

# IGRE Z ŽOGO V FIZIKALNI UČILNICI

Fizika in astronomija  
Raziskovalna naloga

Nejc Medvešček  
9. razred

Mentorica: Milena Valentan

2021

Osnovna šola Majde Vrhovnik

## Zahvala

Zahvaljujem se staršem, ki so me podpirali, in bratu (asistentu), ki mi je pomagal. Hvala tudi učiteljici, ki mi je pomagala in mi bila skoraj vedno na razpolago.

## KAZALO

<b>ZAHVALA .....</b>	<b>1</b>
<b>POVZETEK .....</b>	<b>3</b>
<b>UVOD .....</b>	<b>4</b>
<b>CILJI .....</b>	<b>4</b>
<b>HIPOTEZE.....</b>	<b>4</b>
<b>TEORETIČNI DEL .....</b>	<b>5</b>
<b>ODBOJ ŽOGE OBRAVNAVAN S STALIŠČA ENERGIJ .....</b>	<b>5</b>
<b>ODBOJ ŽOGE OBRAVNAVAN S STALIŠČA GIBANJA.....</b>	<b>9</b>
<b>EKSPERIMENTALNI DEL.....</b>	<b>12</b>
<b>ODBIJANJE NOGOMETNE ŽOGE NA RAZLIČNIH PODLAGAH .....</b>	<b>14</b>
<b>ODBIJANJE KOŠARKARSKE ŽOGE NA RAZLIČNIH PODLAGAH.....</b>	<b>26</b>
<b>REZULTATI.....</b>	<b>29</b>
<b>RAZPRAVA.....</b>	<b>29</b>
<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>30</b>
<b>KAZALO SLIK .....</b>	<b>31</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>33</b>

## Povzetek

V teoretičnem delu sem nanizal nekaj fizikalnih dejstev o energijskih pretvorbah, ki se dogajajo med padanjem in med odbojem žoge, o gravitacijski sili, pospešku ter o zračnem uporu, ki med gibanjem deluje na žogo.

V eksperimentalnem delu sem meril višine, do katerih se je odbila nogometna žoga po prvem odboju od tal. Meritve sem opravil na treh različnih podlagah (kamnitih tlakovcih, suhi leseni ter poledeneli leseni podlagi), s treh začetnih višin (3 m, 2 m in 1 m) ter pri 6 ali 7 različnih tlakih v žogah (od približno 20 kPa do 70 kPa). Meritve odboja žoge na kamnitih tlakovcih sem opravil tudi s košarkarsko žogo.

Ugotovil sem, da obstaja pri kamnitih tlakovcih ne glede na vrsto žoge izrazita meja odboja žoge, do katere se odstotek začetne višine viša, po tej meji pa se ta odstotek začne nižati. Ta meja je približno 55 kPa. Spoznal sem, da se pri večjih začetnih višinah nogometna žoga bolje odbija od košarkarske, pri manjših pa je ravno obratno. Nogometna žoga se na poledeneli leseni podlagi v povprečju bolje odbija kot na suhi leseni podlagi. Ta razlika se z večanjem tlaka veča, saj odstotek začetne višine, do katere se žoga odbije, na poledeneli leseni podlagi povprečno intenzivneje raste kot na suhi leseni podlagi. Pri primerjavi odboja nogometne žoge na suhi leseni podlagi z odbojem na kamnitih tlakovcih sem razbral, da se žoga pri večjih začetnih višinah bolje odbija na kamnitih tlakovcih, z manjšanjem začetne višine pa se razlika manjša. Spoznal sem tudi, da se obe žogi na vseh podlagah najbolje odbijata pri majhnih začetnih višinah.

## Uvod

Imam tri brate, s katerimi smo se že od malega igrali različne igre z žogo (nogomet, košarko, med dvema ognjema itd.). Med igro z žogo sem kmalu ugotovil, da na odboj žoge od tal vpliva tlak v žogi. Zanimalo me je, kaj poleg tlaka še vpliva na odboj in kako bi to področje raziskal. Ker imam rad fiziko, sem se odločil za raziskovalno nalogo, v kateri bi povezal oboje – žogo in fiziko. Z učiteljico fizike sem se dogovoril, da bom raziskal odboj žoge od tal. Tema mi je bila vseč tudi zato, ker sem v času epidemije poskuse lahko izvajal doma s preprostimi eksperimentalnimi pripomočki. Začel sem raziskovati in prišel do zelo zanimivih zaključkov.

## Cilji

V raziskovalni nalogi želim:

- ugotoviti, kako tlak v žogi vpliva na odboj žoge od tal,
- raziskati, kako vplivajo različne podlage na odboj žoge od tal,
- ugotoviti, kakšna je razlika pri odboju žoge od suhe ali ledene podlage in
- izvedeti, katere vrste žoga se od tal najbolje odbija (košarkarska ali nogometna).

## Hipoteze

- Višina odboja žoge se pri večanju tlaka v žogi najprej povečuje, pri določenem tlaku pa se začne višina odboja manjšati.
- Na ledeni podlagi se žoga od tal odbije manj kot na suhi.
- Najbolje se od tal odbije košarkarska žoga.

## Teoretični del

### Odboj žoge obravnavan s stališča energij

Žoga ima na neki višini glede na tla potencialno energijo.

$$W_p = F_g \cdot h$$

ali

$$W_p = mgh$$

$W_p$  ... potencialna energija

$F_g$  ... teža

$h$  ... višina

$m$  ... masa

$g$  ... gravitacijski pospešek

Ko žogo spustiš, se začne potencialna energija žoge pretvarjati v kinetično. Tik pred tlemi ima žoga samo kinetično energijo.

Ko se telesa gibljejo po zraku, nanje deluje zaviralna sila, ki jo imenujemo sila zračnega upora. Odvisna je od oblike telesa, velikosti presečne ploskve telesa ter hitrosti gibanja telesa.

Če je vpliv zračnega upora na gibanje žoge zanemarljiv, velja, da je kinetična energija žoge tik pred tlemi enaka začetni potencialni energiji žoge.

$$W_k = W_p$$

$W_k$  ... kinetična energija

$$W_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$m$  ... masa

$v$  ... hitrost

Če vpliva zračnega upora na žogo ne moremo zanemariti, je kinetična energija žoge tik pred tlemi manjša od potencialne, ki jo je imela žoga pred pričetkom padanja.

Delo sile zračnega upora je namreč negativno.

$$W_k = W_p + A_u$$

$A_u$  ... delo sile zračnega upora

Če bi se vsa kinetična energija pri trku s tlemi pretvorila v prožnostno energijo žoge, le-ta pa ob odboju nazaj v kinetično, bi se žoga v brezračnem prostoru odbila do prvotne višine. Ker pa se del kinetične energije žoge pri udarcu ob tla pretvori v notranjo energijo (toploto in mikro mehanske poškodbe žoge), pri gibanju skozi zrak pa na žogo deluje tudi sila zračnega upora, žoga po odboju od tal ne doseže prvotne višine.

S pomočjo pridobljenih podatkov lahko izračunam potencialno energijo žoge pred začetkom padanja in ob predpostavki, da zračni upor zaradi majhnih začetnih višin lahko zanemarim, tudi kinetično energijo žoge tik pred udarcem ob tla. Izračunam lahko tudi potencialno energijo, ki jo ima žoga na najvišji višini po odboju od tal. Iz razlike začetne in končne potencialne energije lahko izračunam, kolikšen delež energije se pri prvem odboju od tal izgubi.

Izbral sem nogometno žogo z maso 440 g, polmerom 11 cm, začetno višino 3 m in tlakom 9 Psi ter izračunal začetno potencialno energijo žoge.

$$W_{p_1} = mgh = 0,44kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 3m = 12,95J$$

Žoga se na kamnitih tlakovcih odbije do višine 1,47 m. Izračunal sem tudi potencialno energijo žoge po odboju ter razliko med začetno in končno potencialno energijo.

$$W_{p_2} = mgh = 0,44kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 1,47m = 6,35J$$

Igre z žogo v fizikalni učilnici

$$W_n = W_{p_1} - W_{p_2} = 12,95J - 6,35J = 6,60J$$

V notranjo energijo se pretvori 6,60 J energije, kar predstavlja 51,0 % začetne potencialne energije žoge.

