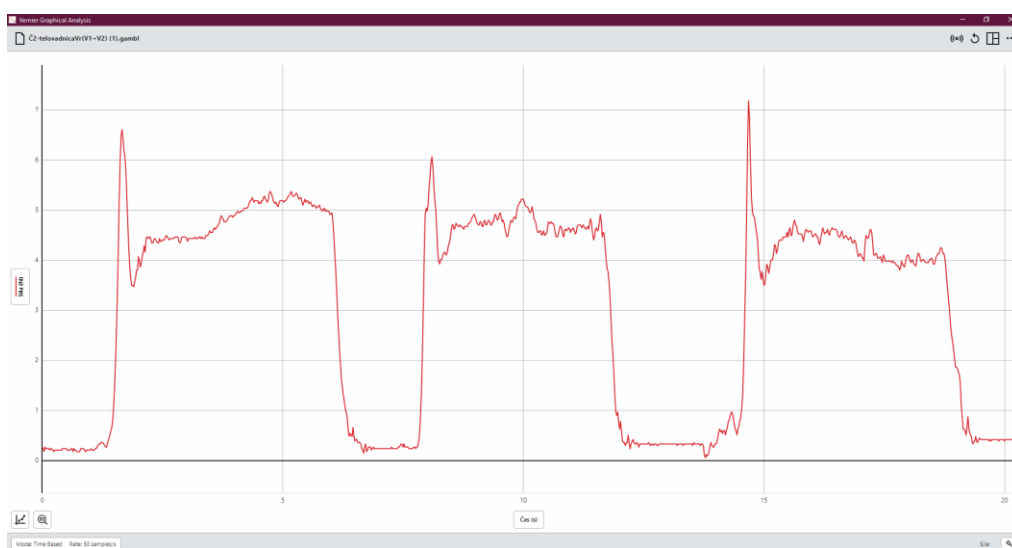
## 2.4 Merjenje

Meritve sva opravila tako, da sva silomer pritrdila na čevelj ali copat in nato vlekla po podlagi. Na čevlje in copate sva dodajala vrečke s peskom. Najprej sva čevelj vlekla z eno vrečko, nato z dvema in na koncu še s tremi.



Slika 14: Merjenje na linoleju (avtorica Tajana Peter)

Vsakič sva opravila po tri meritve. Silo lepenja sva odčitala z ostrega vrha na začetku meritve. To je največja sila lepenja v trenutku, ko čevelj zdrsne. Nato sva čevelj vlekla enakomerno in silo trenja odčitala nekje na sredini krivulje (slika 15).

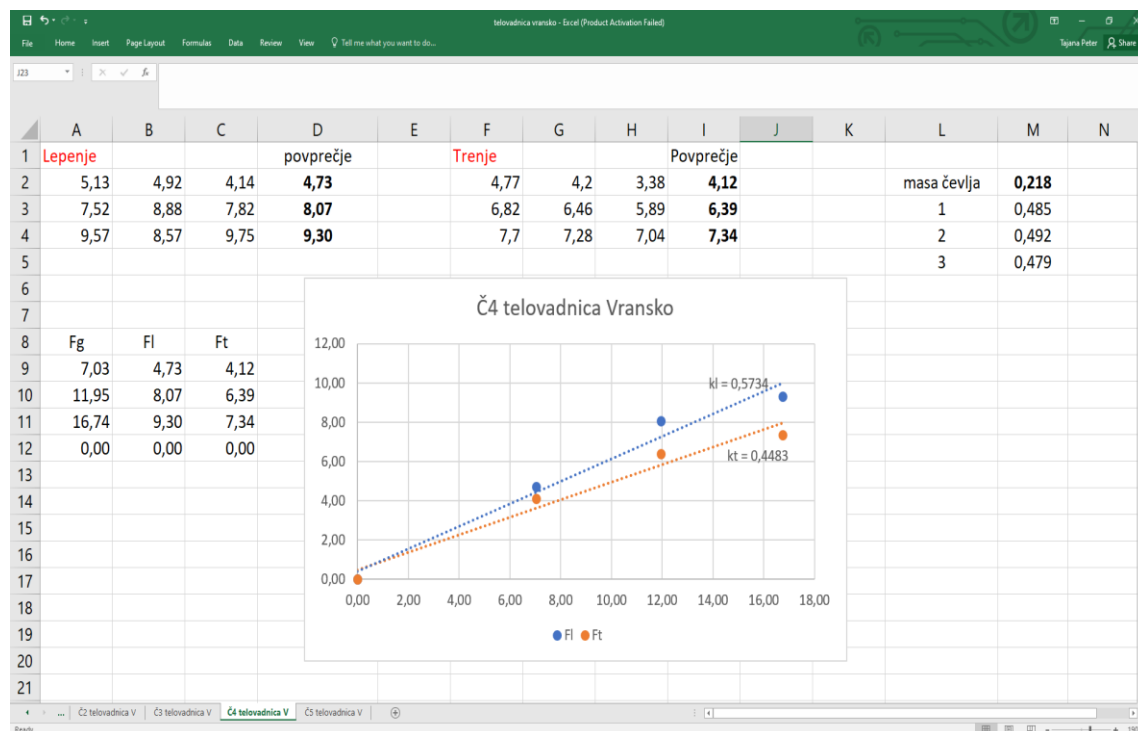


Slika 15: Graf s tremi meritvami sile lepenja in trenja (avtorica Zarja Petrovič Poljanec)

S petimi vrstami čevljev sva merila na petih suhih in dveh mokrih podlagah s tremi različnimi obtežitvami. S štirimi vrstami copat sva merila na treh podlagah s tremi različnimi obremenitvami. Za vsak čevelj in copat sva na vsaki podlagi opravila skupno devet meritev. Tako sva dobila skupno 142 grafov s tremi meritvami.

## 2.5 Analiza meritev

Pripravila sva tabele v Excelu, s katerimi sva si pomagala pri obdelavi meritev.

