



ZBORNIK RADOVA

**DRŽAVNOG TURNIRA**

**MLADIH  
PRIRODOSLOVACA**

**2018.**



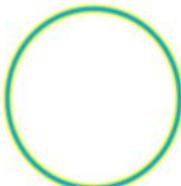
**Voditelji Hrvatskog tima**

Domagoj Plušćec, Domagoj Gajski

**Donatori i sponzori**



**MINISTARSTVO ZNANOSTI  
I OBRAZOVANJA  
REPUBLIKE HRVATSKE**

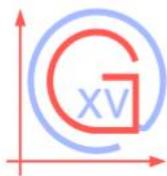


DAVOR ŠKRLEC  
Zastupnik u Europskom parlamentu

**comping\_**  
LET IT BE PERFECT



Jesenski i Turk



**GIMNAZIJA**  
Karlovac



Grad  
Slatina



**Slike**

sudionici Državnog turnira mladih prirodoslovaca 2018. i IYNT 2018.

**Zbornik izradili**

Dunja Vesinger i Domagoj Plušćec

**Kolovoz 2018., Zagreb**

# SADRŽAJ

<b>O TURNIRU.....</b>	<b>1</b>
Međunarodni turnir mladih prirodoslovaca .....	2
Hrvatski turnir mladih prirodoslovaca .....	4
<b>TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA 2018 .....</b>	<b>7</b>
Problemi za IYNT 2018 .....	8
Izjave članova tima o iskustvu s međunarodnog turnira mladih prirodoslovaca 2018. ....	11
<b>RADOVI POZVANI NA DRŽAVNI TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA 2018 .....</b>	<b>13</b>
Popis učenika i mentora pozvanih na državno natjecanje.....	14
Problem: 13. Izumi sam: Krvni tlak - Borna Cesarec .....	15
Problem 6. Boja očiju - Ana Ćenan .....	27
Problem 7. Crvi - Andrija Legin .....	41
Problem 16. Granulirani materijali - Elena Lukačević .....	47
Problem 14. Izumi sam: Dendrokronologija - Luka Mikšić.....	55
Problem 9. Ton boce - Grgur Premec.....	68
Problem 14. Dendrokronologija - Iva Prevendar .....	75
Problem 9. Ton boce - Helena Strniščak .....	86
Problem 1. Buffonova igla - Marko Šarić.....	97
Problem 5. Sudar - Vida Škorjanec .....	106
Problem 1. Buffonova igla - Andrej Todić .....	117
Problem 3. Iritirajući objekt u prvom planu - Erik Vukašinović.....	128
<b>ZAHVALE .....</b>	<b>144</b>
Zahvale recenzentima .....	145
Zahvale sponzorima i donatorima.....	146

# O TURNIRU



# MEĐUNARODNI TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA

IYNT (*International Young Naturalists' Tournament*) je međunarodno ekipno natjecanje za učenike od 12 do 16 godina koji još nisu odabrali područje kojim se žele baviti, već su još uvijek vođeni značajkom posežu za znanjem iz svih područja znanosti. Ovo natjecanje traži znanje iz svih polja prirodnih znanosti i tehnike: biologije, kemije, fizike, informatike, tehnike i matematike.

Natjecanje je eksperimentalnog i istraživačkog karaktera. Zadano je 17 problema iz različitih područja i različitih zahtjevnosti, koje je potrebno proučiti, istražiti, razviti teorijski model koji opisuje promatrani pojavu, zatim napraviti aparaturu, provesti mjerena te na kraju usporediti rezultate mjerena s teorijskim modelom. Natjecanje se sastoji od perioda pripreme i rješavanja zadanih problema te prezentacije rješenja - takozvanih „znanstvenih borbi“.

IYNT problem nitko ne može rješiti unutar nekoliko sati ili unutar jednog dana, što ga čini potpuno drugačijim od ispita, svih ostalih natjecanja u rješavanju zadataka, ali i olimpijada. Problemi zahtijevaju upornost, eksperimentiranje, kritičko razmišljanje, učenje, pretraživanje literature, samostalno istraživanje i potpuno novi način suradnje učenika i profesora.

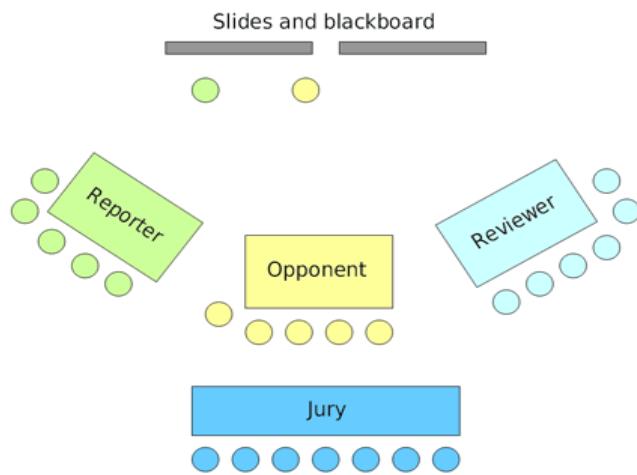
Sudjelovanje na natjecanju, a i same pripreme potiču kreativnost i dosjetljivost. Učenici rješavajući zadane probleme stječu osnovna, a i mnogo dublja znanja iz širokog spektra znanstvenih problema. Rješavajući probleme ulaze u svijet znanstvenika, svijet istraživača, promatrača, ali i onog koji stjecanjem znanja i iskustva mijenja svoj pogled na svijet.

Cilj IYNT-a je i razvijanje timskog duha tijekom rješavanja problema, ali i obrane vlastitih rješenja. Učenici nisu ograničeni načinom na koji trebaju rješiti pojedini problem, jer često ne postoji jedino točno rješenje. Dozvoljeno je tražiti pomoć prijatelja, profesora, roditelja itd.

Svaku državu predstavlja tim od 6 učenika koji su izabrani prethodnim seleksijskim postupkom. Nakon Državnog turnira formirana ekipa, uz pomoć organizatora, nastavlja raditi zajedno kako bi riješila sve probleme i kasnije prezentirala svoja rješenja na Međunarodnom turniru, koji se svake godine održava u drugoj državi sudionici.

Međunarodni turnir sastoji se „znanstvenih borbi“ u kojima sudjeluju tri tima iz različitih država. Svaki tim ima jednu od tri uloge u borbi: izlagatelj („reporter“), osporavatelj („opponent“) i kritičar („reviewer“, daje osvrt na borbu). Uloge se tokom jedne borbe ciklički rotiraju kako bi svaki tim odradio sve tri uloge. Oponentski tim izaziva tim koji izlaže sa određenim problemom. Tim koji izlaže prezentira svoje rješenje odabranog problema unutar 8 min. Oponentski tim ima ulogu kritički razmotriti predloženo rješenje te zatim razviti znanstvenu raspravu o ponuđenom

rješenju. Tim koji daje osvrt objektivno sagledava cijelu borbu te na kraju donosi pregled cjelokupne borbe.



Borba se odvija ispred žirija koji se sastoji od znanstvenika i profesora koji svaki tim ocjenjuju u svakoj od navedene tri uloge. Na kraju se ukupni bodovi zbrajaju te se odlučuje od pobjedniku borbe. Svaka od tri rotacije traje oko 50 min. Tijekom cijelog turnira odvije se oko 5 borbi, a bodovi iz svih borbi se pribrajaju. Najbolja 3 tima u finalu natjecanja izlažu svoje najbolje probleme pred svim ostalim timovima.

# HRVATSKI TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA

Državni turnir mladih prirodoslovaca (DTMP) je pojedinačno natjecanje učenika dobi od 12 do 16 godina. Učenici se natječu u eksperimentalnom i teorijskom znanju iz različitih polja prirodnih i tehničkih znanosti.

Na Turniru učenici pokazuju sposobnost rješavanja složenih unaprijed zadanih problema te prezentacije rješenja kroz raspravu. Problemi su otvoreni, povezani s pojavama iz svakodnevnog okruženja, često bez poznatog konačnog rješenja. Cjeloviti pristup rješavanju problema uključuje osmišljavanje i izvođenje pokusa, teorijsko modeliranje te usporedbu rezultata teorijskog modela i izvedenog pokusa.

Početkom kalendarske godine učenici izabiru jedan od 17 unaprijed zadanih zadataka koje svake godine definira odbor Međunarodnog turnira mladih prirodoslovaca (engl. *International Young Naturalists' Tournament*, IYNT). Učenici na temelju svojeg rješenja pišu **seminarski rad** koji može biti popraćen fotografijama, video snimkama pokusa i drugim materijalima kako bi se što bolje prikazali dobiveni rezultati.

Radove učenika pregledava i ocjenjuje više neovisnih ocjenjivača te se učenici pozivaju na Državni turnir mladih prirodoslovaca na temelju dobivenih ocjena.

## Tijek natjecanja na Turniru - prirodoslovne „borbe“

Na Državnom turniru mladih prirodoslovaca svaki natjecatelj po unaprijed zadanim rasporedu prezentira svoje rješenje pred sucima te o njemu raspravlja s oponentom. Jedan ovakav ciklus naziva se znanstvenom borbom.

Tijek jedne borbe može se podijeliti na četiri cjeline:

1. izlagač izlaže rješenje – 8 minuta
2. oponent daje osvrt na rješenje – 2 minute
3. autor i oponent raspravljaju – 5 minuta
4. pitanja žirija i za izlagača i za oponenta – 5 minuta

Natjecatelji se ciklički izmjenjuju, dok svaki natjecatelj ne odradi ulogu izlagača i ulogu oponenta. Kako se radi o natjecanju s naglaskom na multidisciplinarnost, natjecatelji obično oponiraju problem koji ne pripada istom području kao onaj kojeg su sami rješili i izlagali.

Prije početka borbi, natjecatelji rješavaju test sastavljen od konceptualnih pitanja iz područja prirodnih znanosti.

## **Bodovanje**

Ukupan broj bodova koji je moguće osvojiti na turniru iznosi 100. Bodovi su podijeljeni na sljedeći način:

1. 30% (30 bodova) - ocjena seminar skog rada
2. 20% (20 bodova) - ocjena testa znanja
3. 30% (30 bodova) - ocjena prezentacije vlastitog rješenja i rasprave s oponentom
4. 20% (20 bodova) - ocjena oponiranja tuđeg rješenja

Seminarski rad ocjenjuje više neovisnih recenzentata i svakom se učeniku pribraja prosjek ocjena svih recenzentata.

Prezentaciju i oponenciju ocjenjuje više neovisnih sudaca. Prilikom ocjenjivanja prezentacije problema uzima se u obzir izlaganje vlastitog rješenja i rasprava o rješenju s oponentom. Prilikom ocjenjivanja oponencije uzima se u obzir rasprava o rješenju s izlagačem.