Enak izračun sem naredil tudi za vse ostale tlake v žogi.

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	razlika med začetno in končno potencialno energijo [J]	delež začetne energije, ki se pretvori v notranjo energijo [%]
9	62,05	6,60	51,0
8	55,16	5,95	46,0
7	48,26	5,95	46,0
6	41,37	6,25	48,3
5	34,47	6,75	52,1
4	27,58	6,85	53,0
3	20,68	7,35	57,0

*Tabela 1: Delež energije, ki se pretvori v notranjo energijo pri nogometni žogi*

Nato sem celoten postopek ponovil z veliko košarkarsko žogo s polmerom 12,3 cm, maso 595 g in začetno višino 3 m.

Potencialna energije te žoge na višini 3 m je 17,51 J.

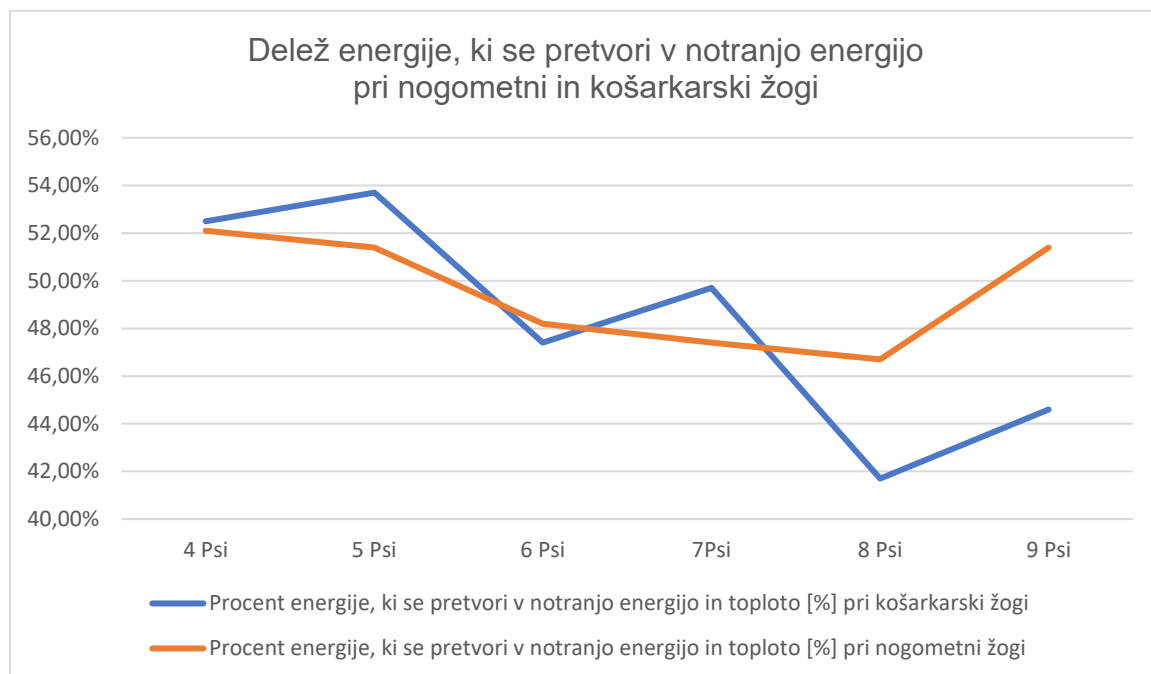
tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	razlika med začetno in končno potencialno energijo [J]	delež začetne energije, ki se pretvori v notranjo energijo [%]
10	68,95	7,31	41,6
9	62,05	7,91	45,2
8	55,16	7,31	41,6
7	48,26	8,71	49,6
6	41,37	8,41	47,9
5	34,47	9,31	53,2
4	27,58	9,21	52,6

*Tabela 2: Delež energije, ki se pretvori v notranjo energijo pri košarkarski žogi*



## Igre z žogo v fizikalni učilnici

Spodnji graf prikazuje, koliko odstotkov začetne potencialne energije se pretvori v notranjo energijo pri košarkarski in nogometni žogi.



*Graf 1: Delež energije, ki se pretvori v notranjo energijo, v odvisnosti od tlaka*

Ugotovil sem, da se pri začetni višini 3 m do tlaka okoli 50 kPa košarkarska in nogometna žoga pri odboju na kamnitih tlakovcih obnašata približno enako, morda se košarkarska žoga odbija celo nekoliko slabše. Pri večjih tlakih pa se pri košarkarski žogi v notranjo energijo pretvori manj odstotkov začetne energije, torej se slednja odbija bolje.

## Odboj žoge obravnavan s stališča gibanja

Žoga pred začetkom padanja miruje. Njena začetna hitrost je enaka nič. Ko žogo spustimo, deluje nanjo le gravitacijska sila (teža), ki privlači vsa telesa na Zemlji proti središču Zemlje. Če je teža edina sila, ki deluje na telo, se telo giblje proti središču Zemlje enakomerno pospešeno z gravitacijskim pospeškom, ki je pri nas približno  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

Če je vpliv zračnega upora na gibanje žoge zanemarljiv, lahko sklepam, da se žoga ves čas padanja proti tlom giblje enakomerno pospešeno z gravitacijskim pospeškom.

Pred udarcem ob tla ima žoga največjo hitrost, ki jo lahko izračunam, če poznam začetno višino žoge.

Iz obrazca za računanje poti najprej izrazim čas padanja.

$$s = \frac{g \cdot t^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

$s$  ... pot

$g$  ... gravitacijski pospešek

$t$  ... čas

Upoštevam, da je končna hitrost žoge produkt gravitacijskega pospeška in časa padanja,

$$v_k = g \cdot t$$

$v_k$  ... končna hitrost

upoštevam obrazec za čas padanja

$$v_k = g \cdot \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2s \cdot g^2}{g}}$$

in izrazim končno hitrost žoge v odvisnosti od začetne višine žoge.

$$v_k = \sqrt{2s \cdot g}$$

S pomočjo pridobljenih podatkov lahko ob predpostavki, da zračni upor zaradi majhnih začetnih višin lahko zanemarim, izračunam končno hitrost žoge tik pred udarcem ob tla. Končno hitrost žoge bi lahko izračunal tudi s pomočjo obrazca za kinetično energijo.

Ker je vpliv sile zračnega upora na gibanje žoge pri padanju proti tlam neznanka, ki se ves čas pojavlja v mojem razmišljanju, sem želel izračunati, kolikšna sila zračnega upora deluje na žogo tik pred tlemi, če jo spustim z največje eksperimentalne višine.

Izbral sem nogometno žogo z maso 440 g, polmerom 11 cm in začetno višino 3 m.

Najprej sem izračunal čas padanja žoge.

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$
$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 3m}{9,81 \frac{m}{s^2}}}$$
$$t = \sqrt{0,61s^2}$$
$$t = \mathbf{0,78s}$$

Nato sem izračunal končno hitrost žoge pred udarcem ob tla.

$$v_k = \sqrt{2s \cdot g}$$

$$v_k = \sqrt{2 \cdot 3m \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$v_k = 7,66 \frac{m}{s}$$

V literaturi sem poiskal, kako bi izračunal silo zračnega upora, ki deluje na žogo. Za računanje sile zračnega upora sem našel spodnji obrazec.

$$F_u = \frac{1}{2} c_u \rho S v^2$$

$F_u$  ... sila upora

$c_u$  ... koeficient upora (za kroglo je ta 0,47)

$\rho$  ... gostota snovi, po kateri se telo giblje

$S$  ... presečna ploskev telesa

$v$  ... hitrost telesa

Sila zračnega upora tik preden žoga udari ob tla je:

$$F_u = \frac{1}{2} \cdot 0,47 \cdot 1,225 \frac{kg}{m^3} \cdot 380 \text{ cm}^2 \cdot 58,68 \frac{m^2}{s^2}$$

$$F_u = \frac{1}{2} \cdot 0,47 \cdot 1,225 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,038 \text{ m}^2 \cdot 58,68 \frac{m^2}{s^2}$$

$$F_u = 0,64N$$

Ugotovil sem, da na žogo s težo 4,32 N tik pred tlemi deluje sila zračnega upora 0,64 N, kar znaša približno 15 % teže. Glede na to, da sila zračnega upora raste s kvadratom hitrosti, ocenjujem, da povprečna sila zračnega upora, ki deluje na žogo, ne presega 5 % teže, zato lahko njen vpliv zanemarimo.