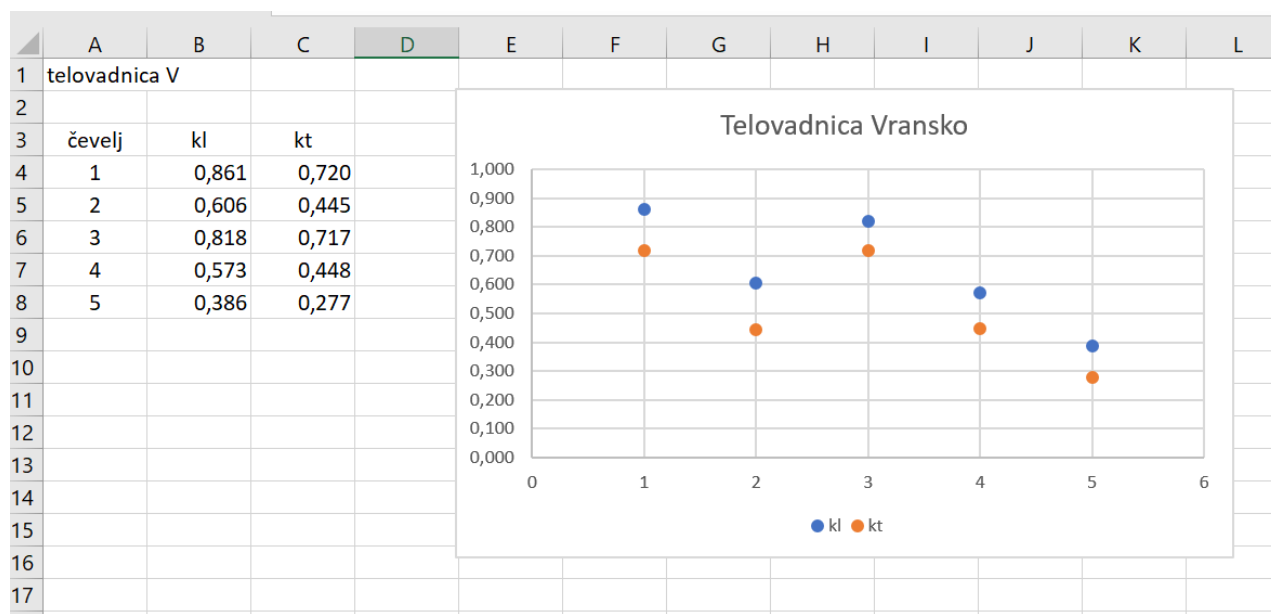


Slika 16: Tabele in grafi za računanje količnikov lepenja in trenja v Excelu (avtorica Zarja Petrovič Poljanec)

V prvem koraku sva na vsakem listu datoteke vnesla izmerjene vrednosti sil trenja in lepenja. Na levi strani sva imela tabelo, v katero sva vnašala te meritve. Povprečne vrednosti so se izračunale s formulo. Na desni strani sva imela podane mase posamezne obutve in obtežilnih vrečk.

V spodnjem delu strani sva naredila tabelo za risanje grafa. Skrajno levo sva vnesla formule, ki so nama izračunale težo za vsako meritev. V drugi in tretji stolpec te tabele so se prepisale povprečne vrednosti lepenja in trenja. Iz te tabele sva na koncu narisala graf z dvema premicama, ob katerih je bila zapisana enačba teh dveh premic. Iz enačb premic sva odčitala smerna količnika, torej  $k_I$  in  $k_t$ . V vsaki datoteki sva pripravila grafe za vse čevlje in copate na posamezni podlagi, za vsako podlago pa sva imela drugo datoteko.

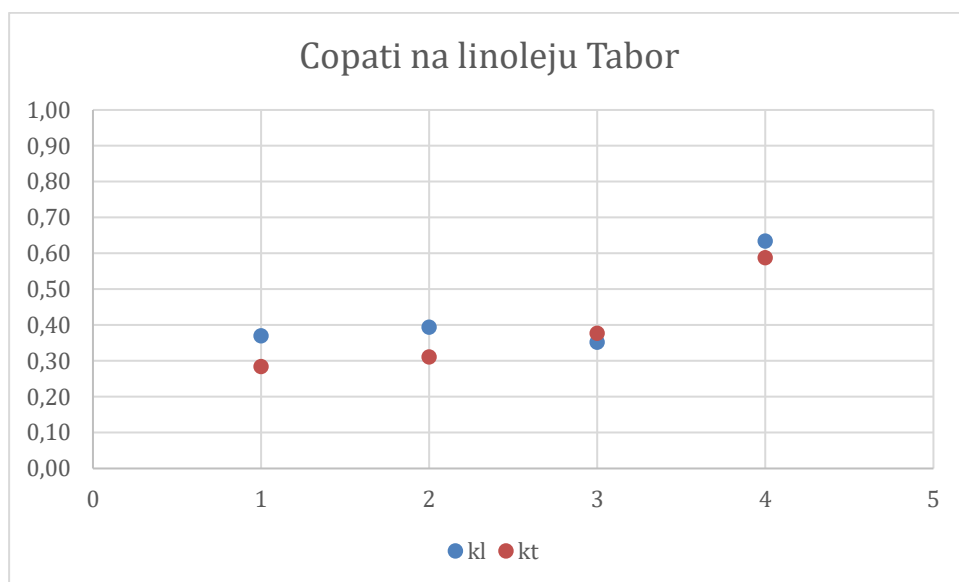
Na koncu sva smerne količnike vseh čevljev in copat na eni podlagi prepisala na novo stran v datoteki in ustvarila zadnjo tabelo. Iz teh sva narisala zadnje grafe (slika 16). Tako sva na koncu dobila devet grafov, ki so za vsako podlago prikazovali razlike med čevlji in copati. To je bil naš končni rezultat, ki je omogočal primerjavo ustreznosti obutve za posamezne površine.



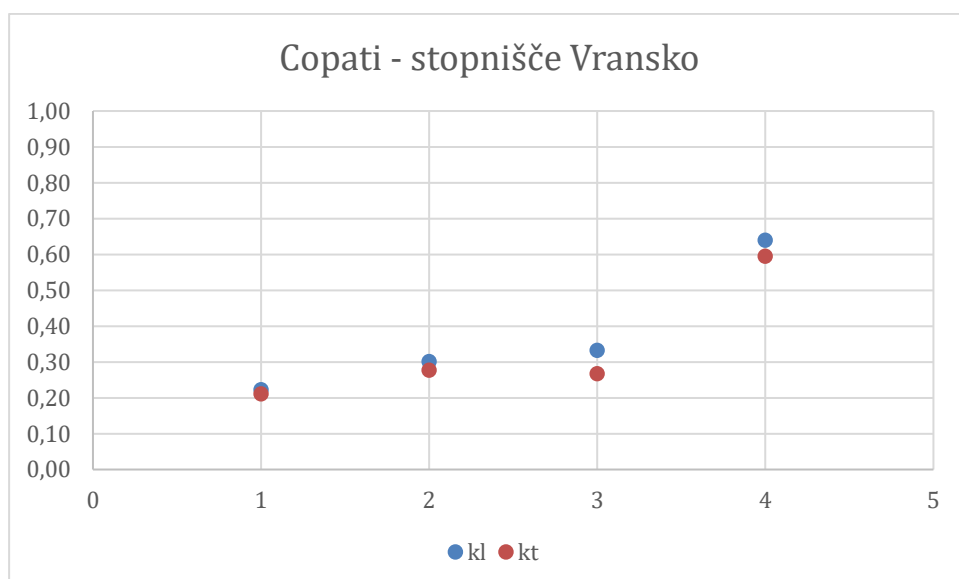
Slika 17: Količniki lepenja in trenja vseh čevljev na posamezni podlagi (avtorica Zarja Petrovič Poljanec)