Temeljem ocjene seminar skih radova, prezentacije i oponiranja te bodova osvojenih na testu sastavlja se lista poretka natjecatelja.

## **Priznanja i nagrade**

Svi učenici pozvani na Državni turnir mladih prirodoslovaca, kao i njihovi mentori, dobit će pismeno priznanje za sudjelovanje na Turniru.

Na temelju konačne liste poretka dodjeljuju se i posebna priznanja učenicima koji ostvare prva tri mesta.

## **Ekipa za međunarodni turnir mladih prirodoslovaca**

Najuspješniji učenici na Državnom turniru mladih prirodoslovaca bit će pozvani na Međunarodni turnir mladih prirodoslovaca.

Međunarodni turnir mladih prirodoslovaca (engl. International Young Naturalists' Tournament, IYNT) je ekipno natjecanje učenika u dobi od 12 do 16 godina. Svaki tim se sastoji od najviše šest učenika i dva mentora koji rješavaju 17 unaprijed zadanih problema te sudjeluju u znanstvenim borbama protiv drugih timova. Ovi su problemi isti kao i oni za koje učenici rješavaju na Državnom turniru.

Međunarodni turnir 2018. se održao u Tbilisi, Gruziji, od 5. do 12. srpnja 2018. godine.

Hrvatsku ekipu na natjecanju predvode dva mentora koji su članovi udruge Istraživački centar mladih, a financiranje puta i kotizacije natjecanja pokrivaju sponzori. Kotizacija uključuje smještaj i hranu za sve članove tima.

Za sudjelovanje na Međunarodnom turniru potrebno je znanje engleskog jezika i pristanak roditelja.

### **Organizator**

Organizator Državnog turnira mladih prirodoslovaca je neprofitna udruga Istraživački centar mladih (ICM). ICM organizira i sudjelovanje Hrvatske na Međunarodnom turniru mladih prirodoslovaca.

Sve informacije mogu se naći na internetskim stranicama [www.iynt.icm.hr](http://www.iynt.icm.hr) ili dobiti upitom elektroničkom poštom na adresu [iynt@icm.hr](mailto:iynt@icm.hr).

# TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA

## 2018.



# PROBLEMI ZA IYNT 2018.

*Neznanje određenih činjenica lako je nadoknaditi znanjem određenih principa.*

*Claude Adrien Helvétius*

## **1. Buffonova igla**

Nacrtajte niz jednakog udaljenih paralelnih crta na horizontalnoj površini. Uzmite hrpu štapića (npr. šibice ili igle) koji su malo duži ili kraći od razmaka između crta i nasumično ih bacite na površinu. Tvrdi se da broj puta koliko će štapići prijeći crte omogućava vrlo preciznu procjenu konstante  $\pi$ . Koliku točnost možete postići?

## **2. Svi putevi vode u Rim**

Otvorite nasumični članak na Wikipediji i kliknite na prvu poveznicu u tom članku. Na svakom idućem članku kliknite prvu poveznicu. Tvrđnja je da ćete ubrzo završiti na stranici Filozofija. Istražite je li to točno. Kako možemo opisati takvu opservaciju?

## **3. Iritirajući objekt u prvom planu**

Pogledajte plošnu fotografiju (engl. flat photography). Koje metode Vam omogućuju da odredite koji objekti su bili bliže, a koji dalje od kamere u trenutku kada je fotografija snimljena? Dizajnirajte i napravite fotografiju koja krši intuitivnu prosudbu relativnih udaljenosti.

## **4. Rađenje kvark sira**

Kvark sir, svježi sir i slične vrste bijelih sireva mogu se proizvesti iz mlijeka. Istražite ovaj proces putem eksperimenta i proučite svojstva rezultiranog proizvoda.

## **5. Sudar**

Vrlo elastična skakutajuća loptica sudari se s krutom površinom. Kako možemo odrediti vrijeme sudara? Predložite različite tehnike i usporedite rezultate eksperimenta.

## **6. Boja očiju**

U određenim populacijama ljudi, genetika omogućava predviđanje nasljeđivanja boje očiju kod članova obitelji. U drugim populacijama u današnjem svijetu, skoro svaka osoba ima istu boju očiju. Koju informaciju o boji očiju je moguće odrediti, u bližim i daljim precima, potomcima i rođacima jedne živuće osobe?

## **7. Crvi**

Kišne gliste mijenjaju mehanička svojstva tla i čine ga više poroznim. Istražite taj proces i uvedite kvantitativne parametre.

### **8. Fer novčić**

U mnogim slučajevima, rasprave se rješavaju pomoću bacanja novčića. Pretpostavlja se da ovaj postupak daje jednakе šanse za pobjedu objema stranama. Istražite kako te šanse ovise o mehanizmu bacanja i svojstvima novčića.

### **9. Ton boce**

Uzmite praznu bocu i pušite zrak preko njezina otvora kako biste proizveli zvuk. Zatim napunite bocu s nešto vode i promatrazite kako se zvuk mijenja.

### **10. Staklenik**

Vruć predmet ostavljen na otvorenom zraku postepeno će se ohladiti. Možemo usporiti ovaj proces ako stavimo predmet u staklenik. Usportite različite mehanizme putem kojih predmet gubi toplinu i objasnite kako prisutnost staklenika utječe na njih.

### **11. Slava**

Neke osobe u modernom svijetu smatraju se 'slavnima', pošto se često pojavljuju na vijestima, TV-u i društvenim mrežama. Predložite kvantitativni parametar 'slave' i složite listu osoba koje su sortirane prema tom parametru.

### **12. Zaklonjene zvijezde**

Istražite optičke efekte koji se mogu pojaviti kada Mjesec prijeđe ispred zvijezde.

#### **Izmumi sam**

Formulirajte otvoreni problem fokusiran na određenu temu, zatim riješite problem.

### **13. Izumi sam: Krvni tlak**

Proučite preciznost različitih metoda za mjerjenje krvnog tlaka. Predložite zanimljivu studiju koja uključuje krvni tlak i puls.

### **14. Izumi sam: Dendrokronologija**

Godišnji rast godova često se koristi za datiranje važnih povijesnih događaja ili ekoloških uvjeta u prošlosti. Predložite i izvedite istraživanje koristeći razne uzorke godova.

### **15. Izumi sam: Laserski pokazivač**

Predložite zanimljivu optičku studiju koja uključuje zraku iz laserskog pokazivača.

### **16. Izumi sam: Granulirani materijali**

Predložite studiju koja uključuje svojstva i ponašanje granuliranih materijala.

### **17. Izumi sam: Kronofotografska 'puška'**

Étienne-Jules Marey bio je pionir kronofotografije u korist proučavanja fiziologije ljudi i životinja, specifično njihovog držanja i kretanja. Predložite kvantitativnu studiju o važnim fiziološkim funkcijama ili parametrima koji bi zahtijevali analizu slično snimljenih videa.

Probleme su osmislili Chrisy Xiyu Du, Ilya Martchenko, Andrei Klishin i Evgeny Yunosov. Izabrali, pripremili i uredili su ih Ilya Martchenko i Evgeny Yunosov. Ovaj službeni set problema za 6. IYNT 2018 je odobrilo Vrhovno vijeće IYNT-a i može se koristiti samo na događajima potvrđenim od Vrhovnog vijeća IYNT-a.

Na hrvatski preveo Istraživački centar mladih.

Objavljeno u Nanjingu, Kina, 4. srpnja 2017.

# IZJAVE ČLANOVA TIMA O ISKUSTVU S MEĐUNARODNOG TURNIRA MLADIH PRIRODOSLOVACA 2018.

## Ana Ćenan

U Gruziji je bilo jako lijepo. Sve je bilo drugačije. Najvažniji dio cijelog putovanja bilo je naravno natjecanje. Imali smo pet znanstvenih borbi u kojima smo dali sve od sebe kako bismo pobijedili. Ponekad je konkurenca bila jaka, ali se nismo htjeli predati. Na kraju smo osvojili brončanu medalju na koju smo jako ponosni jer se isplatio naš trud i rad.

Jedno poslijepodne, nakon borbe, smo išli razgledavati glavni grad Gruzije. Tbilisi je pun kontrasta. Ima vrlo modernih i lijepih zgrada i skulptura, ali i siromašnih kućica. Čak smo posjetili i špilje Uplistsikhe u kojima je bilo vrlo zabavno.

Ekipa je bila super. Uvijek smo se smijali i zabavljali iako smo ponekad do kasnih sati radili na prezentacijama. Na borbama smo pomagali jedni drugima i zajedno smisljavali strategije.

Sve u svemu iskustvo je bilo dragocjeno jer sam puno naučila i upoznala puno novih prijatelja.

## Elena Lukačević

Turnir u Gruziji mi je nešto najbolje što mi se moglo dogoditi u životu. Ekipa za turnir je bila vrlo složna i zabavna, Gruzija mi je ostala u srcu kao najljepša zemlja koju sam posjetila a Gružijci kao druželjubivi ljudi. Konkurenca je bila jaka ali to nam je dalo iskustvo i zadovoljstvo jer smo se dvaput borili s apsolutnim pobjednicima. Puno toga sam naučila, stekla puno prijatelja i stvorila neke najljepše životne uspomene.

Boravak u Gruziji, iako je trajao 10 dana, prošao je vrlo brzo. Naučili smo trpjeti visoke temperature, nekoliko Gružijskih riječi, pjevati ruske pjesme i zaključili jedno: ovo se treba ponoviti.

Budućim natjecateljima želim poručiti da se prijave, budu hrabri i uporni, trud se svakako isplati a uspomene i osjećaji su neprocjenjivi.

## Luka Mikšić

Ovaj turnir je nešto najljepše što mi se dogodilo u životu. Gruzija je bila predivna i egzotična, ekipa za turnir je bila jedna od najboljih i svi smo se jako dobro slagali i sam turnir je bio uzbudljiv i nezaboravan.

Kako je turnir tekao ekipa se zbližavala i postajala sve bolja i bolja, tj. izvukli smo jedni iz drugih sve ono najbolje. Upoznao sam mnogo intelektualaca iz drugih država i imao čast imati znanstvene borbe sa jednima od najpametnijih iz cijelog svijeta. Sveukupno Gruzija je bila jedno prelijepo iskustvo koje će pamtiti za život.

### **Marko Šarić**

Gruzija je na mene ostavila vrlo dobar dojam. Bilo je napeto, zabavno, smiješno, zanimljivo... Sve u svemu odlično. Upoznao sam nove ljudе s kojima sam razmjenjivao razna iskustva. U Gruziji su cijene poprilično niske što mi se svidjelo. Svake smo večeri imali sastanke na kojima smo raspravljali o strategiji za sutrašnji dan i pripremali te usavršavali prezentacije do kasnih večernjih sati. Što se tiče hrane, hrana je bila ukusna, ali s previše kopra kojega je sadržavalо gotovo svako jelo.