## Eksperimentalni del

Za merjenje odboja sem izbral 2 žogi: košarkarsko ter nogometno.

košarkarska žoga

nogometna žoga



Slika 1: Žogi

Žogi sem stal in izmeril njuna obsega ter izračunal njuna polmera.

žoga	košarkarska	nogometna
masa [g]	595	440
obseg [cm]	77	69
polmer [cm]	12,3	11

Tabela 3: Podatki o žogah

### Potek merjenja

Na dolgi leseni deski sem označil razdaljo en, dva ter tri metre in si tako izdelal dolžinsko merilo. Izbrano žogo sem s tlačilko zraka napihnil do določenega tlaka, ki sem ga izmeril z merilcem tlaka. Asistent (moj brat) je nato žogo spustil z višine treh metrov, kjer je bila narisana črta. Jaz sem medtem gledal, do katere višine se je žoga odbila in po prvem odboju to označil na deski. Nato sva postopek ponovila za vse izbrane tlake in vse začetne višine. Ko sva končala, sem desko položil na tla in izmeril razdalje do narisanih črt ter rezultate meritev zapisal v tabelo na papirju.

## Igre z žogo v fizikalni učilnici

Meritve tlaka sem opravil v enoti Psi (angl. *Pounds per square inch*, kar pomeni funt na kvadratni palec), nato pa sem jih pretvoril v paskale, ki so mednarodna merska enota.

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$1 \text{ Psi} = 6894,76 \text{ Pa} = 6,89 \text{ kPa}$$



Slika 3: Pripomočki pri delu



Slika 2: Lestev, s katere sem spuščal žogi

Za podlage, na katerih sem meril odboj, sem izbral suho in poledenelo leseno podlago ter kamnite tlakovce. Te podlage sem izbral, ker sem jih imel v času izolacije in šolanja na daljavo na voljo doma. V šoli igramo košarko in nogomet največkrat na parketu v šolski telovadnici ali na asfaltu na šolskem igrišču, zato so se mi zdeli kamniti tlakovci primeren približek asfalta, lesena podlaga pa nadomestek za parket v šolski telovadnici. Ker je moje eksperimentiranje potekalo pred hišo sredi zime, me je zanimal tudi vpliv ledu na odboj, zato sem naredil tudi primerjavo med odbojem žoge na suhi in poledeneli leseni podlagi.

**Odbijanje nogometne žoge na različnih podlagah****Kamniti tlakovci, začetna višina 3 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
9	62,05	147,0	49,2
8	55,16	162,0	54,0
7	48,26	161,5	53,8
6	41,37	158,0	52,6
5	34,47	146,5	48,8
4	27,58	144,5	48,2
3	20,68	133,0	44,3

*Tabela 4: Odboj nogometne žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 3 m***Kamniti tlakovci, začetna višina 2 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
9	62,05	106,5	53,30
8	55,16	116,5	58,25
7	48,26	111,0	55,50
6	41,37	105,5	52,75
5	34,47	102,5	51,25
4	27,58	98,5	49,25
3	20,68	94,5	47,25

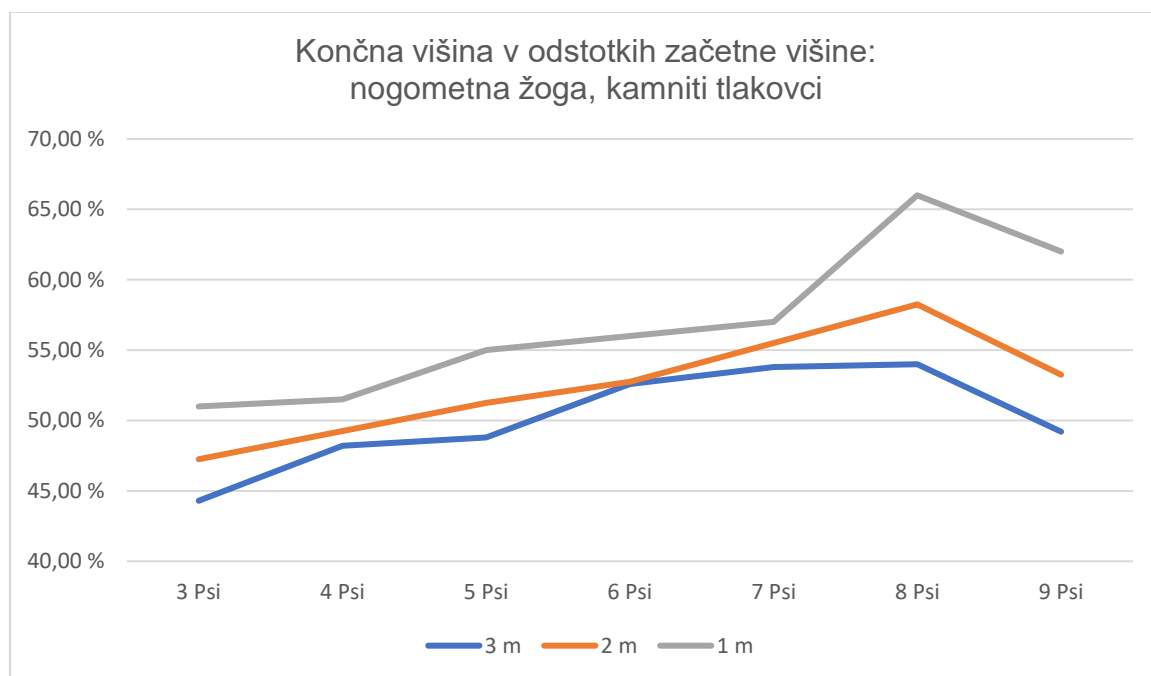
*Tabela 5: Odboj nogometne žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 2 m*

**Kamniti tlakovci, začetna višina 1 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
9	62,05	62,0	62,0
8	55,16	66,0	66,0
7	48,26	57,0	57,0
6	41,37	56,0	56,0
5	34,47	55,0	55,0
4	27,58	51,5	51,5
3	20,68	51,0	51,0

*Tabela 6: Odboj nogometne žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 1 m*

Odboj nogometne žoge na kamnitih tlakovcih pri različnih višinah in različnih tlakih sem predstavil tudi grafično.



*Graf 2: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, kamniti tlakovci*



Iz grafa je razvidno, da pri manjši začetni višini nogometna žoga po prvem odboju na kamnitih tlakovcih doseže večji odstotek začetne višine kot pri večji začetni višini. To pomeni, da se pri manjših začetnih višinah nogometna žoga na kamnitih tlakovcih boljše odbija kot pri večjih začetnih višinah.

Z večanjem tlaka se pri vseh začetnih višinah do tlaka okoli 55 kPa povečuje odstotek začetne višine, do katere se odbije nogometna žoga po prvem odboju na kamnitih tlakovcih. Ko tlak v žogi še povečamo, se ta odstotek zmanjša. To pomeni, da se do določenega tlaka z njegovim večanjem nogometna žoga boljše odbija, nad določenim tlakom pa se odbija slabše.