## 2.6 Rezultati

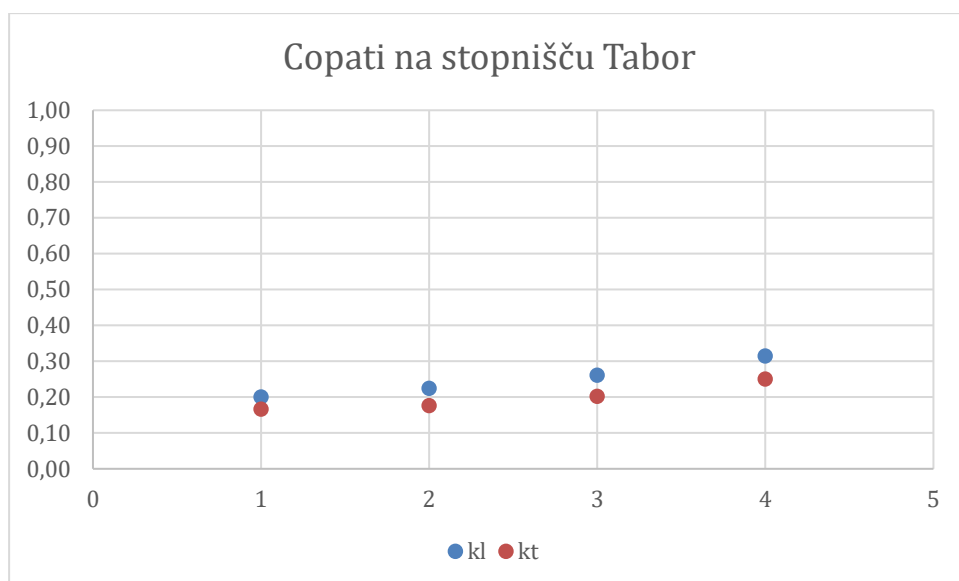
### Ustreznost copat za šolske prostore



*Graf 2: Količniki lepenja in trenja med copati in linolejem v Taboru*



*Graf 3: Količniki trenja in lepenja med copati in kamnitim stopniščem na Vranskem*

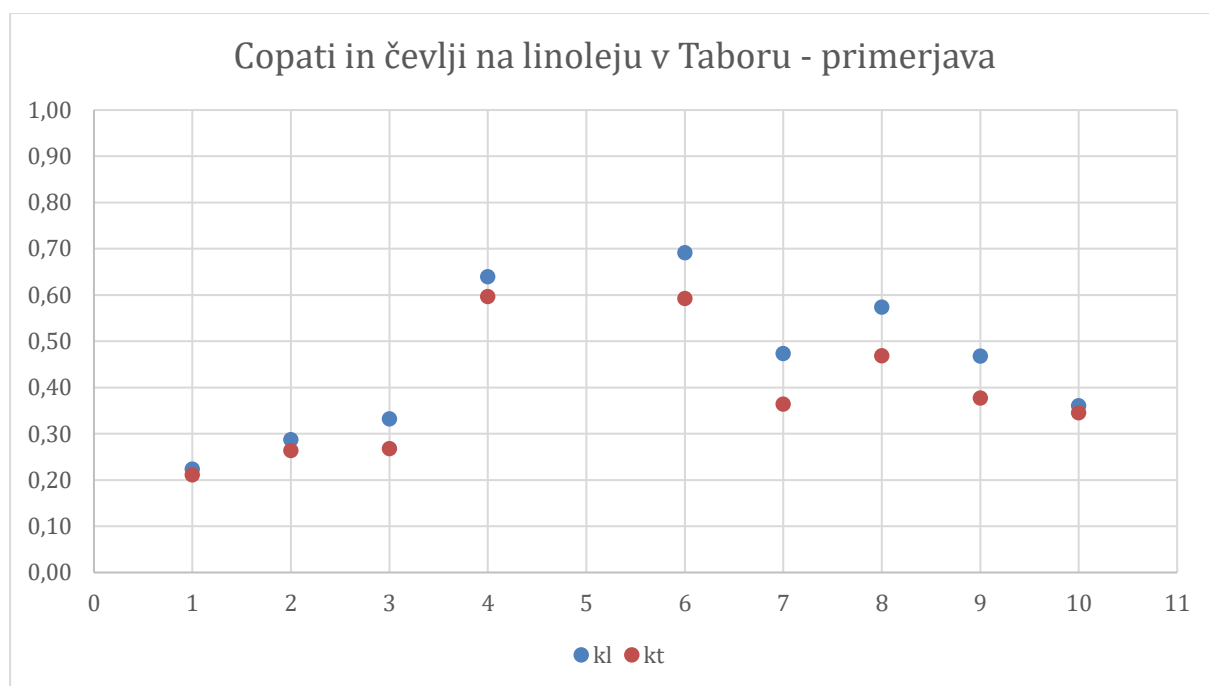


*Graf 4: Količniki trenja in lepenja med copati in keramičnim stopniščem v Taboru*

Meritve kažejo, da so za šolske prostore daleč najbolj primerni pravi šolski copati z lateks podplatom. Sobni copati so popolnoma neprimerni, ker imajo oba količnika okoli 0,2 do 0,3, kar pomeni, da že pri normalni hoji drsi. Presenetilo naju je, da ni praktično nobene razlike med sobnimi copati z različnimi podplati (blago, plastika). Pri teku nam v takšnih copatih precej drsi in s tem je velika nevarnost zdrsov in padcev.

Presenetili so naju tudi rezultati meritev na stopnišču na Taboru, kjer so podlaga keramične ploščice. Glede na to, da na otip ta podlaga deluje bolj grobo, sva pričakovala, da bosta lepenje in trenje na tej podlagi večja. Za vse sobne copate sva dobila enake rezultate kot na ostalih dveh podlagah, pri šolskih copatih pa sva namerila na tem stopnišču precej nižja količnika.

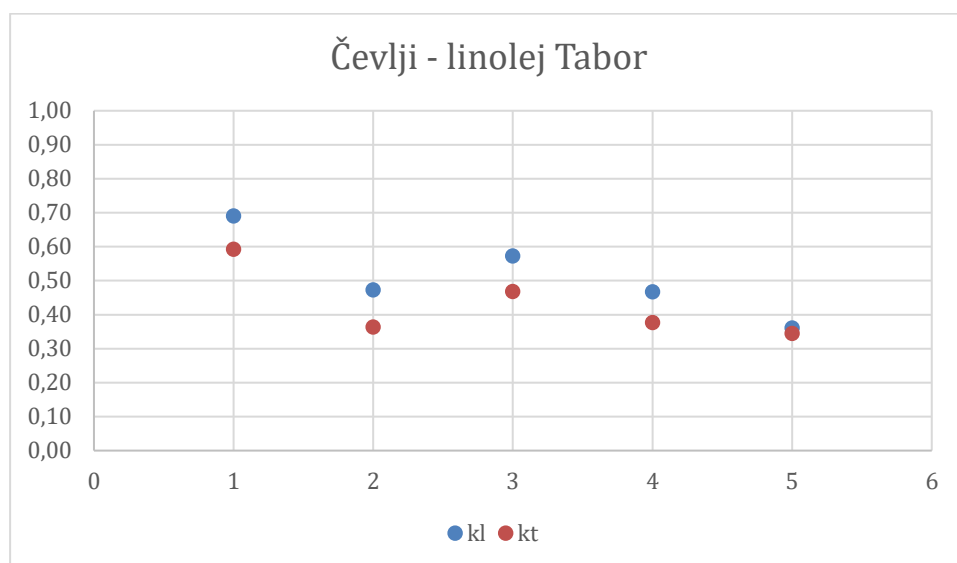
## Primerjava copat in čevljev na isti podlagi - linolej Tabor