### **Andreј Todić**

Gruzija je moј prvi susret s istokom i jedan kojeg ћu pamtitи zauvijek. Smatram da je to zaboravljeni biser koji zасlužuje veću pažnju ostatka svijeta. Vrijeme provedeno u glavnom gradu Tbilisiju držim duboko u svojem srcu i rado se sjećam predivnih prizora. Tbilisi je smješten u dolini tako da pogled s okolnih brda najbolje dočarava njegove ljepote. Noću se atmosfera mijenja i grad postaje potpuno neprepoznatljiv. Jedino što mi je smetalo je vruća klima zbog koje sam često dobivao vizije plavog Jadrana i hladnih tuševa.

Ovaj turnir pomogao mi je da upoznam mlade znanstvenike diljem svijeta i uočim različite pristupe problemima tijekom znanstvenih istraživanja. U mom sjećanju dugo ћe ostati Rusi koji su se prema mom timu ponašali posebno prijateljski i uživali u provođenju vremena s nama. Otkrio sam da se mladi umovi iz različitih dijelova svijeta mogu sastati i pronaći zajedničku temu o kojoj mogu razgovarati.

S ovog natjecanja odlazim obogaćen znanjem i iskustvom o nečemu što me zaista zanima i može upotpuniti moј život. Brončana medalja samo je simbol koji u sebi sadrži sav rad i trud koji sam uložio u izvedbu eksperimenata tijekom ove godine. Nadam se da je ovo samo početak onoga što mogu postići i odskočna daska u karijeru znanosti.

### **Domagoj Gajski**

Ove godine sam dobio nevjerojatnu priliku voditi hrvatski tim na međunarodno natjecanje mladih prirodoslovaca. To mi je svakako bio jedan od najvećih izazova u životu. Koliko god je bilo zahtjevno pripremati ih i motivirati, toliko mi je bilo i zabavno. Ti učenici svakako nisu upili sve znanje svijeta, ali bili su motivirani raditi i učiti te je to i mene motiviralo im pomoći do samoga kraja. Naučio sam da je najvažniji faktor ovog natjecanja timski rad učenika. Bez obzira na to što su samostalno prezentirali, oponirali i recenzirali tijekom turnira, da nije bilo timskog rada tijekom priprema, teško bi dogurali do brončane medalje. Bili su ravnopravni s prvacima ovogodišnjeg turnira i ove godine im je nedostajalo malo sreće da i sami ponesu zlato kući. Zbog svega navedenog sam ponosan na postignuto te vjerujem da ћe hrvatski tim osvajati medalje i idućih godina jer u Hrvatskoj učenika motiviranih znanjem ne nedostaje.

# RADOVI POZVANI NA DRŽAVNI TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA 2018.



# POPIS UČENIKA I MENTORA POZVANIH NA DRŽAVNO NATJECANJE

<b>Učenik</b>	<b>Problem</b>	<b>Mentor</b>	<b>Škola</b>
Borna Cesarec	13 Izumi sam: Krvni tlak	Natalija Ilić	OŠ „August Cesarec“, Krapina
Ana Ćenan	6 Boja očiju	Dijana Penava	OŠ „August Cesarec“, Ivankovo
Andrija Legin	7 Crvi	Mihajla Kovačević	Graditeljska, prirodoslovna i rudarska škola Varaždin
Elena Lukačević	16 Izumi sam: Granulirani materijali	Marijana Putniković Žgela	V. gimnazija, Zagreb
Luka Mikšić	14 Izumi sam: Dendrokronologija	Antun Milinković	Gimnazija Karlovac
Grgur Premec	9 Ton boce	Ivan Tomašević	XV. gimnazija, Zagreb
Iva Prevendar	14 Izumi sam: Dendrokronologija	Magdalena Srdarević	Gimnazija Požega
Helena Strniščak	9 Ton boce	Damir Kliček	Elektrostrojarska škola Varaždin
Marko Šarić	1 Buffonova igla	Magdalena Srdarević	Gimnazija Požega
Vida Škorjanec	5 Sudar	Tomislav Horvat	Elektrostrojarska škola Varaždin
Andrej Todić	1 Buffonova igla	Ana Ujčić	Gimnazija Pula
Erik Vukašinović	3 Iritirajući objekt u prvom planu	Ivana Kuzmić	OŠ Špansko - Oranice

## **Problem: 13. Izumi sam: Krvni tlak**

**Autor: Borna Cesarec**

**Mentorica: Natalija Ilić, dipl. učitelj razredne nastave i prirodoslovija**

**8.a razred, OŠ Augusta Cesarca, Krapina, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Odabrao sam problem „13. Izumi sam: Krvni tlak“ koji glasi: „Proučite preciznost različitih metoda za mjerjenje krvnog tlaka. Predložite zanimljivu studiju koja uključuje mjerjenje krvnog tlaka i pulsa.“ Ovaj rad uspoređuje preciznost različitih uređaja za mjerjenje krvnog tlaka temeljem auskultativne i oscilometrijske metode. Krvni tlak sam mjerio učenicima od petog do osmog razreda osnovne škole sa četiri različita tlakomjera: (1. Visomat comfort 20/40 za nadlakticu, 2. Visocor HM50 za zapešće, 3. Pic solution classic stethomed za nadlakticu i 4. Omron M3 za nadlakticu). Ovim radom ću izmjeriti preciznost navedenih tlakomjera. Odlučio sam mjeriti krvni tlak i puls učenicima koji se redovito bave sportom i onima koji se ne bave. Postaviti ću hipotezu da učenici koji se bave sportom (nogomet, rukomet, košarka) trebaju imati niži krvni tlak i puls od učenika iste dobi koje se ne bave nikakvim sportom. Stoga sam istim učenicima mjerio i puls pulsnim oksimetrom Oxywatch MD300C te dobivene rezultate međusobno usporedio kod treniranih učenika i učenika koji ne treniraju ni jedan sport.

### **2 Teorijska razrada problema**

#### **2.1 Povijest mjerjenja krvnog tlaka**

Arterijski krvi tlak je pritisak krvi na stjenku arterije. Srce poput pumpe izbacuje krv u aortu, te preko arterija, arteriola i kapilara krv stiže do mišića i organa. Mjeranjem krvnog tlaka određuju se dvije vrijednosti: sistolički, tzv. „gornji“ tlak (kada srce izbacuje krv u arterije) i dijastolički, tzv. „donji“ tlak (kada se srce opušta da bi primilo krv). Mjerna jedinica tlaka je milimetar živina stupca (mmHg). Prvo mjerjenje krvnog tlaka izvršio je engleski prirodoslovac Stephen Hales, 1732. godine. U arteriju konja ugurao je metalnu cjevčicu, a gušćnjim crijevom ju je povezao sa okomitom staklenom cijevi. Visina stupca krvi predstavljala je vrijednost krvnog tlaka. On je također zapazio da postoji povezanost između visine stupca krvi i pulsa.

## **2.2 Metode mjerena krvnog tlaka**

Postoje dvije osnovne metode mjerena krvnog tlaka:

- 1) invazivna i
- 2) neinvazivna

Invazivna metoda se može provoditi samo u bolnicama, jer se za mjerenu krvnog tlaka uvodi kanila u arteriju. Ova metoda je najtočnija, ali zahtjeva medicinsko osoblje za mjerenu.

Neinvazivna metoda je manje precizna, ali se može provoditi izvan zdravstvenih ustanova. Ta mjerena krvnog tlaka izvode se na manžeti koja se obavlja oko nadlaktice i napumpa zrakom pod određenim tlakom koji je oko 20% veći od sistoličkog tlaka. Zatim se zrak iz manžete postupno ispušta i prate fenomeni koji se pri tome pojavljuju uz određeni tlak. Manžete se mogu staviti i oko zapešća ili prsta. Za neinvazivno mjerenu krvnog tlaka tri najčešće metode su:

1. auskultativna metoda,
2. oscilometrijska metoda i
3. arteriokinetička (ultrazvučna) metoda.

„Auskultativna metoda jedna je od najstarijih i najjednostavnijih metoda koja se upotrebljava uz praćenje akustičkih šumova stetoskopom (auskultacija), po čemu je i dobila ime. Uz određenu praksu koju ta metoda zahtjeva mogu se dobiti dovoljno točni rezultati. Kod ove metode manžeta se stavlja na nadlakticu i napuše se na vrijednost približno 20% veću od sistoličkog tlaka. Zatim se manžeta počne sporo prazniti kroz zračni ventil malog otvora. Kad bude dosegnut tlak u manžeti jednak ili zatim manji od sistoličkog tlaka, krv počinje prolaziti u početku u vrlo kratkim vremenskim intervalima kroz arteriju. Ti kratkotrajni prolazi krv popraćeni su, zbog vrtloženja i vibracija krvi, šumovima odnosno prigušenim tonovima koje je prvi primijetio Korotkov, pa se po njemu i zovu Korotkovićevi šumovi. Tlak u manžeti pri kojem su se pojavili prvi Korotkovićevi šumovi je sistolički tlak. Daljim smanjenjem tlaka u manžeti Korotkovićevi šumovi mijenjaju svoj sadržaj, ali i intenzitet, tako da su u području srednjeg tlaka najtiši, da bi se opet primicanjem tlaka u manžeti dijastoličkom tlaku ponovno počeli jačati. Malo nakon toga što su se ti tonovi ponovno utihну, tlak u manžeti odgovara dijastoličkom tlaku.“ [1]

„Oscilometrijska metoda se primjenjuje u većini današnjih monitora s funkcijom automatskog mjerena tlaka. Mjere se oscilacije uzrokovane arterijskim pulsom ispod napuhane manžete. Koristeći princip osciloskopa, aparat automatski (svakih 1, 2.5, 3, 5, 10, 15, 30, 60 minuta, ovisno o programiranju) napuhuje i ispuhuje manžetu i mjeri sistolički, dijastolički i srednji arterijski tlak i na zaslonu monitora upisuje vrijeme i izmjerene vrijednosti.“ [2]

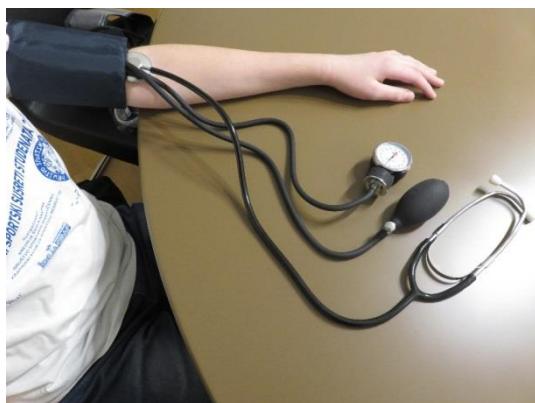
### **2.3 Metode mjerena puls**

Pri svakoj sistoličkoj propulziji krvi u aortu nastaje periodično rastezanje stjenki arterije koje se može pipati kao puls ili bilo. Puls se može mjeriti palpacijski, auskultacijski i ultrazvučno. Frekvencija pulsa označava broj otkucaja u jednoj minuti. Normalna frekvencija pulsa ovisi o nizu različitih faktora kao što su dob, spol, bolesti, bavljenje sportom i sl. Normalna frekvencija pulsa u zdravim osoba u mirovanju u dobi od 6 do 12 godina iznosi 75 – 110, dok u adolescenata u mirovanju ona iznosi 60 - 100. Kod odraslih zdravih osoba u mirovanju frekvencija pulsa je niža i iznosi 60 – 80 otkucaja u minuti „Suvremeni oksimetri funkcioniraju simultano na principu optičkog pletizmografa i spektrofotometra. Mjerenje se obavlja adsorpcijom crvenih (valne dužine 660 nm) i infracrvenih (valne dužine 920-940 nm) zraka u pulsirajućoj arterijskoj krvi.“ [2]

Postavit ću hipotezu da učenici koji se bave sportom (nogomet, rukomet, košarka) trebaju imati niži krvni tlak i puls od učenika iste dobi koje se ne bave nikakvim sportom.