### Suha lesena podlaga, začetna višina 3 m:

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
10	68,95	155,0	51,67
9	62,05	151,0	50,34
8	55,16	145,5	48,50
7	48,26	148,0	49,34
6	41,37	146,5	48,84
5	34,47	144,0	48,00
4	27,58	139,5	49,50

*Tabela 7: Odboj nogometne žoge na suhi leseni podlagi pri začetni višini 3 m*

**Suha lesena podlaga, začetna višina 2 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
10	68,95	118,0	59,0
9	62,05	108,0	54,0
8	55,16	100,0	50,0
7	48,26	106,0	53,0
6	41,37	95,0	47,5
5	34,47	97,5	48,7
4	27,58	91,0	45,5

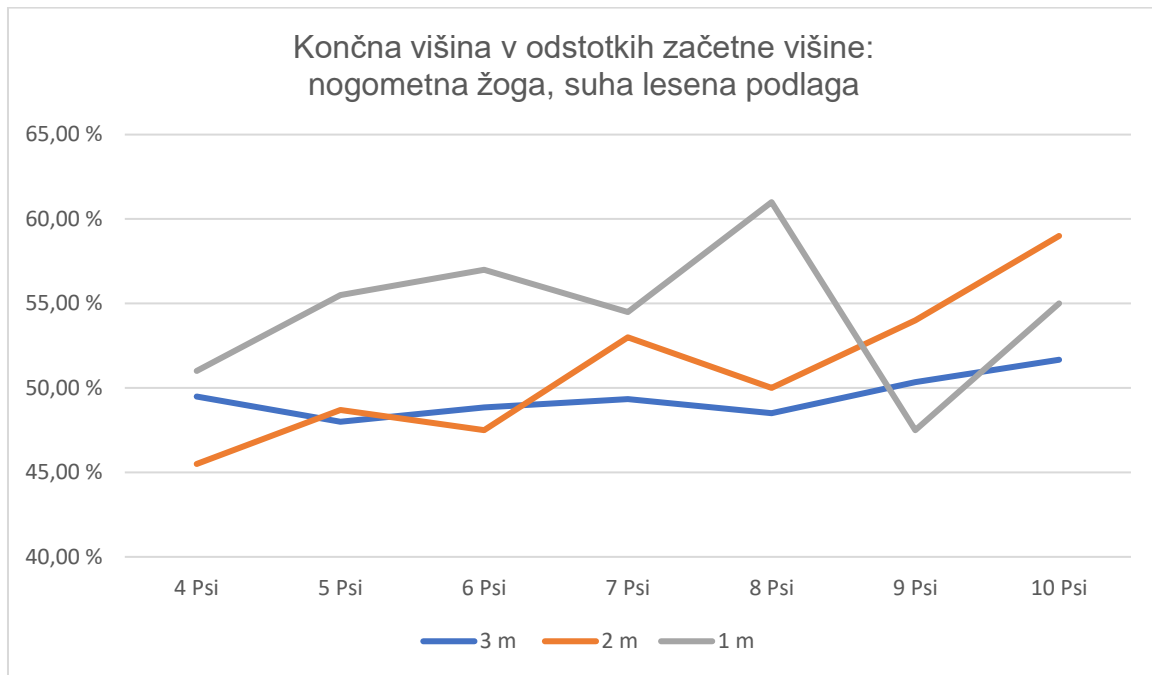
Tabela 8: Odboj nogometne žoge na suhi leseni podlagi pri začetni višini 2 m

**Suha lesena podlaga, začetna višina 1 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
10	68,95	55,0	55,0
9	62,05	47,5	47,5
8	55,16	61,0	61,0
7	48,26	54,5	54,5
6	41,37	57,0	57,0
5	34,47	55,5	55,5
4	27,58	51,0	51,0

Tabela 9: Odboj nogometne žoge na suhi leseni podlagi pri začetni višini 1 m

Odboj nogometne žoge na suhi leseni podlagi sem predstavil tudi grafično.



*Graf 3: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena podlaga*

Iz grafa vidimo, da pri začetni višini 1 meter nogometna žoga po prvem odboju do tlaka okoli 55 kPa tudi na suhi leseni podlagi doseže večji odstotek začetne višine kot pri večji začetni višini. To pomeni, da se pri začetni višini 1 meter nogometna žoga na suhi leseni podlagi do tlaka 55 kPa bolje odbija kot pri večjih začetnih višinah. Pri povečanju tlaka nad 55 kPa pa se je žoga odbila slabše.

Pri začetnih višinah 2 in 3 metre se z večanjem tlaka odstotek začetne višine, do katere se odbije žoga po prvem odboju, ves čas viša. Pri tej podlagi ne najdem tlaka, do katerega bi se višina z večanjem tlaka večala. Od te vrednosti naprej pa bi se odbita višina manjšala, kot sem to opazil pri kamnitih tlakovcih.



*Slika 4: Suha in poledenela lesena podlaga*

**Poledenela lesena podlaga, začetna višina 3 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
10	68,95	168,0	56,00
9	62,05	162,0	54,00
8	55,16	156,5	52,17
7	48,26	155,0	51,67
6	41,37	149,5	49,84
5	34,47	143,5	47,84
4	27,58	140,5	46,84

*Tabela 10: Odboj nogometne žoge na poledeneli leseni podlagi pri začetni višini 3 m*

**Poledenela lesena podlaga, začetna višina 2 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
10	68,95	133,5	66,75
9	62,05	104,0	52,00
8	55,16	111,5	55,75
7	48,26	102,5	51,25
6	41,37	106,0	53,00
5	34,47	96,5	48,25
4	27,58	96,0	48,00

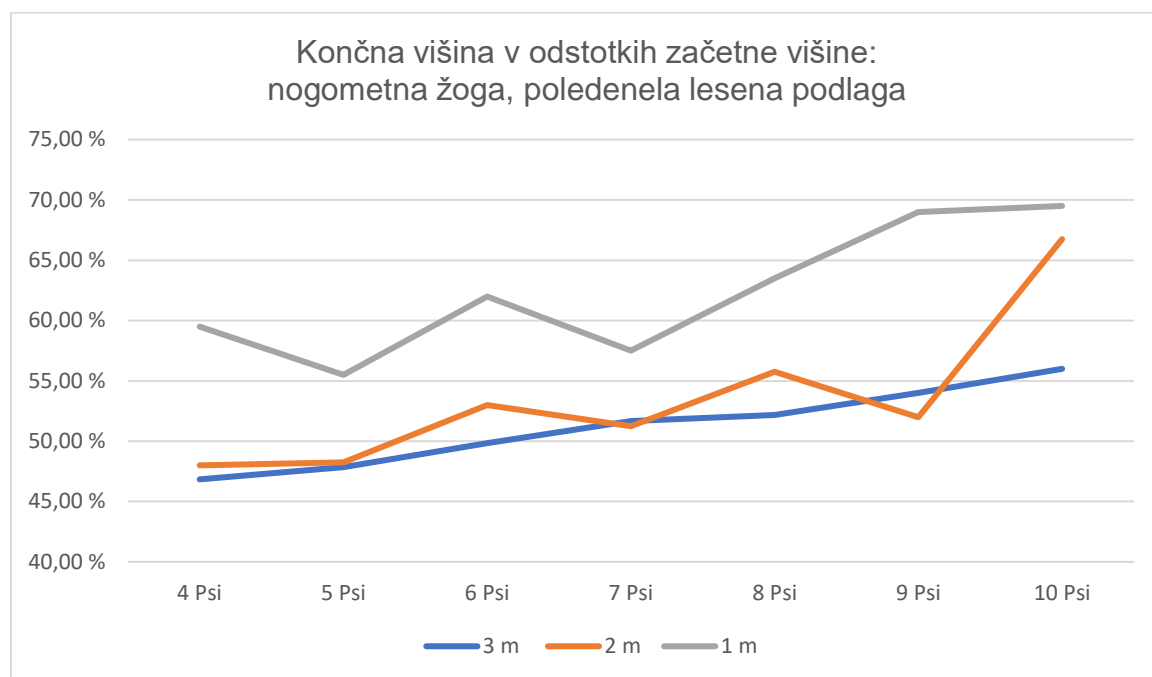
*Tabela 11: Odboj nogometne žoge na poledeneli leseni podlagi pri začetni višini 2 m*

**Poledenela lesena podlaga, začetna višina 1 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
10	68,95	69,5	69,5
9	62,05	69,0	69,0
8	55,16	63,5	63,5
7	48,26	57,5	57,5
6	41,37	62,0	62,0
5	34,47	55,5	55,5
4	27,58	59,5	59,5

*Tabela 12: Odboj nogometne žoge na poledeneli leseni podlagi pri začetni višini 1 m*

Grafična predstavitev odboja nogometne žoge na poledeneli leseni podlagi.