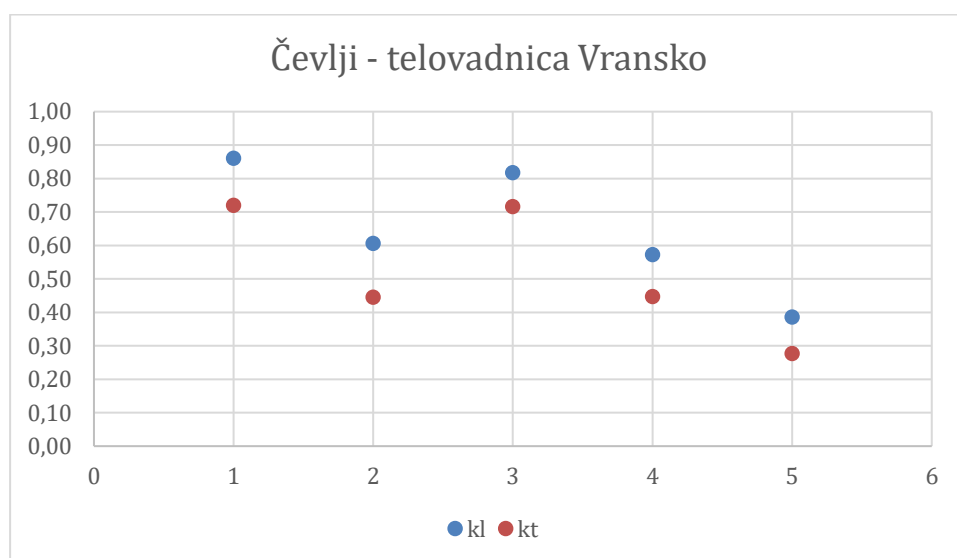
Graf 5: Primerjava med količniki copat (1- 4) in čevljev (6 - 10) na linoleju v Taboru

Primerjava čevljev (meritve 6 -10) in copat (meritve 1 - 4) na isti podlagi pokaže, da imajo čevlji večje  $k_l$  in  $k_t$  od sobnih copat. Šolski copati pa so že primerljivi s čevlji. To potrjuje prejšnjo ugotovitev, da so za šolske prostore veliko bolj primerni od sobnih copat. Iz tega grafa sva sklepala, da to velja na vseh podlagah, zato nisva ponavljala meritev s čevlji še na parketu in stopniščih.

## Ustreznost športnih čevlje za športne površine

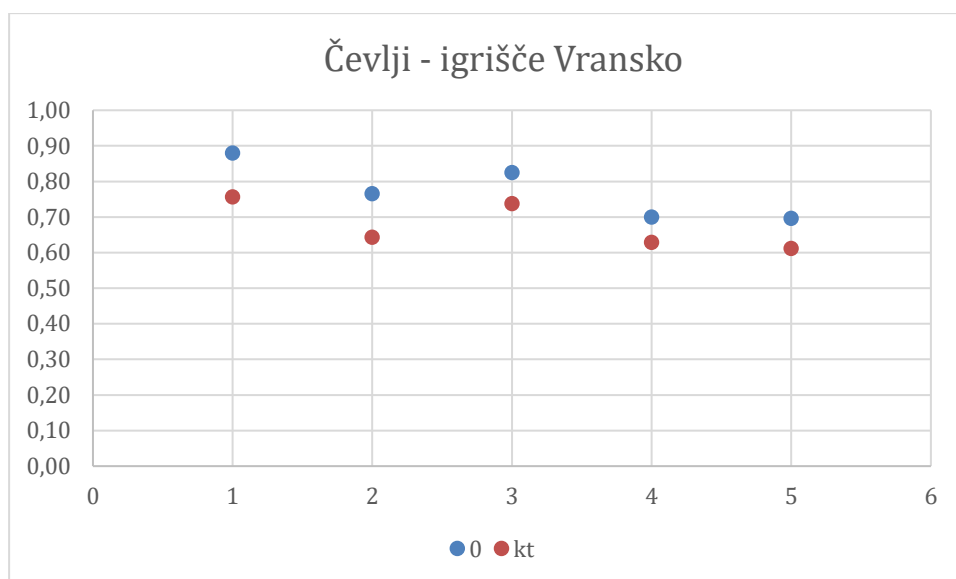


Graf 6: Količniki trenja in lepenja med čevlji in linolejem v Taboru

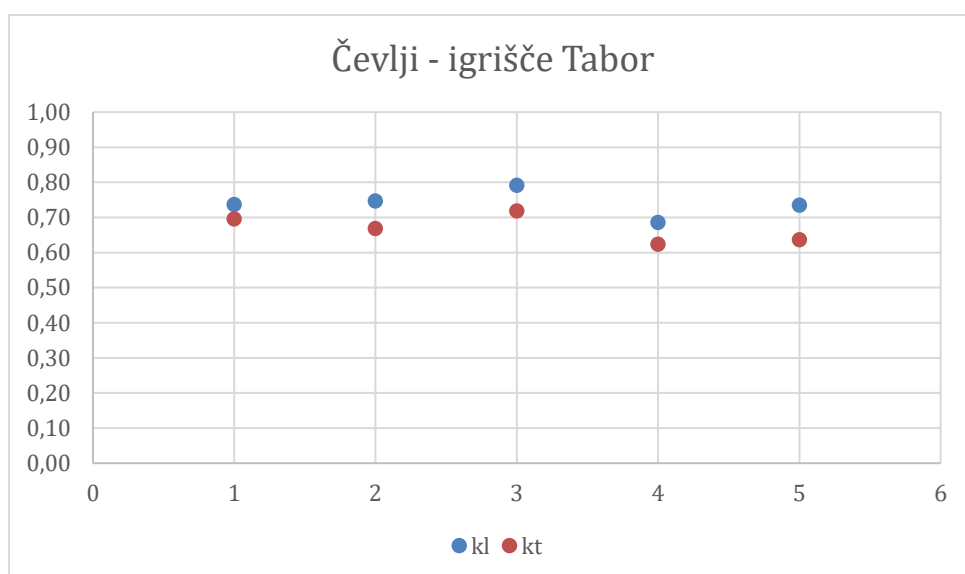


Graf 7: Količniki trenja in lepenja med čevlji in parketom v telovadnici na Vranskem

Iz grafov, ki prikazujeta količnike na linoleju in parketu v telovadnici, vidimo velike razlike med čevlji. Samo dva čevlja imata količnika lepenja in trenja okoli 0,65 kar je po najini oceni minimalno za varno uporabo. Ostali športni copati so nevarni, posebej tisti, ki imajo močno obrabljen podplat.