### **3 Eksperimentalni postav**

Za određivanje preciznosti različitih metoda mjerena krvnog tlaka koristio sam sljedeći mjerni uređaj auskultativne metode Pic solution classic stethomed za nadlakticu (Slika 1. i Slika 2.) te sljedeće mjerne uređaje oscilometrijske metode: Visomat comfort 20/40 za nadlakticu (Slika 3. i Slika 4.), Visocor HM50 za zapešće (Slika 5. i Slika 6.) i Omron M3 za nadlakticu (Slika 7. i Slika 8.). Svi korišteni uređaji su novi i baždareni. Za mjerene pulsa koristio sam pulsni oksimetar Oxywatch MD300C (Slika 9). Ispitivanje sam proveo od listopada do početka prosinca na 120 učenika od petog do osmog razreda osnovne škole podijelivši ih na grupu koja trenira neki sport (60 učenika) i grupu koja ne trenira ni jedan sport (60 učenika).



*Slika 2. Manžeta mehaničkog tlakomjera Pic na nadlaktici*



*Slika 1. Mehanički tlakomjer Pic solution classic stethomed.*



Slika 3. Tlakomjer Visomat comfort 20/40.



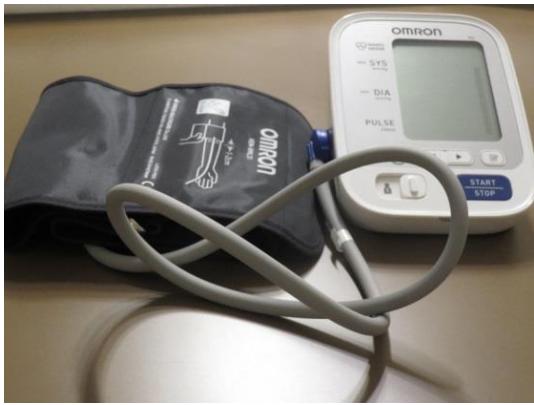
Slika 4. Manžeta tlakomjera Visomat postavljena na nadlakticu.



Slika 5. Tlakomjer Visocor HM50



Slika 6. Tlakomjer Visocor postavljen na zapešće



*Slika 7. Tlakomjer Omron M3*



*Slika 8. Manžeta tlakomjera Omron postavljena na nadlakticu*



*Slika 9. Puljni oksimetar Oxywatch MD300C.*

## **4 Metode i mjerjenje**

Prilikom mjerjenja tlaka pridržavao sam se europskih smjernica o mjerenu tlaka i provodio mjerjenje na učenicima koji su barem trideset minuta mirovali. Svakog učenika sam pitao je li taj dan bio usmeno ili pismeno ispitivan tj. je li pod stresom i je li ima u anamnezi povišeni krvni tlak. Svi ispitani su odgovorili negativno odnosno da nisu pod stresom, niti imaju povišeni krvni tlak. Svakom učeniku izmjerio sam dva puta tlak u razmaku od 2 minute na pojedinom tlakomjeru s odgovarajućom veličinom manžete i provjerio jesu li odstupanja manja od pet mmHg. Ukoliko je odstupanje bilo veće od pet mm Hg izmjerio sam i treći put. Puls sam mjerio također dva puta na pulsnom oksimetru te nije bilo većih odstupanja.

## **5 Rezultati i rasprava**

Preciznost mjerjenja pojedinog tlakomjera nam govori o prosječnom rasipanju rezultata izmjernih tlakova. Kako bih je odredio izračunao sam u Excelu aritmetičku sredinu niza mjerjenja za sistolički i dijastolički tlak te maksimalno odstupanje od aritmetičke sredine. Tako sam dobio maksimalnu absolutnu pogrešku mjerjenja koju sam podijelio sa aritmetičkom sredinom i pomnožio sa sto dobivši relativnu pogrešku izraženu u postocima. Preciznost mjerjenja sam dobio oduzimanjem relativne pogreške od sto posto.

*Tablica 1. Preciznost mjerjenja sistoličkog tlaka ispitivanim tlakomjerima.*

Uređaj:	Pic tlakomjer	Tlakomjer Visomat comfort 20/40	Tlakomjer Visocor HM50	Tlakomjer Omron M3
Aritmetička sredina u mm Hg	<b>109</b>	<b>112</b>	<b>114</b>	<b>111</b>
Maksimalna absolutna pogreška u mm Hg	<b>5</b>	<b>3.5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
Rezultat mjerjenja u mm Hg	<b>109 ± 5</b>	<b>112 ± 3.5</b>	<b>114 ± 6</b>	<b>111 ± 4</b>
Relativna pogreška u %	<b>4.6</b>	<b>3</b>	<b>5.3</b>	<b>3.6</b>
Preciznost mjerjenja u %	<b>95.4</b>	<b>97</b>	<b>94.7</b>	<b>96.4</b>

*Tablica 2. Preciznost mjerjenja dijastoličkog tlaka ispitivanim tlakomjerima*

	Pic tlakomjer	Tlakomjer Visomat comfort 20/40	Tlakomjer Visocor HM50	Tlakomjer Omron M3
Aritmetička sredina u mm Hg	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>72</b>	<b>69</b>
Maksimalna absolutna pogreška u mm Hg	<b>3.5</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>4</b>
Rezultat mjerjenja u mm Hg	<b>67 ± 3.5</b>	<b>67 ± 3</b>	<b>72 ± 13</b>	<b>69 ± 4</b>
Relativna pogreška u %	<b>5.2</b>	<b>4.5</b>	<b>18</b>	<b>5.8</b>
Preciznost mjerjenja u %	<b>94.8</b>	<b>95.5</b>	<b>82</b>	<b>94.2</b>

Iz podataka navedenih u Tablica 1 i **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** možemo zaključiti da je najpreciznija metoda mjerena tlaka oscilometrijska i to tlakomjera Visomat comfort 20/40 za nadlakticu (preciznost mjerena sistoličkog tlaka je 97 %, a dijastoličkog 95.5%) koji ima skraćeni postupak mjerena zahvaljujući mjerenu tlaku tijekom punjenja manžete te kontrolu položaja manžete i kontrolu pokreta. Ovim tlakomjerom izbjegnute su grube pogreške nastale ljudskim propustom pogrešno postavljene mažete ili lošim očitavanjem rezultata. Druga po preciznosti je oscilometrijska metoda mjerena krvnog tlaka pomoću tlakomjera Omron M3 za nadlakticu koji također ima kontrolu položaja manžete i kontrolu pokreta, ali mjeri tlak prilikom ispuštanja zraka iz manžete. Treća po redu preciznosti je auskultativna metoda aneroidnog tlakomjera Pic sa stetoskopom za nadlakticu (preciznost mjerena sistoličkog tlaka je 95.4, a dijastoličkog 94.8) što je rezultat ljudskog faktora tj. mogućnosti pogreške kod postavljanja manžete, očitavanja vrijednosti tlaka kao i registriranja zvuka otkucanja. Najmanje precizna metoda mjerena krvnog tlaka je oscilometrijska metoda mjerena krvnog tlaka na zapešću tlakomjerom Visocor HM50 (preciznost mjerena sistoličkog tlaka je 94.7%, a dijastoličkog 82%), jer je zapešće udaljenije od srca nego nadlaktica pa je slabiji arterijski puls. Dijastolički tlak izmјeren Visocorom HM50 na zapešće je u prosjeku viši i većeg odstupanja zbog nemogućnosti registriranja stvarnog prestanka Korotkovljevog šuma jer je prevelika udaljenost zapešća od srca da bi se on dobro čuo.

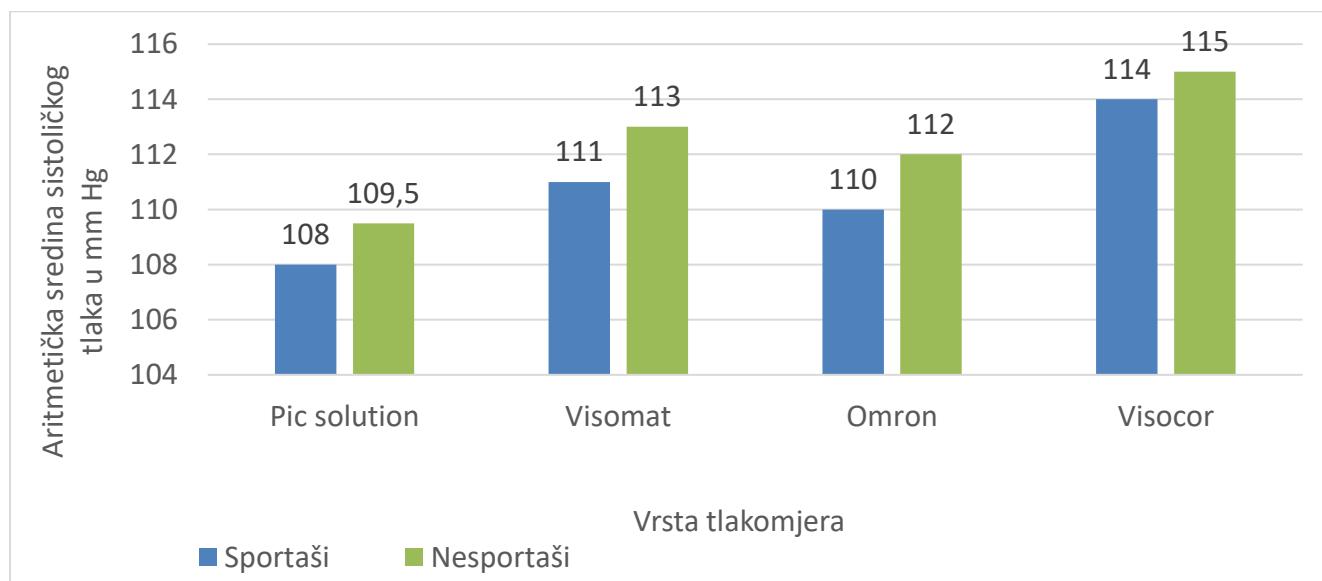
Kako bih usporedio sistolički i dijastolički tlak kod sportaša i nesportaša koristio sam statističke formule u Excelu. Za određivanje mjere centralne tendencije izračunao sam aritmetičke sredine sistoličkog i dijastoličkog tlaka kod sportaša i nesportaša za sva četiri tlakomjera. Kako je aritmetička sredina osjetljiva na ekstremne rezultate izračunao sam i medijan koji je manje osjetljiv na ekstremne rezultate. Medijan je vrijednost središnjeg podatka koja podatke poredane po veličini dijeli u dva jednakobrojna dijela. Izračunava se kod parnog broja podataka u mojoj slučaju 60 podataka kao aritmetička sredina tridesetog i trideset i prvog podatka u nizu poredanom od najmanje vrijednosti do najveće. Također sam odredio i mod – vrijednost podatka koji se najčešće pojavljuje tj. najčešći izmјereni sistolički i dijastolički tlak. Odredio sam i standardnu devijaciju koja nam govori o raspršenosti izmјerenih podataka. To je prosječno odstupanje od prosjeka u apsolutnom iznosu.