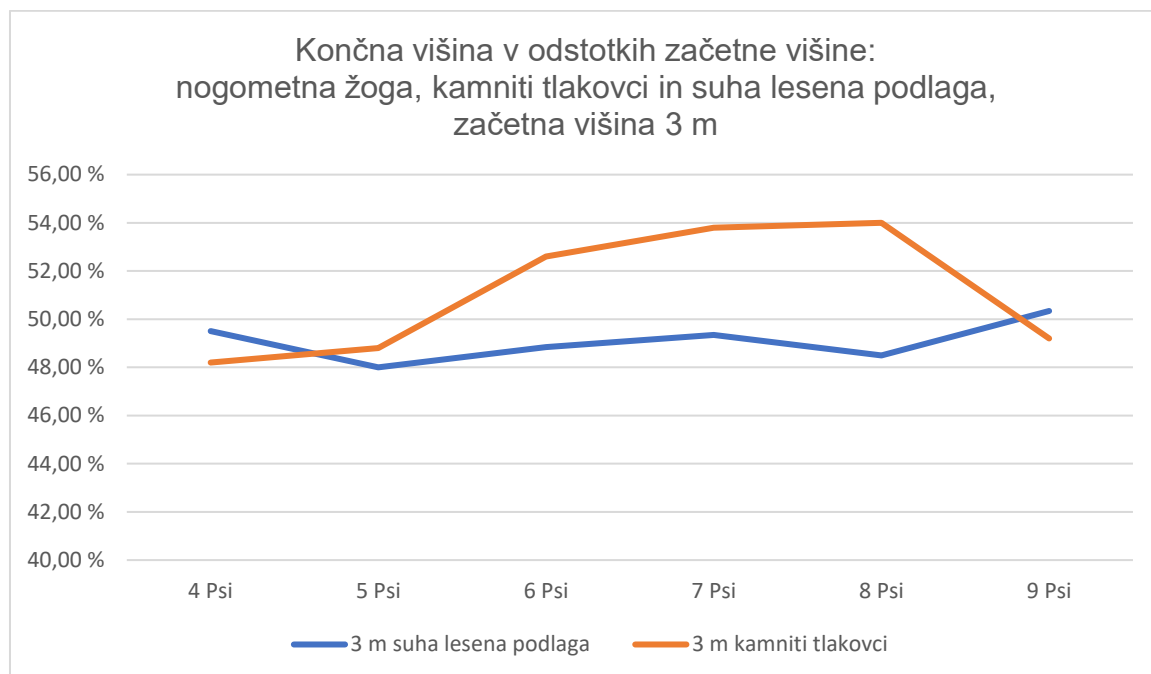


*Graf 4: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena podlaga*

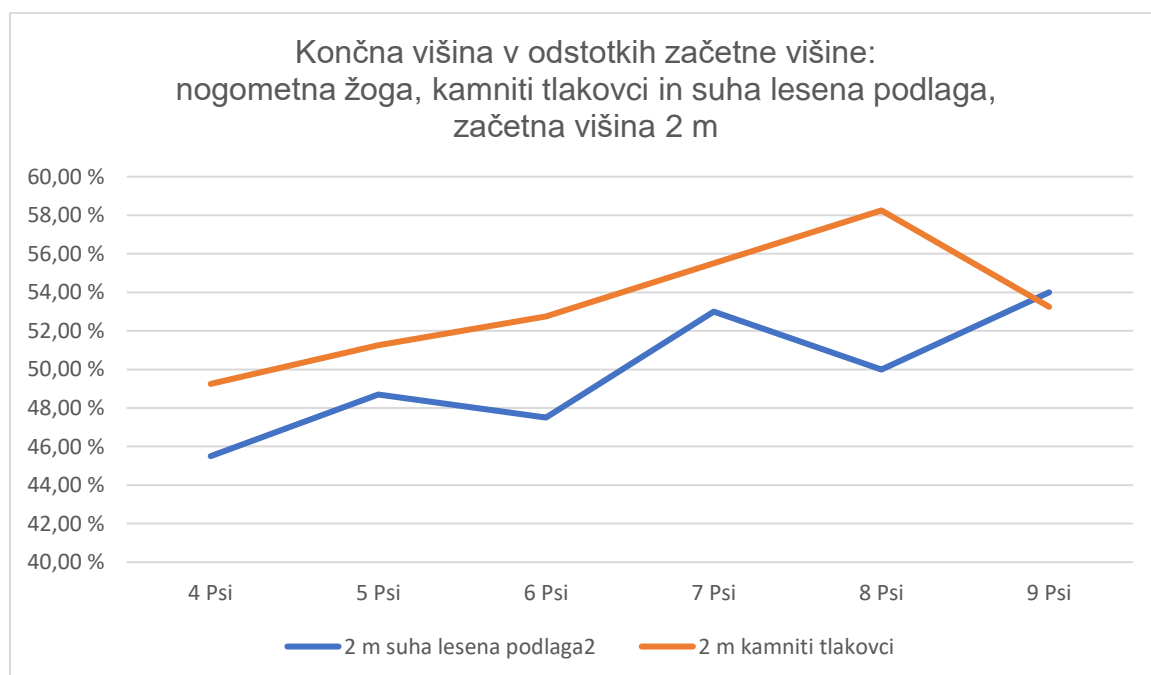
Pri začetni višini 1 meter nogometna žoga po prvem odboju tudi na poledeneli leseni podlagi doseže višji odstotek začetne višine kot pri večji začetni višini. To pomeni, da se pri začetni višini 1 meter nogometna žoga tudi na poledeneli leseni podlagi boljše odbija kot pri večjih začetnih višinah. Med začetnima višinama 2 in 3 metre pa niso opazne večje razlike. Vidim le, da se z večanjem tlaka v nogometni žogi odstotek začetne višine, do katere se žoga odbije, viša. Tudi pri tej podlagi ne najdem tlaka, do katerega bi se višina z večanjem tlaka večala. Če bi tlak od te vrednosti še povečevali, bi se odbita višina manjšala, kot smo to opazili pri kamnitih tlakovcih.

## Igre z žogo v fizikalni učilnici

Zanimala me je tudi primerjava odbijanja nogometne žoge na kamnitih tlakovcih in na suhi leseni podlagi. Spodnji grafi prikazujejo odbito višino v odstotkih začetne višine za odboj na suhi leseni podlagi in na kamnitih tlakovcih za vse začetne višine.

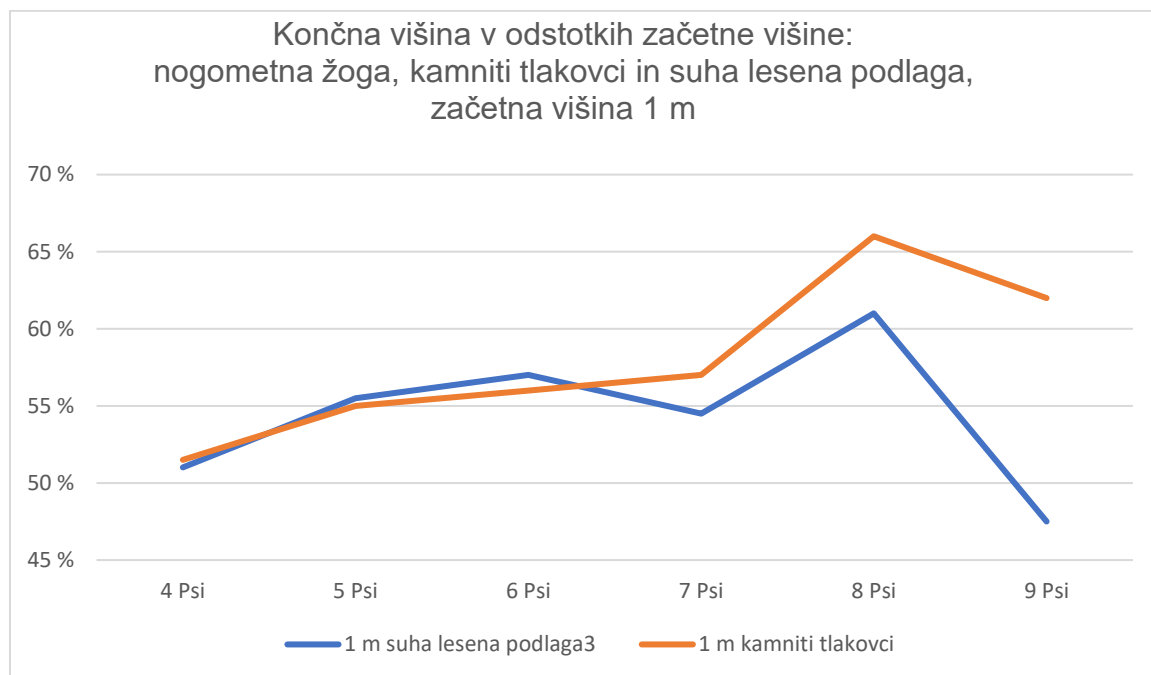


*Graf 5: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, kamniti tlakovci in suha lesena podlaga, začetna višina 3 m*