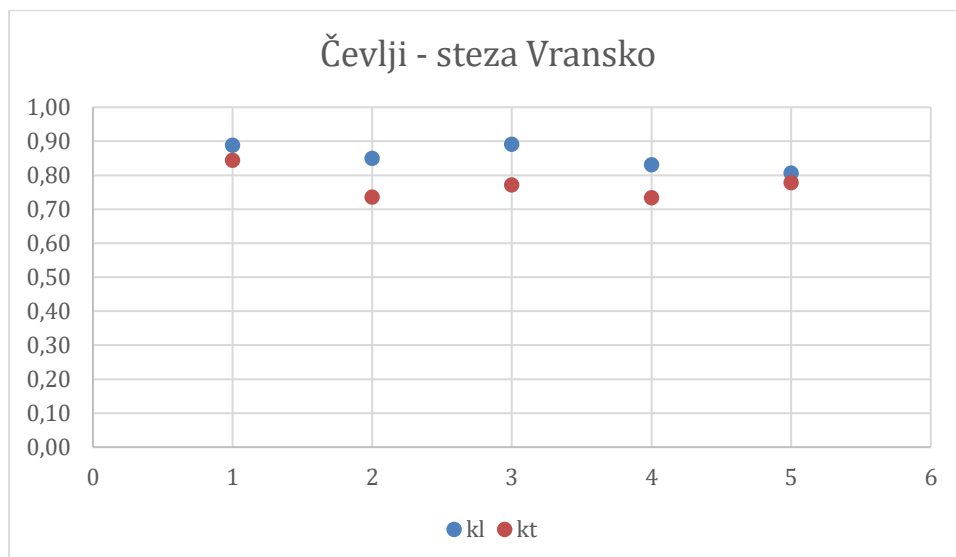


*Graf 8: Količniki trenja in lepenja med čevlji in asfaltom na Vranskem*



*Graf 9: Količniki trenja in lepenja med čevlji in asfaltom v Taboru*

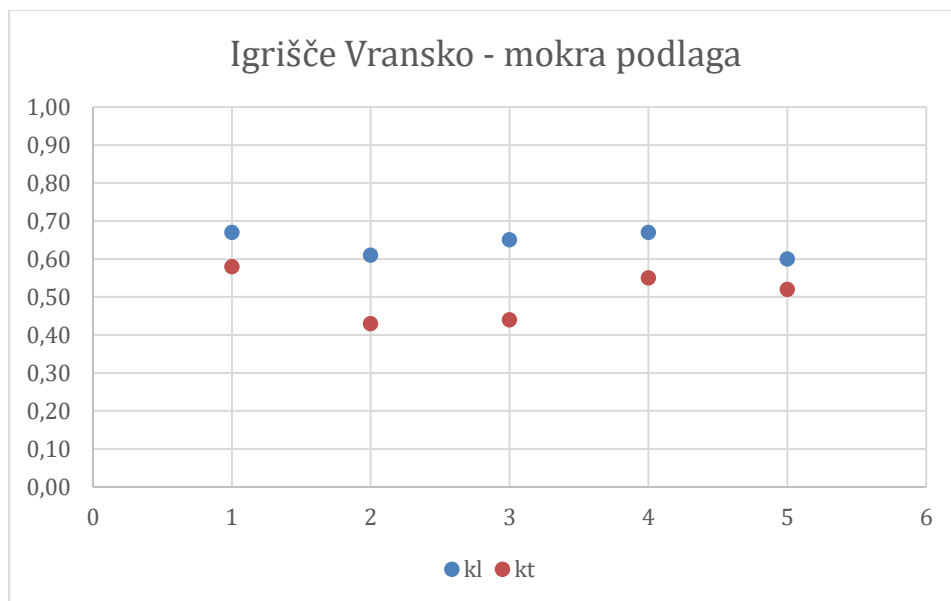
Na šolskih igriščih na Vranskem in v Taboru sva dobila zelo podobne rezultate. To je bilo pričakovano, saj gre v obeh primerih za asfaltno podlago. Iz rezultatov se vidi, da so pri vseh čevljih količniki večji od 0,6, kar pomeni, da so praktično vsi primerni za uporabo na asfaltu. Razlike med posameznimi čevlji so veliko manjše kot na bolj gladkih podlagah.



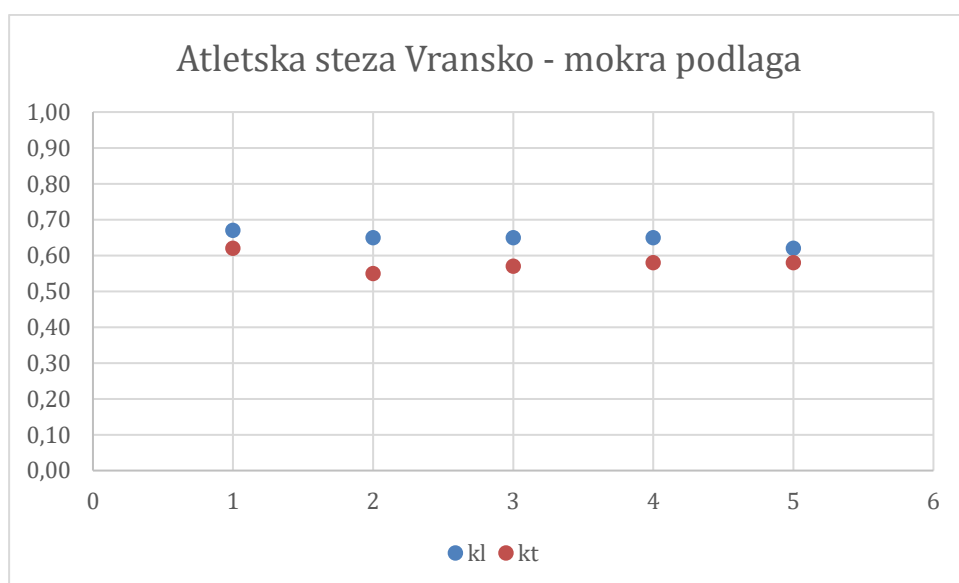
*Graf 10: Količniki trenja in lepenja med čevlji in podlago na stezi Vransko*

Rezultati meritev na atletskih stezah kažejo, da so količniki še večji kot na asfaltu. Iz tega sklepava, da so vsi športni čevlji primerni za uporabo na suhi, neobrabljeni atletski stezi. Meritve sva izvajala samo na neobrabljenem delu steze.