Analizom izmјerenih sistoličkih tlakova kod djece koja se bave sportom i djece koja se sportom ne bave ustanovio sam da djeca koja se bave sportom imaju u prosjeku niži sistolički tlak za 2 mm Hg (

**Tablica 3.** i Grafikon 1).

**Tablica 3.Sistolički tlak kod djece koja se bave sportom i djece koja se ne bave sportom**

	Pic tlakomjer		Tlakomjer Visomat comfort 20/40		Tlakomjer Omron M3		Tlakomjer Visocor HM50	
	sporta ši	nesporta ši	sporta ši	nesporta ši	sporta ši	nesporta ši	sporta ši	nesporta ši
Aritmetička sredina u mmHg	108	109,5	111	113	110	112	114	114,5
Medijan u mmHg	108	110	109,5	113,5	112	111	112	113
Mod u mmHg	110	100	108	120	112	104	120	113
Standardna devijacija u mmHg	7,1	10,4	8,53	9,2	8,52	9,41	6,78	8,25

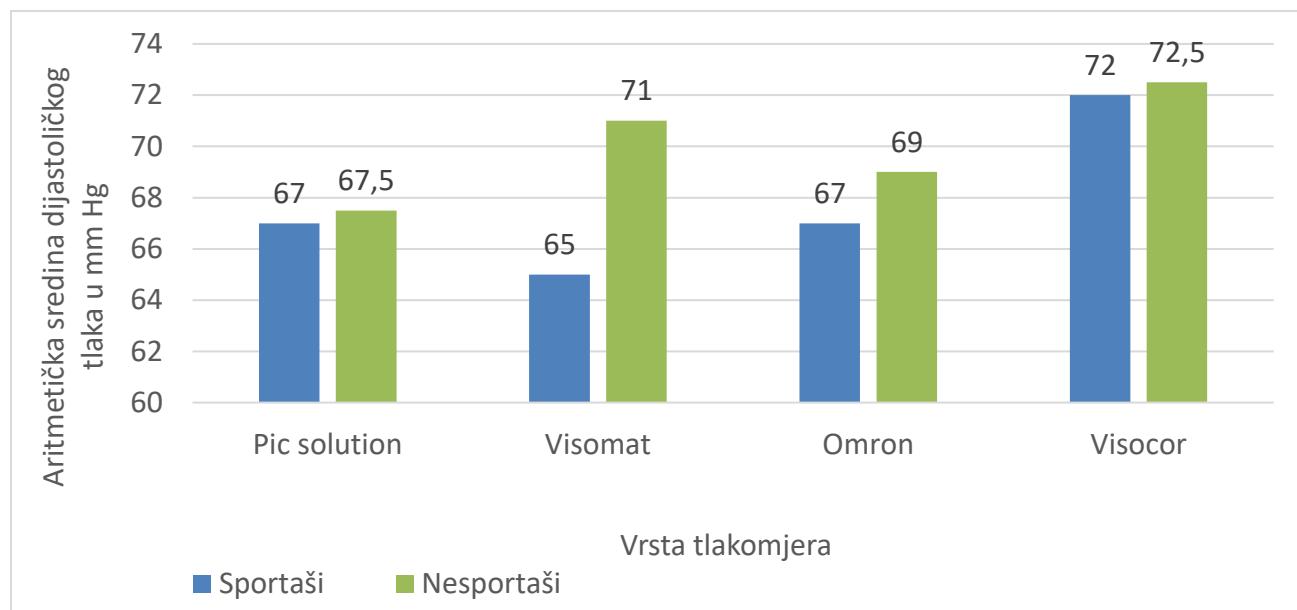


**Grafikon 1 Sistolički tlak sportaša i nesportaša**

Analizom izmjerениh dijastoličkih tlakova kod djece koja se bave sportom(sportaši) i djece koja se sportom ne bave (nesportaši) ustanovio sam da djeca koja se bave sportom imaju u prosjeku niži dijastolički tlak za 3 mm Hg (Tablica 4. i Grafikon 2).

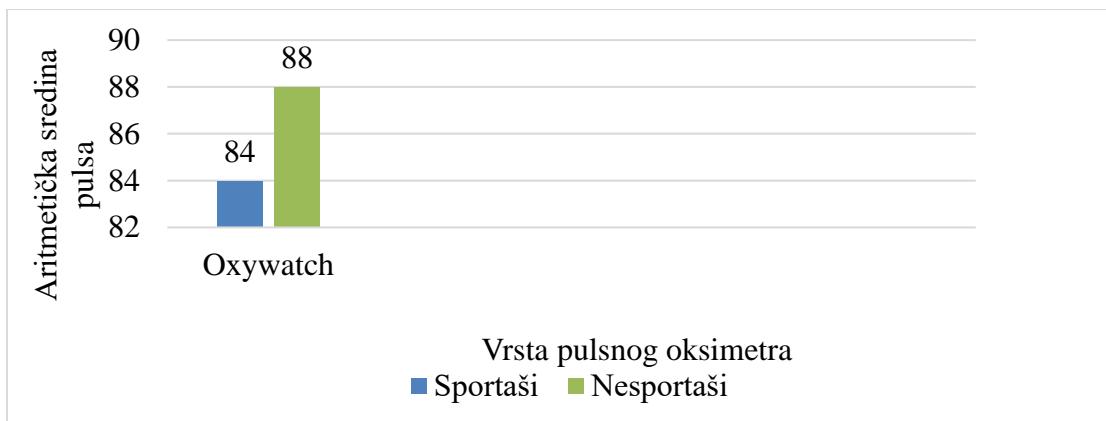
**Tablica 4. Dijastolički tlak kod djece koja se bave sportom i djece koja se ne bave sportom**

	Pic tlakomjer		Tlakomjer Visomat comfort 20/40		Tlakomjer Omron M3		Tlakomjer Visocor HM50	
	sportaši	nesportaši	sportaši	nesportaši	sportaši	nesportaši	sportaši	nesportaši
Aritmetička sredina u mmHg	67	67,5	65	71	67	69	72	72,5
Medijan u mmHg	68	68	63	70	65	70	70	73
Mod u mmHg	68	70	62	70	65	70	70	76
Standardna devijacija u mmHg	5,92	7,17	9,28	6,44	7,18	9,35	8,9	9,87



**Grafikon 2 Dijastolički tlak kod sportaša i nesportaša**

Aritmetička sredina pulsa mjerena pulsnim oksimetrom kod djece koja se ne bave sportom je 88, dok kod djece koja se bave sportom ona iznosi 84 što je za 3 jedinice manje (Grafikon 3).



Grafikon 3 Aritmetička sredina pulsa kod sportaša i nesportaša

## 6 Zaključak

Preciznost različitih metoda mjerjenja krvnog tlaka moguće je odrediti izračunom relativne pogreške. Što je relativna pogreška manja preciznost metode je veća. U ovom radu provedenom na 120 učenika od petog do osmog razreda osnovne škole mijereći krvni tlak različitim tlakomjerima ustanovio sam da je najpreciznija metoda mjerjenja krvnog tlaka oscilometrijska automatskog tlakomjera Visomat comfort 20/40 na nadlakticu kao što sam i očekivao. Ni auskultativna metoda mehaničkog tlakomjera nije neprecizna. Naime, preciznost te metode je 95% što je za 1% manje od oscilometrijske metode upravo stoga što postoji mogućnost pogreške ispravnog postavljanja manžete i ispravnog očitavanja rezultata. Najnepreciznija metoda je oscilometrijska s tlakomjerom na zapešće stoga što je zapešće udaljenije od srca u odnosu na nadlakticu. Postavljena hipoteza da će djeca koja se bave nekim sportom imati manji krvni tlak i puls uspješno je potvrđena ovim radom. Naime redovito vježbanje uz aerobni trening dovodi do smanjenja krvnog tlaka i pulsa pa može poslužiti i kao metoda liječenja kod blage hipertenzije. Ovaj rad mogao bih poboljšati na način da provedem ispitivanje preciznosti metoda mjerjenja krvnog tlaka na više modela tlakomjera, no nažalost nisam bio u mogućnosti nabaviti ih. Također bih mogao povećati broj ispitanika i proanalizirati postoji li razlika u krvnom tlaku i pulsu kod djevojčica i dječaka. Vezu krvnog tlaka i pulsa nisam pronašao u ovom radu, no mogao bih je naći ukoliko bih mjerio krvni tlak i puls ispitnicima odmah nakon intenzivne tjelesne aktivnosti i mirovanju gdje bih utvrdio porast krvnog tlaka i pulsa odmah nakon tjelesne aktivnosti.

## **7 Zahvale**

Zahvaljujem diplomiranoj učiteljici Nataliji Ilić na nesebičnoj pomoći prilikom eksperimentalnog rada. Također zahvaljujem: Osnovnoj školi Augusta Cesarca, Krapina; ravnatelju prof. Miloradu Videkoviću i profesorici TZK-a Matildi Juričev Žigman, Osnovnoj školi Gornje Jesenje; ravnateljici prof. Ljerki Malogorski Dragoslavić i magistru kineziologije Radovanu Cesarcu (ocu), Osnovnoj školi „Ljudevit Gaj“ Krapina; ravnateljici Dragici Belošević i profesoru TZK-a Jurici Leljaku, Osnovnoj školi Side Košutić, Radoboj; ravnateljici dipl.uč. Mileni Veseljak i profesoru TZK-a Gordana Poslončecu što su mi omogućili provođenje mjerena učenika u školama. Velika hvala dr.sc. Branimiru Štimcu, prof. na savjetima i potpori tijekom ovog projekta. Velika hvala i mojim roditeljima te djedu Veselku što me ohrabruju, potiču u radu i ostvarivanju mojih želja.