*Graf 6: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, kamniti tlakovci in suha lesena podlaga, začetna višina 2 m*

## Igre z žogo v fizikalni učilnici



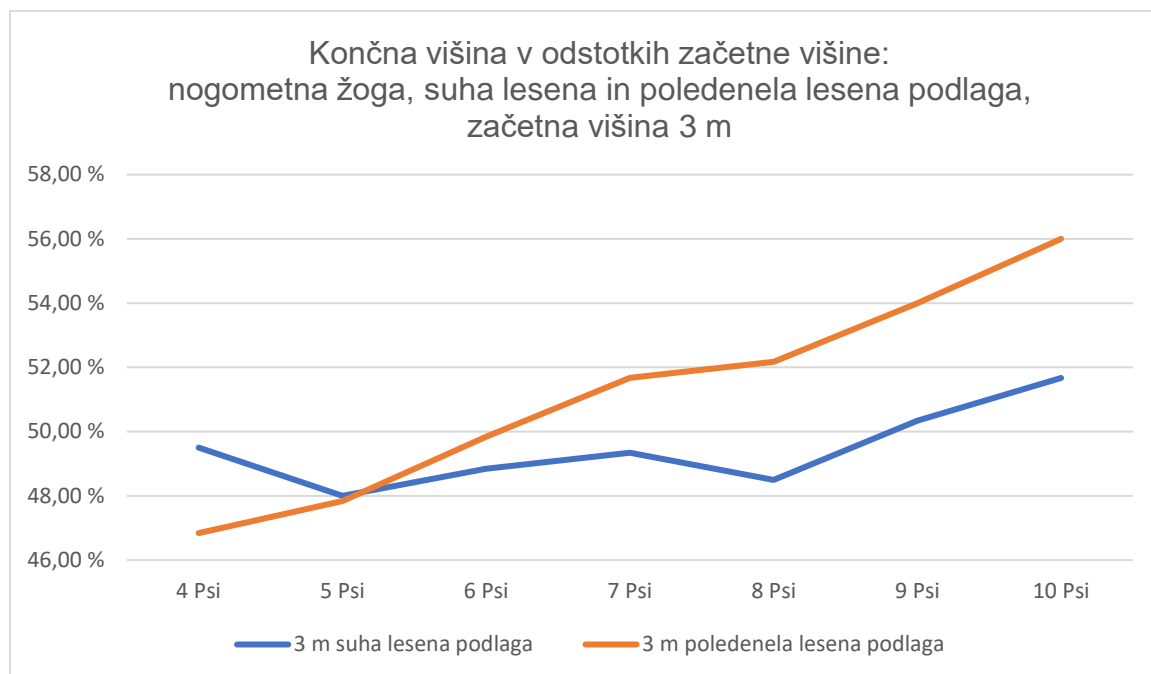
*Graf 7: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, kamniti tlakovci in suha lesena podlaga, začetna višina 1 m*

Pri primerjavi odboja nogometne žoge na kamnitih tlakovcih in suhi leseni podlagi ni značilnosti, ki bi veljale za vse začetne višine in vse tlake. Pri majhnih tlakih ni večjih razlik med podlagama ne glede na začetno višino. Pri srednjih tlakih se žoga pri večjih začetnih višinah bolje odbija na kamnitih tlakovcih, z manjšanjem začetne višine pa se razlika manjša.



## Igre z žogo v fizikalni učilnici

Zanimala me je tudi razlika pri odbijanju nogometne žoge na suhi in poledeneli leseni podlagi. Zato sem grafično predstavil tudi odbito višino v odstotkih začetne višine za odboj na suhi leseni podlagi in poledeneli leseni podlagi.

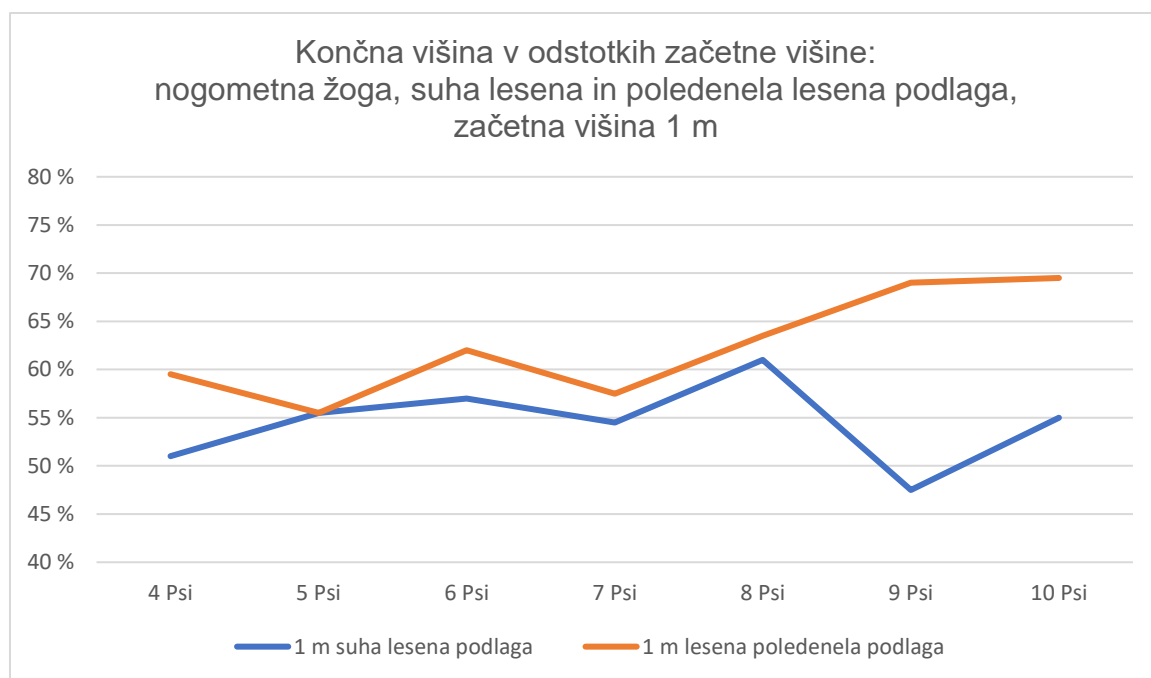


Graf 8: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena in poledenela lesena podlaga, začetna višina 3 m



Graf 9: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena in poledenela lesena podlaga, začetna višina 2 m

## Igre z žogo v fizikalni učilnici



*Graf 10: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena in poledenela lesena podlaga, začetna višina 1 m*

Zanimivo je, da se je na poledeneli podlagi žoga bolje odbijala kot na suhi. Odstotek začetne višine, do katere se je odbila žoga, na poledeneli leseni podlagi povprečno intenzivneje raste kot na suhi leseni podlagi. Opazno je, da se je z večanjem tlaka večala tudi razlika. Tudi pri tej podlagi nisem našel tlaka, do katerega bi se višina z večanjem tlaka večala, če pa bi tlak od te vrednosti še povečeval, bi se odbita višina manjšala, kot sem to opazil pri kamnitih tlakovcih.