## Primerjava med suho in mokro podlago

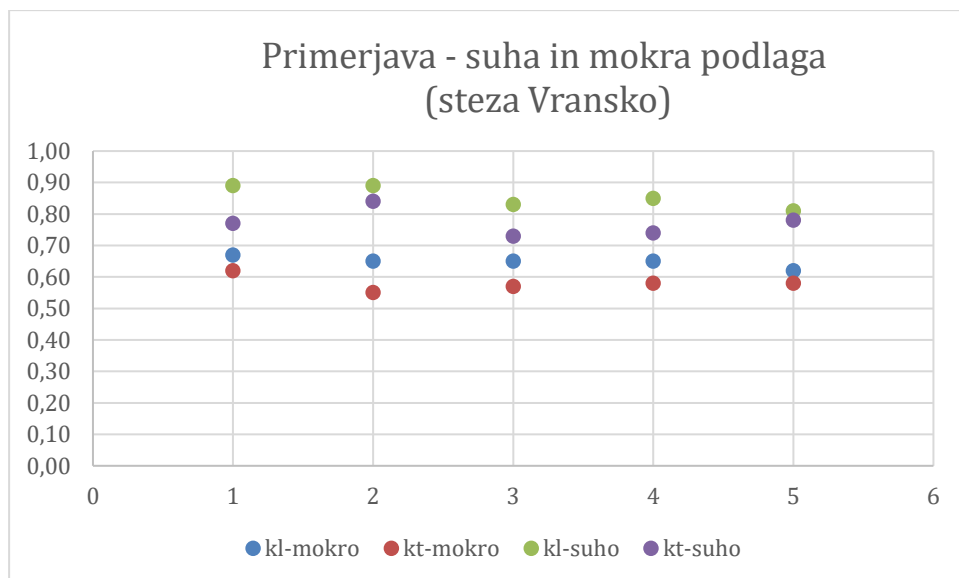


Graf 11: Količniki trenja in lepenja na mokri podlagi na igrišču Vransko

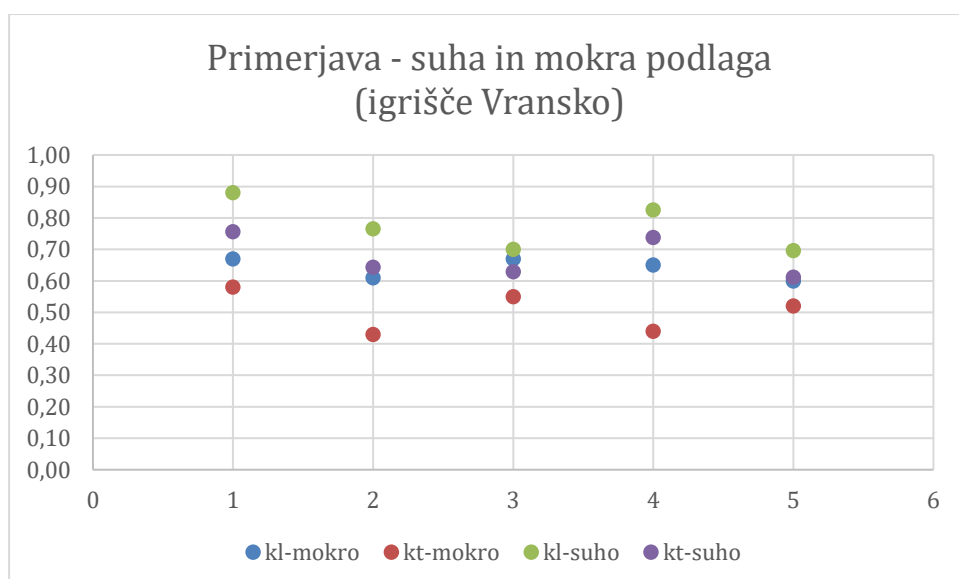


Graf 12: Količniki trenja in lepenja na mokri podlagi na igrišču Vransko

Meritve na mokri podlagi sva izvedla samo zunaj, na asfaltu na igrišču na Vranskem in na tekaški stezi v Vranskem. Vidimo, da se razlike med posameznimi čevlji zmanjšajo, količniki pa so manjši. Na igrišču opazimo precejšnjo razliko med  $k_l$  in  $k_t$ , kar pripisujemo težavam z merjenjem na grobi asfaltni podlagi.



*Graf 13: Primerjava med količniki na mokri in suhi podlagi na stezi Vransko*



*Graf 14: Primerjava med količniki na mokri in suhi podlagi na igrišču Vransko*

Primerjava količnikov na suhi in mokri podlagi v enem grafu za obe površini kaže, da sta trenje in lepenje na mokrem za okoli 0,2 manjši kot na suhem, kar pomeni da manj kvalitetni športni čevlji več niso primerni za vadbo po mokrem. To razloži najina opažanja, zakaj so nekateri sošolci na športnem dnevu padali na nekaterih površinah, nekateri pa so bili povsod stabilni.

## 3. Zaključek

### 3.1 Končne ugotovitve

Ocenjujeva, da so za copate potrebni količniki nad 0,5, za športne čevlje pa nad 0,65. To sva ocenila tako, da sva s copati in čevlji hodila in tekla po vseh podlagah in subjektivno ocenila, pri kateri obutvi nama drsi in pri kateri lahko hodiva in tečeva stabilno. Na koncu sva primerjala izmerjene količnike lepenja in trenja z občutkom.

Pogoju za copate zadostijo samo specialni šolski copati z lateks podplatom, sobni copati vseh vrst so za šolo neprimerni. Žal veliko učencev na naši šoli uporablja prav sobne copate, pri katerih je zelo velika možnost za zdrs, padce in poškodbe. Na starih, zelo obrabljenih stopnicah na gornjem starem delu šolske stavbe na Vranskem je nevarnost zdrsa še posebej velika, ker te stopnice nimajo protizdrsne zaščite. Povsod drugje so stopnice opremljene s protizdrsko zaščito.

Zelo veliko učencev uporablja tudi neprimerno obutev v telovadnici. V telovadnici na parketu so primerni samo športni čevlji z nazobčanim gumijastim podplatom, ker samo takšni dosežejo količnike lepenja in trenja nad 0,65. Na zunanjih površinah je podlaga dovolj groba, da omogoča dovolj visoke količnike trenja in lepenja. Najvišje količnike sva pričakovano izmerila na športnih stezah.

### 3.2 Potrditev hipotez

V nalogi sva v celoti potrdila tri hipoteze, eno pa delno.

*Hipoteza 1: Drsenje je odvisno od obutve in podlage.*

To hipotezo sva potrdila v celoti. To je razvidno iz grafov 2-4 in 6-10, ki prikazujejo različne obutev na eni podlagi. Primerjava vseh teh grafov med seboj pa potrjuje tudi domnevo, da so količniki odvisni tudi od podlage in od tega ali je podlaga suha ali mokra.

*Hipoteza 2: Z merjenjem trenja in lepenja lahko določimo vsaj delno objektivni kriterij za izbor primerne obutve.*

Rezultati najinih meritev potrjujejo domnevo, da sta količnika lepenja in trenja delno objektivni kriterij za oceno primernosti obutve. Nizki  $k_l$  in  $k_t$  pomenijo, da na podlagi drsi, pri količnikih nad 0,65 pa je manjše. Mejo sva določila subjektivno, glede na najin občutek, pri katerem količniku se počutiva varno in stabilno, zato ta kriterij ni povsem objektivni.

*Hipoteza 3: Mnogi učenci v šoli uporabljajo neprimerne copate.*

To hipotezo sva potrdila. Velika večina učencev na naši šoli nosi sobne copate, ki so se izkazali za neprimerne. Mnogi copat sploh nimajo in hodijo samo v nogavicah. Primerne šolske copate nosijo samo učenci prve triade, delno še nekateri v drugi triadi.