## **Literatura**

- [1.] Vjezba06-Krvni tlak. [https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/Vjezba\\_06\\_-\\_Krvni\\_tlak.pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Vjezba_06_-_Krvni_tlak.pdf) [26.11.2017.]
- [2.] Karanovic i sur. Modul Cirkulacija-final.  
<http://neuron.mefst.hr/docs/katedre/anesteziologija/Cirkulacija%20Modul%20E,%20KV%20II,%20%20final.pdf> [25.11.2017.]
- [3.] Relativna pogreška-Nedeljkov web. [http://nedeljko-begovic.com/teorija/mat\\_exp\\_5.html](http://nedeljko-begovic.com/teorija/mat_exp_5.html) [03.12.2017.]
- [4.] Biomehatronika. <https://www.scribd.com/document/349981661/Biomehatronika> [03.12.2017.]
- [5.] 2007. Smjernice za dijagnosticiranje i liječenje arterijske hipertenzije.  
<http://www.hdh.hr/hrvatski/desno/smjernice-za-lijecenje-hipertenzije/2007-smjernice-lijecenja-arterij-hipertenz/smjernice%202007.pdf> [26.11.2017.]
- [6.] [https://en.wikipedia.org/wiki/Stephen\\_Hales](https://en.wikipedia.org/wiki/Stephen_Hales) [26.11.2017.]

## Problem 6. Boja očiju

Autorica: Ana Ćenan

Mentorica: Dijana Penava, prof. biol. i kem.

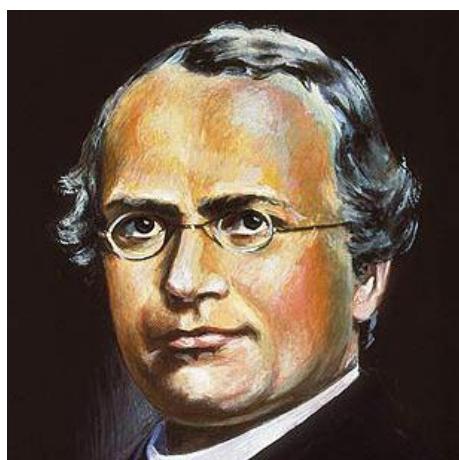
8. razred, OŠ „August Cesarec“, Ivankovo, Hrvatska

### 1 Uvod

Odabran je problem koji glasi **”U određenim populacijama ljudi, genetika omogućava predviđanje nasljeđivanja boje očiju kod članova obitelji. U drugim populacijama u današnjem svijetu, skoro svaka osoba ima istu boju očiju. Koju informaciju o boji očiju je moguće odrediti, u bližim i daljim precima, potomcima i rođacima jedne živuće osobe?“**.

Zadani problem učinio mi se zanimljivim za istraživanje. Primjetila sam da u mome okružju svjetlijih boja očiju dominira kod djevojčica odnosno kod ženskog spola, dok je kod dječaka odnosno kod muškog spola izraženija tamnija boja očiju.

**Gregor Mendel** (Slika 10), češki biolog, formulirao je Mendelove zakone, a odnose se na raspodjele gena i osobina, tj. nasljeđivanje dominantnih i recesivnih gena s roditeljske generacije na potomstvo. Ovim radom htjela sam istražiti hoće li ispoljavanje recesivnih boja očiju potomstva ovisiti o spolu potomka, odnosno postoji li mogućnost češće pojave svjetlijih boja očiju kod djevojčica.

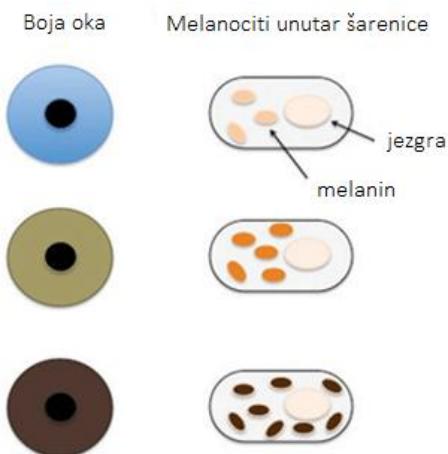


Slika 10. Gregor Mendel (1822 - 1884)

## 2 Teorijska razrada problema

### 2.1 Općenito

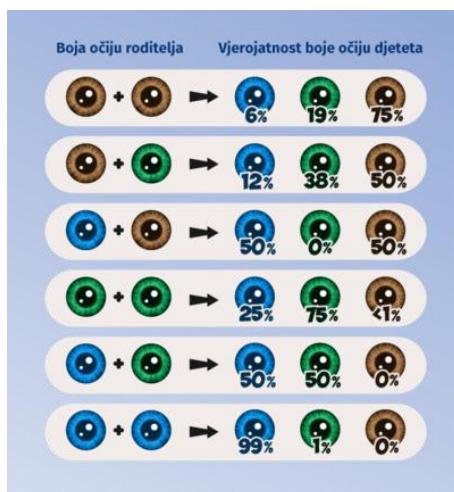
Boja očiju je nasljedna osobina, a određuje ju proizvodnja melanina u šarenici oka. Melanin je pigment koji osim boje očiju određuje i boju kose i kože u čovjeka. Što je u šarenici oka više melanina to će nam oči izgledati tamnije (Slika 11). Iako kažemo da postoji samo nekoliko boja očiju, ima puno varijacija pojedinih boja jer se melanin također miješa i sa bijelim kolagenskim vlaknima u oku.



Slika 11. Pojednostavljeni prikaz kako melanociti utječu na boju očiju u čovjeka.

### 2.2 Nasljeđivanje boje očiju

Nasljeđivanje boje očiju je puno kompleksnije nego što se prije mislilo jer boja očiju nije određena samo pomoću jednog para gena, nego više njih (Slika 12). Dva najznačajnija gena od njih su geni OCA2 i HERC2. Zbog toga postoje odstupanja od početne hipoteze. Kao što je dokazano u 1. Prema Mendelovom zakonu ili Zakonu segregacije, jedan alel dobivamo od oca, a drugi od majke. Zbog toga postoje homozigoti i heterozigoti. Heterozigoti imaju dva različita alela (odgovorna za isto svojstvo) pa će se ispoljiti dominantno svojstvo, iako i tu postoje iznimke zbog prije spomenutih faktora. Za takvu jedinku tada kažemo da je nosilac recessivnog svojstva, jer se kod potomaka to recessivno svojstvo može ispoljiti samo pod uvjetom da i druga jedinka ima recessivan gen.



*Slika 12. Vjerojatnost nasljeđa boje očiju*

### 2.3 Hipoteza

Hipoteza ovoga istraživanja se temelji na većoj vjerojatnosti nasljeđivanja svijetlige boje očiju kod djevojčica, ženskih potomaka, na području moga stanovanja. Za ovo istraživanje odlučeno je promatrati utjecaj parentalne generacije samo na prvu filijalnu generaciju. Čitajući prijašnja znanstvena istraživanja saznala sam da na nekim geografskim područjima nasljeđivanje boje očiju uistinu ovisi i o spolu dok je na nekim drugim geografskim područjima suprotno. Takva su istraživanja provedena testirajući krv ispitanika pomoću uređaja specijaliziranih za očitavanje različitih gena odgovornih za boju očiju. Izvedba istraživanja slična tomu je vrlo kompleksna i u našem slučaju nije bila moguća. Zbog toga sam svoje istraživanje provela samo u uskom krugu oko mjesta u kojem živim (anketne lističe koje sam dijelila podijelila sam samo u svome mjestu i bližoj okolici).

## 3 Eksperimentalni postav

Problem je iz područja genetike pa se ne može napraviti klasičan eksperiment kao za neke druge probleme iz područja kemije ili fizike. Nakon dugog razmišljanja o problemu istraživanja i organiziranju etapa rada, prvo je sastavljena anketa (anketni listić) kojim će se prikupiti potrebni podatci pomoću kojih će se pokušati riješiti problem istraživanja i potvrditi hipotezu.

Sastavljen anketni listić (Slika 13) sadržavao je tablicu koja je od ispitanika zahtijevala da upišu svoje ime i prezime (otac i majka, potomstvo) i boju očiju svakoga člana obitelji. Listići su podijeljeni svim učenicima u školi, pazeći na to da jedna obitelj dobije samo jedan listić iako su djeca u različitim razredima. Osim učenika, anketne lističe popunjavali su i svi učitelji razredne i predmetne nastave, ravnatelj, pedagog, psiholog. Tijekom podjele anketnih listića (Slika 14) učenicima je objašnjeno koja je svrha listića (sve o izabranom problemu istraživanja), upute kako anketni listić popuniti i važnost sudjelovanja i pravilnost i točnost podataka koje će pisati.

Svi koji su sudjelovali bili su zamoljeni da vode računa o točnosti podataka, te da ih roditelji popune i popunjene vrate u školu u svrhu obrade dobivenih podataka. Nakon što su učenici i svi uključeni vratili lističe slijedila je statistička obrada podataka. Svi lističi podijeljeni su u nekoliko skupina ovisno o bojama očiju roditelja odnosno o boji očiju jednog i drugog roditelja, npr. ukoliko jedan roditelj ima plave oči, a drugi zelene tada smo takvu kombinaciju izdvojili kao jednu skupinu i slično (Slika 15).

OSNOVNA ŠKOLA AUGUST CESAREC IVANKOV ANKETNI LISTIĆ		Datum:	Rd. br.:	002
Poštovani/a, za potrebe izrade istraživačkog rada za Hrvatski turnir mladih prirodoslovaca molimo Vas da odvojite nekoliko minuta svoga vremena i ispunite ovu anketu. Unaprijed se zahvaljujemo! S polovnjem, Učenica: Ana Čeman, 8.b Mentor: Dijana Penava, prof. biol. i kem.				
 <b>OSNOVNA ŠKOLA AUGUST CESAREC</b> 1781 IVANKOV, 59 Ljuba Jelčića 15				
Ime i prezime majke:		Boja očiju:		
Ime i prezime oca:		Boja očiju:		
Ime i prezime djeteta:		Boja očiju:		
Ime i prezime djeteta:		Boja očiju:		
Ime i prezime djeteta:		Boja očiju:		
Ime i prezime djeteta:		Boja očiju:		

**Slika 13. Primjer anketnog listića**



**Slika 14. Podjela anketnih listića**



**Slika 15. Razvrstavanje listića kao priprema za statističku obradu podataka**

#### 4 Metode i mjerjenje

Jedan anketni listić predstavlja jedan bračni par (partnera) i njihove potomke (djecu, tj. jednu obitelj). Ukupno je prikupljeno 163 anketna listića. Oni su tada podijeljeni u 7 skupina prema boji očiju roditelja.