**Odbijanje košarkarske žoge na različnih podlagah****Kamniti tlakovci, začetna višina 3 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
10	68,95	177,0	59,2
9	62,05	167,0	55,7
8	55,16	174,5	58,2
7	48,26	152,5	50,8
6	41,37	158,0	52,8
5	34,47	139,0	46,3
4	27,58	142,0	47,3

*Tabela 13: Odboj košarkarske žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 3 m***Kamniti tlakovci, začetna višina 2 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
10	68,95	128,0	64,00
9	62,05	121,5	60,75
8	55,16	119,0	59,50
7	48,26	118,0	59,00
6	41,37	103,0	51,50
5	34,47	105,5	52,75
4	27,58	102,5	51,25

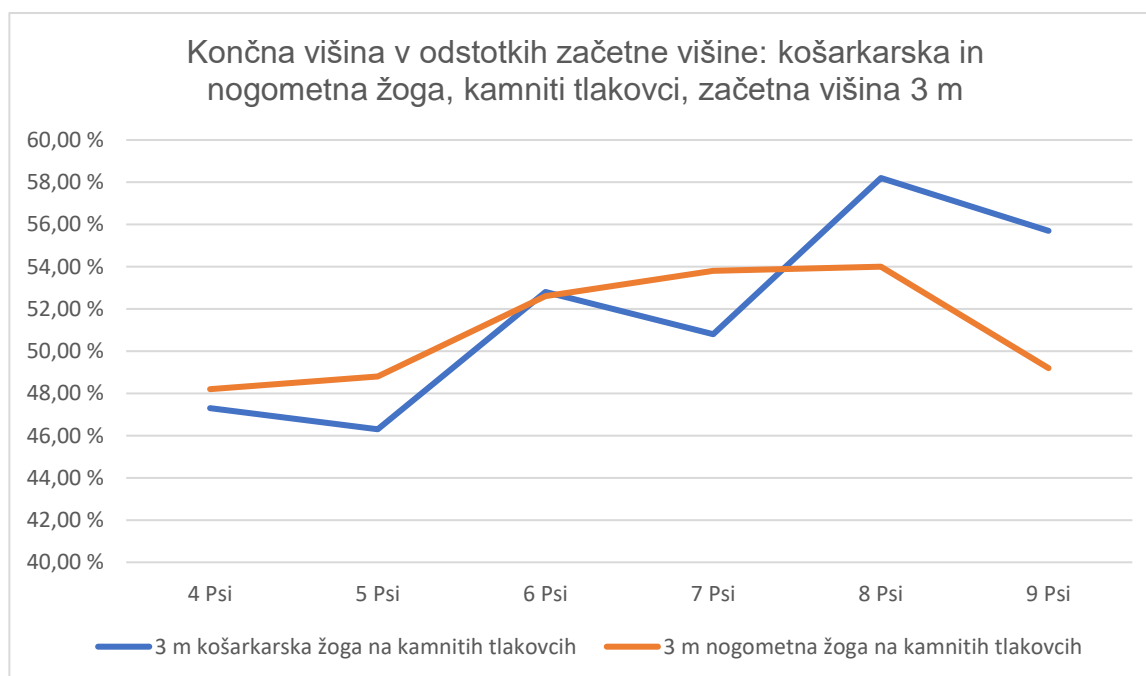
*Tabela 14: Odboj košarkarske žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 2 m*

**Kamniti tlakovci, začetna višina 1 m:**

tlak v žogi [Psi]	tlak v žogi [kPa]	končna višina [cm]	končna višina v odstotkih začetne višine [%]
10	68,95	66,5	66,5
9	62,05	65,5	65,5
8	55,16	71,0	71,0
7	48,26	67,0	67,0
6	41,37	72,0	72,0
5	34,47	64,0	64,0
4	27,58	61,0	61,0

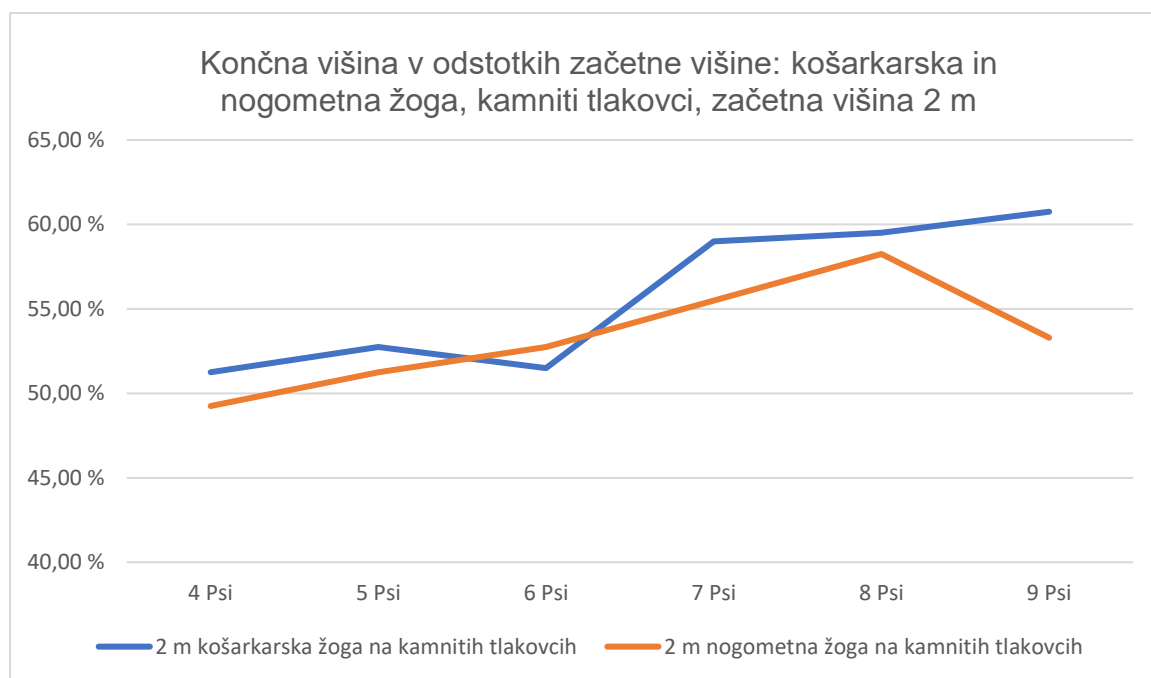
Tabela 15: Odboj košarkarske žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 1 m

Zanimala me je primerjava med nogometno in košarkarsko žogo. Zato sem jo predstavil tudi grafično.

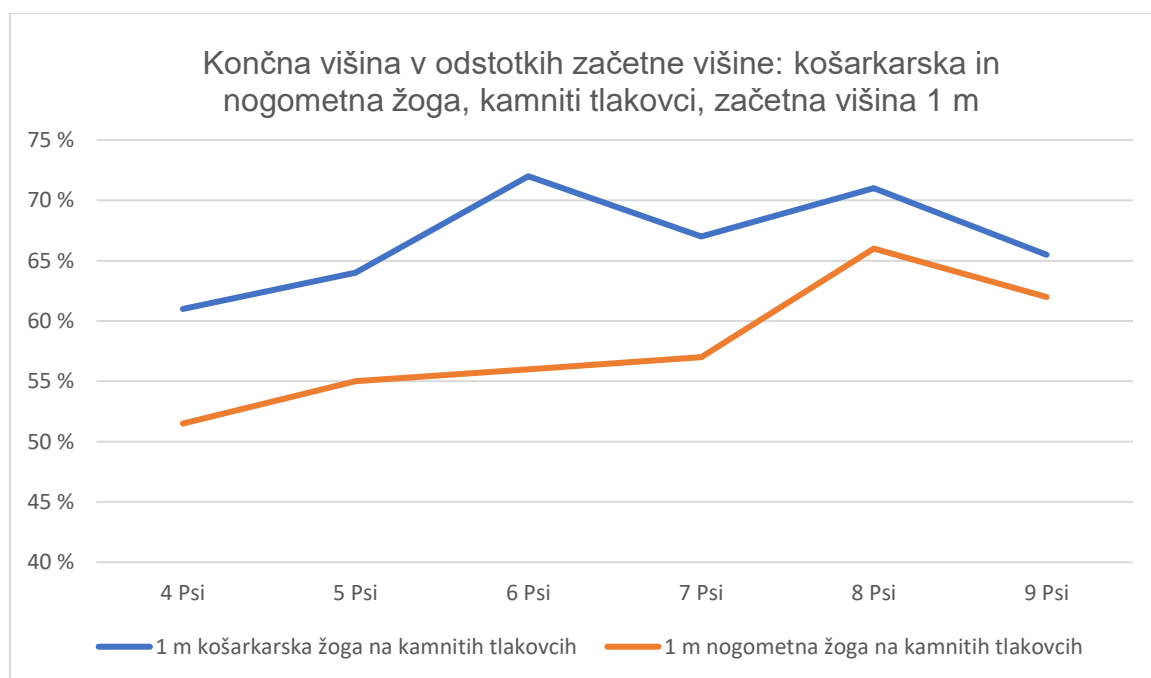


Graf 11: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna in košarkarska žoga, kamniti tlakovci, začetna višina 3 m