*Hipoteza 4: Mnogi učenci pri športnih aktivnostih uporabljajo neprimerno obutev.*

To hipotezo sva delno potrdila. Mnogi imajo neprimerno obutev za telovadnico, ki pa je dovolj dobra za zunanje suhe športne površine. Na mokri podlagi so primerni samo nekateri najboljši športni copati.

### 3.3 Izzivi pri izdelave raziskovalne naloge

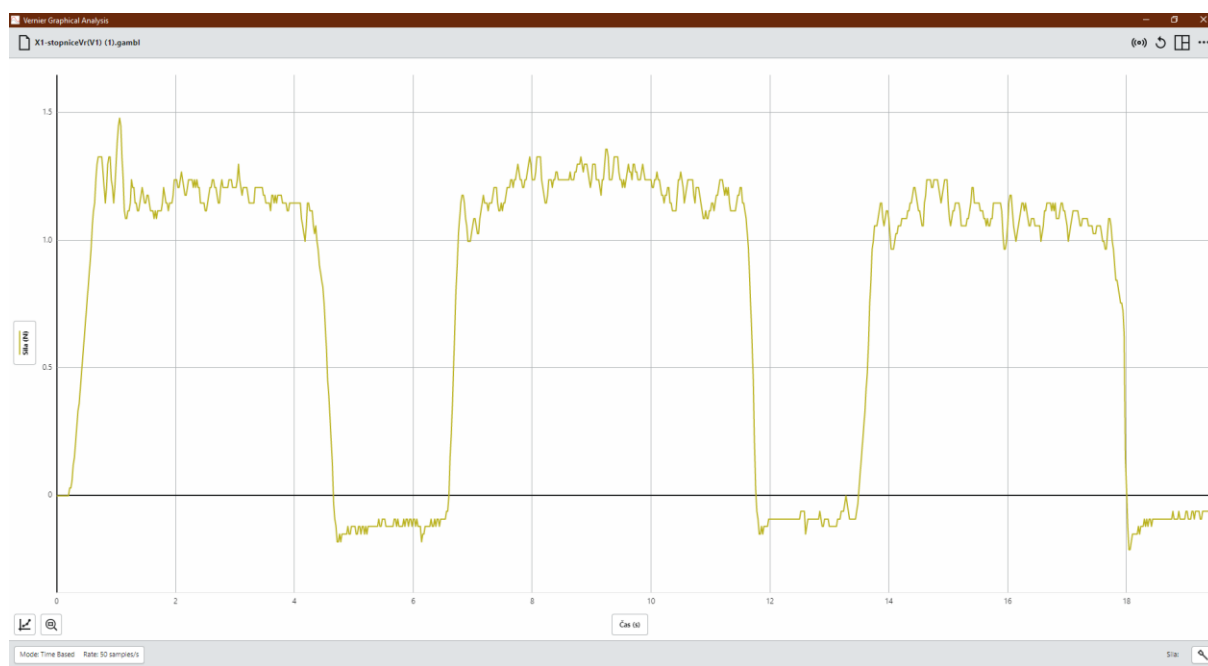
Pri pripravi raziskovalne naloge sva trčila ob mnoge izzive, ki pa sva jih s pomočjo mentorice in staršev bolj ali manj uspešno reševala.

Najprej sva morala poglobljeno preučiti trenje in lepenje, spoznati vrste merskih napak in na koncu še povezavo med količnikoma lepenja in trenja ter grafom premice.

Največja težava pri meritvah je bila slaba baterija na prenosnem računalniku, kar je oteževalo meritve. Meritve so bile dolgotrajne, vmes sva polnila baterijo, zaradi časovne stiske nekaterih slabih meritev nisva mogla ponoviti. Imela sva izposojen digitalni silomer Vernier, ki sva ga morala vrniti kmalu po opravljenih meritvah. Ko sva

kasneje obdelovala in analizirala podatke, sva ugotovila, da bi bilo smiselno nekatere meritve ponoviti, ampak to ni bilo mogoče, ker sva merilnik že vrnila.

Predvsem pri meritvah na zunanjih bolj hrapavih podlagah se je pogosto zgodilo, da je bilo na grafih težko ločiti sili trenja in lepenja ali pa se je sila trenja zelo spreminjala. Vzrok za to je zelo neenakomerna podlaga (asfalt) ali madeži na bolj gladkih podlagah (linolej), na katerih so se čevlji zatikali in preskakovali. Iz tega razloga sva se že na začetku z mentorico dogovorila, da vsako meritev izvedemo trikrat.



*Slika 18: Primer meritve, iz katere je težko odčitati sili trenja in lepenja (avtorica Zarja Petrovič Poljanec)*

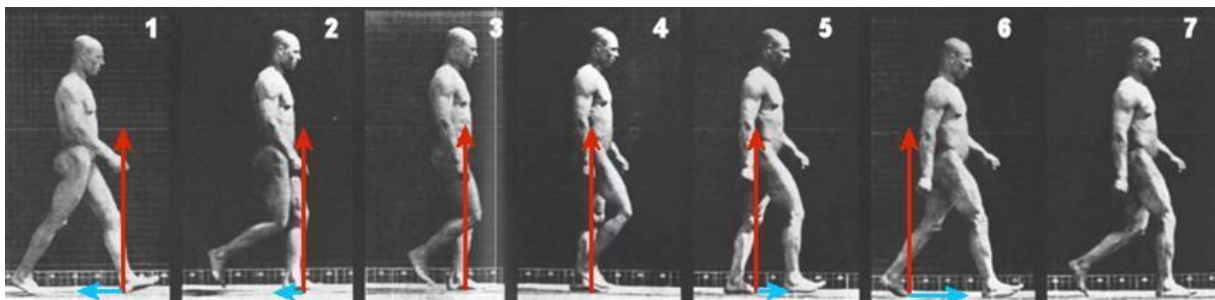
Za obdelavo tako velike količine meritev sva morala uporabiti Excel, s katerim še nisva veliko delala. Zato nama je mentorica pomagala pri izdelavi tabel s formulami. Veliko sva se morala naučiti tudi pri računanju, risanju in oblikovanju grafov v Excelu, prav tako pa tudi pri oblikovanju slik, kazal in besedila v Wordu.

Spoznala sva, da je raziskovalno delo zapleteno, dolgotrajno in da je treba dobro načrtovati vse korake od ideje do končnega izdelka. Kljub vsem izzivom in težavam je bila raziskovalna naloga zanimiva izkušnja, ob kateri sva pridobila precej uporabnega znanja iz informatike, fizike in matematike. Predvsem pa sva spoznala, koliko izzivov in ovir se pojavi pri raziskovalnem delu in izkusila, kako se jih lotiti.