##### Skupine su bile:

- Skupina 1: plavo-plavo;
- Skupina 2: plavo-zeleno;
- Skupina 3: smeđe-zeleno;
- Skupina 4: plavo-smeđe;
- Skupina 5: smeđe-smeđe;
- Skupina 6: zeleno-zeleno i
- Skupina 7: smeđe-zeleno/plavo.

Kod svih skupina su prebrojani potomci i podijeljeni na djevojčice i dječake. Tada su djevojčice, u svakoj skupini posebno, podijeljene prema boji očiju na djevojčice s tamnjom i djevojčice sa svjetlijom bojom očiju. Isto je napravljeno i kod dječaka. Pod tamniju boju očiju su svrstane tamno smeđa, svijetlo smeđa, crna i zeleno-smeđa boja dok su pod svjetliju boju svrstane plava, zelena, siva i zeleno-plava boja očiju. Od tih podataka su nadalje izrađeni grafovi s rezultatima. Od ukupnog broja anketiranih bračnih partnera dobiven je uzorak od 163 popunjениh anketnih listića. Ukupan broj djece (potomaka) je 475, a od toga 260 čine djevojčice, osobe ženskoga spola, a 215 dječaci, osobe muškoga spola.

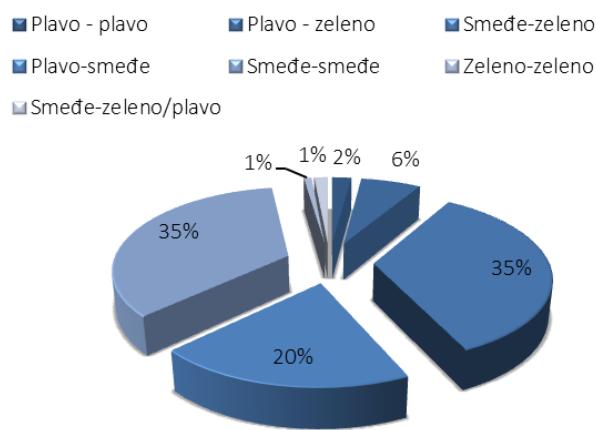
**Svi anketni listići podijeljeni su u 7 skupina:**

- **SKUPINA 1:** Skupina 1 sadrži 4 anketna listića. U toj skupini oba partnera imaju plave oči. Broj potomaka u ovoj skupini je 10, od toga 5 djevojčica i 5 dječaka. Svi potomci ove skupine imaju plave oči što potvrđuje nasljeđivanje recessivnih gena. Budući da su svijetle (plave) oči recessivan gen, u ovoj skupini dokazano je da su oba roditelja homozigoti za ovo svojstvo. Podatak omjera svjetlih očiju potomstva ove skupine neovisno o spolu je jednak. Iz priloženih podataka vidi se da je omjer dječaka i djevojčica 5 : 5.
- **SKUPINA 2:** Skupina 2 ukupno broji 11 anketnih listića, 31 potomak, od toga 15 djevojčica i 16 dječaka. Skupina 2 sadrži roditelje sa kombinacijom plavih i zelenih očiju. Oba svojstva ovih roditelja su recessivna. Rezultati ispitivanja pokazali su ispoljavanje svjetlih boja očiju neovisno od spola. Od 31 djeteta njih 27 ima svijetle oči, a 4 tamnije. Od ukupno 16 dječaka, u ovoj skupini, njih 14 ima svijetle oči, a 2 tamne. U uzorku od 15 djevojčica, u ovoj skupini, njih 13 ima svijetle oči, a 2 tamne.
- **SKUPINA 3:** Ukupno 57 anketnih listića, 164 djece, od toga 87 djevojčica i 77 dječaka. 37 djevojčica u ovoj skupini ima svjetlu boju očiju, a 50 tamnu boju očiju. 22 dječaka, u ovoj skupini, ima svjetlu boju očiju, a 55 tamnu.
- **SKUPINA 4:** Ukupno 32 anketna listića, 94 djece, od toga 55 djevojčica i 39 dječaka. 26 djevojčica u ovoj skupini ima svjetlu boju očiju, a 29 tamnu boju očiju. 18 dječaka, u ovoj skupini, ima svjetlu boju očiju, a 21 tamnu.
- **SKUPINA 5:** Ukupno 55 anketnih listića, 165 djece, od toga 91 djevojčica i 74 dječaka. 21 djevojčica u ovoj skupini ima svjetlu boju očiju, a 70 tamnu boju očiju. 15 dječaka, u ovoj skupini ima svjetlu boju očiju, a 59 tamnu.
- **SKUPINA 6:** Ukupno 1 anketni listić, 4 djece, od toga 3 djevojčica i 1 dječak. 2 djevojčice u ovoj skupini imaju svjetlu boju očiju, a 1 tamnu boju očiju. 1 dječak u ovoj skupini ima tamnu boju očiju.
- **SKUPINA 7:** Ukupno 3 anketna listića, 7 djece, od toga 4 djevojčice i 3 dječaka. 2 djevojčice u ovoj skupini imaju svjetlu boju očiju, a 2 tamnu. 3 dječaka u ovoj skupini imaju tamnu boju očiju.

U Tabeli 1 dan je skupni prikaz prikupljenih podataka, a na Slika 16, Slika 17 i Slika 18 postotni udio svake skupine po broju djece, a zatim posebno djevojčica i dječaka.

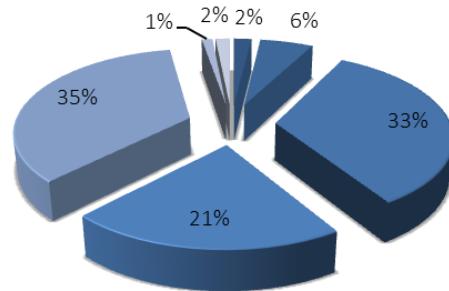
**Tabela 1. Skupni pregled prikupljenih podataka**

	Plavo - plavo	Plavo - zeleno	Smeđe-zeleno	Plavo - smeđe	Smeđe - smeđe	Zeleno - zeleno	Smeđe - zeleno / plavo	Ukupno
Broj listića	4	11	57	32	55	1	3	<b>163</b>
Broj djece	10	31	164	94	165	4	7	<b>475</b>
Broj dječaka	5	15	87	55	91	3	4	<b>260</b>
Broj djevojčica	5	16	77	39	74	1	3	<b>215</b>



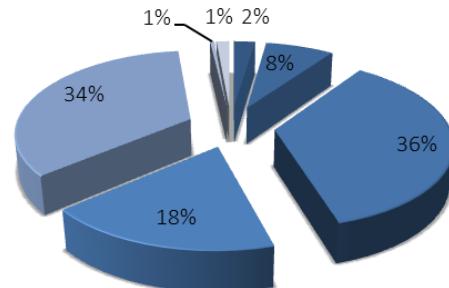
**Slika 16. Prikaz udjela djece po skupinama**

■ Plavo - plavo      ■ Plavo - zeleno      ■ Smeđe-zeleno  
■ Plavo-smeđe      ■ Smeđe-smeđe      ■ Zeleno-zeleno  
■ Smeđe-zeleno/plavo



***Slika 17. Prikaz udjela djevojčica po skupinama***

■ Plavo - plavo      ■ Plavo - zeleno      ■ Smeđe-zeleno  
■ Plavo-smeđe      ■ Smeđe-smeđe      ■ Zeleno-zeleno  
■ Smeđe-zeleno/plavo



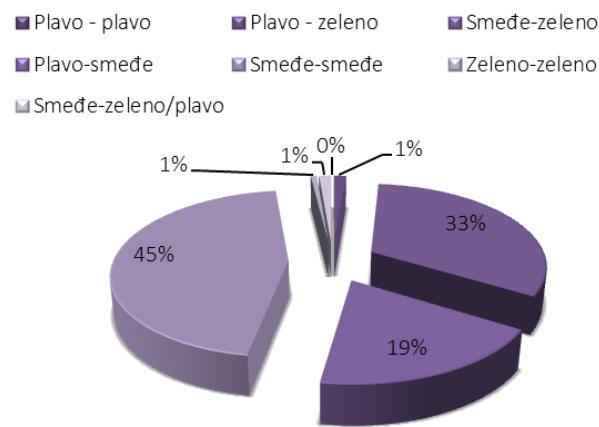
***Slika 18. Prikaz udjela dječaka po skupinama***

## 5 Rezultati i rasprava

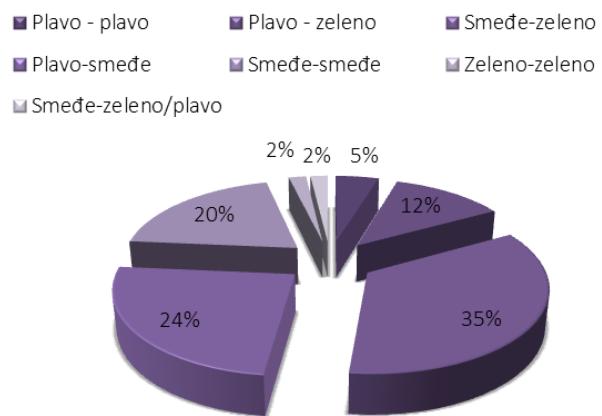
U Tabela 2 i Tabela 3 i na Slika 19, Slika 20 i Slika 21 dan je broj djevojčica odnosno dječaka sa svjetlijim odnosno tamnjijim očima.