## Igre z žogo v fizikalni učilnici



Graf 12: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna in košarkarska žoga, kamniti tlakovci, začetna višina 2 m



Graf 13: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna in košarkarska žoga, kamniti tlakovci, začetna višina 1 m

Ugotovil sem, da za obe žogi na kamniti tlakovci velja pravilo, da se do tlaka okoli 55 kPa odstotek začetne višine, do katere se odbije žoga, povečuje. Če pa tlak povečamo, se začne ta odstotek manjšati. Druga ugotovitev je bila, da se pri višjih začetnih višinah nogometna žoga bolje odbija od košarkarske, na nižjih pa se košarkarska žoga odbija bolje od nogometne.

## Rezultati

Delno sem potrdil hipotezo, da se višina odboja žoge pri večanju tlaka v žogi najprej povečuje, pri določenem tlaku pa se začne višina odboja manjšati, saj to drži le na kamnitih tlakovcih, na leseni podlagi pa to ne drži. Ugotovil sem, da je pri košarkarski žogi meja enaka kot pri nogometni. Na kamnitih tlakovcih je ta tlak okoli 55 kPa. Ovrigel sem hipotezo, da se na poledeni podlagi žoga manj odbije od tal kot na suhi, a lahko to trdim le za leseno podlago.

Delno sem potrdil hipotezo, da se najbolje od tal odbije košarkarska žoga, saj pri višjih začetnih višinah to ne drži. Ugotovil sem, da se le pri nižjih začetnih višinah košarkarska žoga bolje odbija od tal kot nogometna, pri višjih pa se bolje odbija nogometna. Vendar lahko to trdim le za podlago iz kamnitih tlakovcev.

## Razprava

Ob analizi eksperimentalnih rezultatov sem ugotovil, da sem nalogo zastavil preširoko. Imel sem dve različni žogi, tri različne podlage, tri začetne višine ter šest ali sedem različnih tlakov v žogi. Meritve sem opravljal doma z merilnimi pripomočki iz domače garaže in brez pripomočkov, ki bi mi omogočili opravljanje bolj natančnih meritev. Rezultatov meritev je bilo veliko, potrebno jih je bilo sistematično urediti, predstaviti in interpretirati. Včasih je bilo iz množice podatkov težko izluščiti bistvo, ves čas pa se mi je postavljalo tudi vprašanje o natančnosti mojih meritev.

Zdi se mi, da sem s pomočjo učiteljice vseeno izluščil bistvo in prepoznal zakonitosti, ki so jih predme postavljale množice tabel in narisanih grafov, ter da je raziskovalna naloga, ki je pred vami, zanimiva in poučna.

## Zaključek

Med nastajanjem te raziskovalne naloge sem poglobil svoje znanje fizike. Naučil sem se bolj podrobno opazovati, kaj lahko najdem v tabelah in izluščim iz grafov, predvsem pa sem se naučil biti bolj vztrajen.

Rezultati naloge se mi zdijo zanimivi, predvsem rezultati pri primerjavi odboja žoge na poledeneli in suhi leseni podlagi. Nisem pričakoval, da se na poledeneli leseni podlagi žoga bolje odbija kot na suhi. Presenetila me je tudi primerjava odboja košarkarske in nogometne žoge na kamnitih tlakovcih, saj sem pričakoval, da se bo košarkarska žoga bolje odbijala tudi na večjih začetnih višinah.

Ker na odboj žoge vpliva veliko različnih dejavnikov, bi bilo v naslednji raziskovalni nalogi smiselno omejiti število spremenljivk in sistematično obdelati obnašanje ene žoge na eni ali dveh podlagah.

## Kazalo slik

Slika 1: Žogi.....	12
Slika 2: Lestev, iz katere sem spuščal žoge .....	13
Slika 3: Pripomočki pri delu .....	13
Slika 4: Suha in poledenela lesena podlaga .....	19

## Kazalo tabel

Tabela 1: Delež energije, ki se pretvori v notranjo energijo pri nogometni žogi .....	7
Tabela 2: Delež energije, ki se pretvori v notranjo energijo pri košarkarski žogi.....	7
Tabela 3: Podatki o žogah .....	12
Tabela 4: Odboj nogometne žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 3 m .....	14
Tabela 5: Odboj nogometne žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 2 m .....	14
Tabela 6: Odboj nogometne žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 1 m .....	15
Tabela 7: Odboj nogometne žoge na suhi leseni podlagi pri začetni višini 3 m .....	16
Tabela 8: Odboj nogometne žoge na suhi leseni podlagi pri začetni višini 2 m .....	17
Tabela 9: Odboj nogometne žoge na suhi leseni podlagi pri začetni višini 1 m .....	17
Tabela 10: Odboj nogometne žoge na poledeneli leseni podlagi pri začetni višini 3 m .....	19
Tabela 11: Odboj nogometne žoge na poledeneli leseni podlagi pri začetni višini 2 m .....	20
Tabela 12: Odboj nogometne žoge na poledeneli leseni podlagi pri začetni višini 1 m .....	20
Tabela 13: Odboj košarkarske žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 3 m .....	26
Tabela 14: Odboj košarkarske žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 2 m .....	26
Tabela 15: Odboj košarkarske žoge na kamnitih tlakovcih pri začetni višini 1 m .....	27



## Kazalo grafov

Graf 1: Delež energije, ki se pretvori v notranjo energijo, v odvisnosti od tlaka .....	8
Graf 2: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, kamniti tlakovci .....	15
Graf 3: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena podlaga .....	18
Graf 4: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena podlaga .....	21
Graf 5: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, kamniti tlakovci in suha lesena podlaga, začetna višina 3 m .....	22
Graf 6: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, kamniti tlakovci in suha lesena podlaga, začetna višina 2 m .....	22
Graf 7: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, kamniti tlakovci in suha lesena podlaga, začetna višina 1 m .....	23
Graf 8: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena in poledenela lesena podlaga, začetna višina 3 m .....	24
Graf 9: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena in poledenela lesena podlaga, začetna višina 2 m .....	24
Graf 10: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna žoga, suha lesena in poledenela lesena podlaga, začetna višina 1 m .....	25
Graf 11: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna in košarkarska žoga, kamniti tlakovci, začetna višina 3 m .....	27
Graf 12: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna in košarkarska žoga, kamniti tlakovci, začetna višina 2 m .....	28
Graf 13: Končna višina v odstotkih začetne višine v odvisnosti od tlaka: nogometna in košarkarska žoga, kamniti tlakovci, začetna višina 1 m .....	28

## Literatura

<https://eucbeniki.sio.si/fizika9/178/index.html> (24. 2. 2021)

<http://www.presek.si/8/472-Likar.pdf> (11. 2. 2021)

[https://sl.wikipedia.org/wiki/Koeficient\\_upora](https://sl.wikipedia.org/wiki/Koeficient_upora) (4. 2. 2021)

B. Beznec, B. Cedilnik, B. Černilec, T. Gulič, J. Loriger, D. Vončina (2015): Učbenik Moja prva fizika 2, Ljubljana: Modrijan Založba