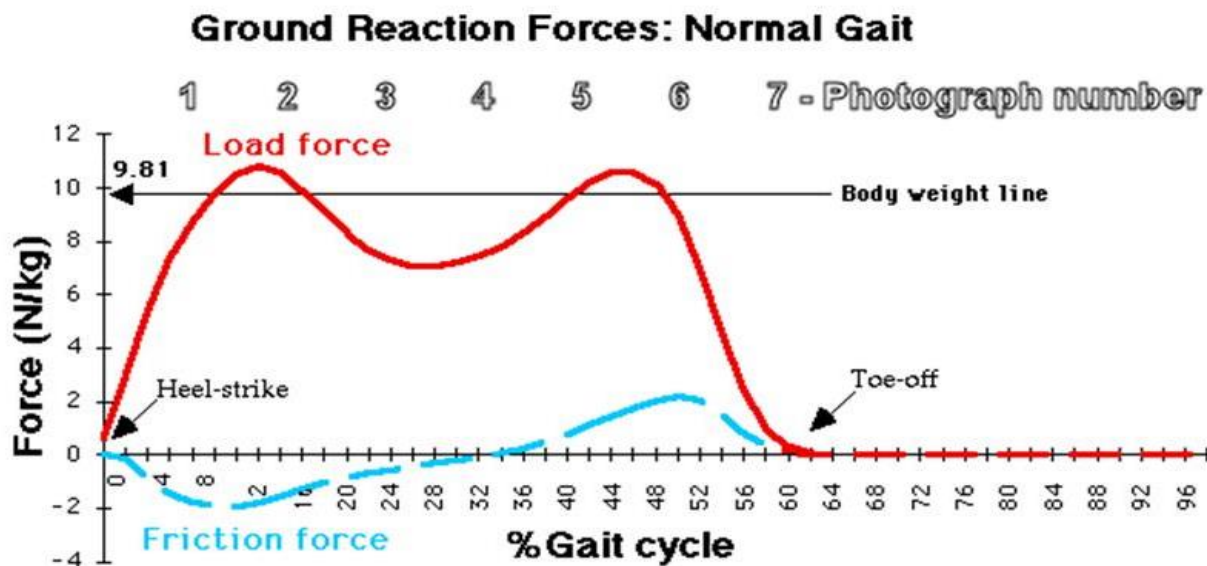
### 3.4 Diskusija

Ob meritvah in analizi podatkov sva prišla še do dveh pomembnih ugotovitev.

Prva je to, da trenje in lepenje pri vleki obtežene obutve po podlagi nista enaka kot pri hoji. Pri hoji nogo upogibamo in sila lepenja se med korakom spreminja, kot nazorno vidimo na spodnjih dveh slikah. [5]



Slika 19: Spreminjanje sile lepenja med korakom (<https://rb.gy/yxf5q>)



Slika 20: Grafični prikaz spreminjanja sile lepenja med korakom (<https://rb.gy/fzbvu>)

Razen tega za različne športe potrebujemo športne čevlje z različnimi  $k_l$  in  $k_t$ . Na primer Pri šprintu je bolje, da sta oba količnika čim višja. Pri športih, kjer s podplatom podrsavamo po podlagi in se obračamo, pa zelo visoki količniki otežujejo gibanje. Ker pa najin namen ni bil določati najbolj primerne obutve za posamezne športe, ampak samo podati oceni, katera obutev je primerna za šolo in pouk športne vzgoje, misliva, da so najine meritve dovolj natančne.

## 4. Viri

- [1] Beznec, B. in drugi, 2018, Moja prva fizika 1, Ljubljana: Modrijan izobraževanje.
- [2] Grubelnik, L. in drugi, Eučbenik Fizika 8 [Elektronski] Dostopno na: <https://eucbeniki.sio.si/fizika8/index.html> [Poskus dostopa 15. 2. 2023].
- [3] Openprof [Elektronski] Dostopno na: [Sila trenja in lepenja :: OpenProf.com](https://www.openprof.com/sila-trenja-in-lepenja) [Poskus dostopa 15. 2. 2023].
- [4] Openprof [Elektronski] Dostopno na: [https://si.openprof.com/wb/graf\\_linearne\\_funkcije?ch=39](https://si.openprof.com/wb/graf_linearne_funkcije?ch=39) [Poskus dostopa 15. 2. 2023].
- [5] Physics.stackexchange.com, 2022 Are the friction and the reaction force from the ground while walking the same? [Elektronski] Dostopno na [newtonian mechanics - Are the friction and the reaction force from the ground while walking the same? - Physics Stack Exchange](https://physics.stackexchange.com/questions/644444/are-the-friction-and-the-reaction-force-from-the-ground-while-walking-the-same) [Poskus dostopa 15. 2. 2023].
- [6] Vernier [Elektronski] Dostopno na: <https://www.vernier.com> [Poskus dostopa 15. 2. 2023].
- [7] Wikipedija [Elektronski] Dostopno na: [Trenje - Wikipedija, prosta enciklopedija \(wikipedia.org\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Trenje) [Poskus dostopa 15. 2. 2023].

## Viri slik

- Slika 1 *Sile na ravni podlagi*  
[elektronski] 2023 [Poskus dostopa 15. 2. 2023]  
[https://si.openprof.com/ge/images/144/trenje\\_lepenje\\_3.jpg](https://si.openprof.com/ge/images/144/trenje_lepenje_3.jpg)
- Slika 2 *Sila lepenja med mirovanjem in tik pred premikom telesa*  
[elektronski] 2023 [Poskus dostopa 15. 2. 2023]  
[https://si.openprof.com/ge/images/144/trenje\\_lepenje\\_2.jpg](https://si.openprof.com/ge/images/144/trenje_lepenje_2.jpg)
- Slika 3 *Sila trenja pri enakomernem in pri pospešenem gibanju*  
[elektronski] 2023 [Poskus dostopa 15. 2. 2023]  
[https://si.openprof.com/ge/images/144/trenje\\_lepenje\\_4.jpg](https://si.openprof.com/ge/images/144/trenje_lepenje_4.jpg)
- Slika 4 *Sile pri odzivu*  
[elektronski] 2023 [Poskus dostopa 15. 2. 2023]  
<https://i.stack.imgur.com/le4eJ.jpg>
- Slika 10 *Telovadnica Vransko*  
[elektronski] 2023 [Poskus dostopa 7. 4. 2023]  
<https://viberatecdn.blob.core.windows.net/entity/venue/sportna-dvorana-vransko-fRqog>
- Slika 13 *Digitalni silomer Vernier*  
[elektronski] 2023 [Poskus dostopa 15. 2. 2023]  
<https://www.vernier.com/zoom/?id=74536>
- Slika 19 *Spreminjanje sile lepenja med korakom*  
[elektronski] 2023 [Poskus dostopa 15. 2. 2023]  
<https://i.stack.imgur.com/MiPuh.jpg>
- Slika 20 *Grafični prikaz spreminjanja sile lepenja med korakom*  
[elektronski] 2023 [Poskus dostopa 15. 2. 2023]  
<https://i.stack.imgur.com/HF6oi.jpg>

## IZJAVA\*

Mentorica Tajana Peter v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Primerna obutev za šolske in športne površine, katere avtorja sta Fedja Petrovič Poljanec in Zarja Petrovič Poljanec:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 4.5.2023

žig šole



Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

\*

### POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.