**Tabela 2. Zastupljenost svjetlijie i tamnije boje očiju kod djevojčica**

	Plavo - plavo	Plavo - zeleno	Smeđe-zeleno	Plavo-smeđe	Smeđe-smeđe	Zeleno-zeleno	Smeđe-zeleno/plavo	Ukupno
Broj djevojčica	5	15	87	55	91	3	4	260
Tamno	0	2	50	29	70	1	2	154
Svjetlo	5	13	37	26	21	2	2	106



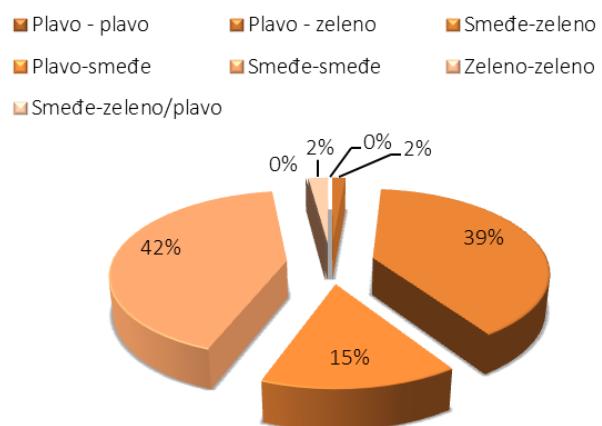
**Slika 19. Zastupljenost prema tamnijoj boji očiju kod djevojčica**



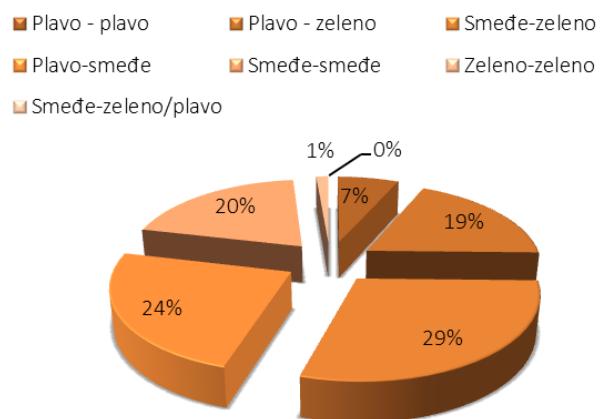
**Slika 20. Zastupljenost prema svjetlijoj boji očiju kod djevojčica**

**Tabela 3. Zastupljenost svjetlike i tamnije boje očiju kod dječaka**

	Plavo - plavo	Plavo - zeleno	Smeđe-zeleno	Plavo-smeđe	Smeđe-smeđe	Zeleno-zeleno	Smeđe-zeleno/plavo	Ukupno
<b>Broj dječaka</b>	5	16	77	39	74	1	3	215
<b>Tamno</b>	0	2	55	21	59	0	3	140
<b>Svjetlo</b>	5	14	22	18	15	1	0	75



**Slika 21. Zastupljenost prema tamnijoj boji očiju kod dječaka**



*Slika 22. Zastupljenost prema svjetlijoj boji očiju kod dječaka*

**Rezultati prema skupinama su sljedeći:**

**SKUPINA 1:** Postotak parova sa plavo-plavim očima u ukupnom istraživanom uzorku iznosi 2,45%, a postotak djece 2,1 %. Od ukupnog broja djevojčica, djevojčice ove skupine čine 1,92%, a dječaci (od ukupnog broja dječaka) čine 2,33%. Postotak djevojčica svjetlih očiju (od ukupnog broja djevojčica sa svjetlim očima) je 4,72% dok je postotak djevojčica tamnih očiju (od ukupnog broja djevojčica sa tamnim očima) 0% jer u ovoj skupini nema djevojčica tamne boje očiju. Postotak dječaka svjetlih očiju (od ukupnog broja dječaka sa svjetlim očima) je 6,67% dok je postotak dječaka tamnih očiju (od ukupnog broja dječaka s tamnim očima) 0% jer svi dječaci ove skupine imaju oči plave, svijetle boje.

**SKUPINA 2:** Postotak parova sa plavo-zelenim očima u ukupnom istraživanom uzorku iznosi 6,7%, a postotak djece (od ukupnog broja djece) 6,53%. Od ukupnog broja djevojčica, djevojčice ove skupine čine 5,77%, a dječaci (od ukupnog broja dječaka) čine 7,44%. Postotak djevojčica svjetlih očiju (od ukupnog broja djevojčica sa svjetlim očima) je 12,26% dok je postotak djevojčica tamnih očiju (od ukupnog broja djevojčica sa tamnim očima) 1.3%. Postotak dječaka svjetlih očiju (od ukupnog broja dječaka sa svjetlim očima) je 18,67% dok je postotak dječaka tamnih očiju (od ukupnog broja dječaka s tamnim očima) 1 %.

**SKUPINA 3:** Postotak parova sa smeđe-zelenim očima u ukupnom istraživanom uzorku iznosi 34,97%, a postotak djece 34,53%. Od ukupnog broja djevojčica, djevojčice ove skupine čine 33,46%, a dječaci (od ukupnog broja dječaka) čine 35,81%. Postotak djevojčica svijetle boje očiju (od ukupnog broja djevojčica sa svjetlim očima) je 34,91% dok je postotak djevojčica tamne boje očiju (od ukupnog broja djevojčica sa tamnim očima) 32,47%. Postotak dječaka svijetle boje očiju (od ukupnog broja dječaka sa svjetlim očima) je 29,33% dok je postotak dječaka tamnih očiju (od ukupnog broja dječaka s tamnim očima) 40 %.

**SKUPINA 4:** Postotak parova sa plavo-smeđim očima u ukupnom istraživanom uzorku iznosi 19,64 %, a postotak djece 19,79%. Od ukupnog broja djevojčica, djevojčice ove skupine čine 21,15%, a dječaci (od ukupnog broja dječaka) čine 18,14%. Postotak djevojčica svijetle boje očiju (od ukupnog broja djevojčica sa svjetlim očima) je 24,52 % dok je postotak djevojčica tamne boje očiju (od ukupnog broja djevojčica sa tamnim očima) 18,83%. Postotak dječaka svijetle boje očiju (od ukupnog broja dječaka sa svjetlim očima) je 24% dok je postotak dječaka tamnih očiju (od ukupnog broja dječaka s tamnim očima) 15%.

**SKUPINA 5:** Postotak parova sa smeđe-smeđim očima u ukupnom istraživanom uzorku iznosi 33,74%, a postotak djece 34,74 %. Od ukupnog broja djevojčica, djevojčice ove skupine čine 35 %, a dječaci (od ukupnog broja dječaka) čine 34,42 %. Postotak djevojčica svijetle boje očiju (od ukupnog broja djevojčica sa svjetlim očima) je 19,81 % dok je postotak djevojčica tamne boje očiju (od ukupnog broja djevojčica sa tamnim očima) 45,45 %. Postotak dječaka svijetle boje očiju (od ukupnog broja dječaka sa svjetlim očima) je 20 % dok je postotak dječaka tamnih očiju (od ukupnog broja dječaka s tamnim očima) 41 %.

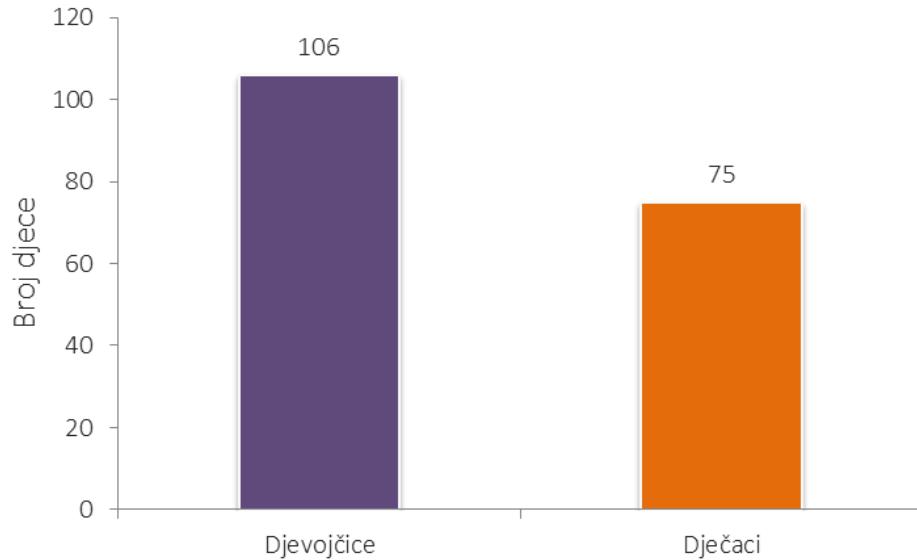
**SKUPINA 6:** Postotak parova sa zeleno-zelenim očima u ukupnom istraživanom uzorku iznosi 0,61 % a postotak djece 0,84 %. Od ukupnog broja djevojčica, djevojčice ove skupine čine 1,15 %, a dječaci (od ukupnog broja dječaka) čine 0,47 %. Postotak djevojčica svijetle boje očiju (od ukupnog broja djevojčica sa svjetlim očima) je 1,89 % dok je postotak djevojčica tamne boje očiju (od ukupnog broja djevojčica sa tamnim očima) 0,65%. Postotak dječaka svijetle boje očiju je 0%, a postotak dječaka tamne boje očiju je 1 %.

**SKUPINA 7:** Postotak parova sa smeđe-zeleno/plavim očima u ukupnom istraživanom uzorku iznosi 1,84 %, a postotak djece 1,47 %. Djevojčice ove skupine čine 1,54 %, a dječaci čine 1,4 %. Postotak djevojčica svijetle boje očiju je 1,89 % dok je postotak djevojčica tamne boje očiju 1,3 %. Postotak dječaka svijetle boje očiju 0 % dok je postotak dječaka tamne boje očiju 2 %.

## 6 Zaključak

Nakon dugog rada prikupljanja i obrade podataka, a osim toga dobro upoznati i vođeni pravilima nasljeđivanja i vjerojatnosti ispoljavanja recessivnih svojstava, došli smo do zanimljivog rezultata i zaključka.

Od ukupnog broja potomaka 475, djece sa svjetlijom bojom očiju bilo je 181. 106 potomaka se odnosilo na djevojčice, a 75 na dječake, odnosno u postotcima 58,56% se odnosi na djevojčice, a 41,44% na dječake (Slika 23).



*Slika 23. Zastupljenost prema tamnijoj odnosno svjetlijoj boji očiju kod djevojčica i dječaka*

Dodatno, proveden je hi kvadrat test.

- Događaj A – nasumična djevojčica ima svijetle oči
- Događaj B – nasumični dječak ima svijetle oči

$$P(A) \text{ & } P(B) \in [0,1]$$

$$P(A) = \frac{k(\text{svijetle oči})}{k(\text{svijetle oči}) + k(\text{tamne oči})} = \frac{106}{260} = 0,41 \Rightarrow 41\%$$

$$P(B) = \frac{k(\text{svijetle oči})}{k(\text{svijetle oči}) + k(\text{tamne oči})} = \frac{75}{215} = 0,35 \Rightarrow 35\%$$

Neka je omjer vjerojatnosti

$$\alpha = \frac{P(A)}{P(B)}$$

Hipoteze su:

- Nulta hipoteza:  $H_0 : \alpha > 1$
- Alternativna hipoteza:  $H_1 : \alpha < 1$
- Alternativna hipoteza  $H_2 : \alpha = 1$ :

$$\alpha = 1,17$$

Hipoteze:

- $H_0$  prihvaćena
- $H_1$  odbijena
- $H_2$  odbijena

**Slijedi da je vjerojatnost da će djevojčica prije naslijediti svjetlije oči nego dečko je veća.**

Rezultatima ovoga mjerjenja i analizom prikupljenih podataka potvrđena je hipoteza da se recesivno svojstvo, odnosno svjetlija boja očiju, u većem postotku pojavljuje kod djevojčica, odnosno ženskog spola. Zanimljiv je podatak da se svjetlija boja očiju u ovoj populaciji i na ovom području u većem postotku javlja kod djevojčica. Prijedlog novog istraživanja bio bi obraditi podatke i provjeriti postoji li povezanost češće pojave svjetlijih boja očiju kod potomstva ukoliko je majka nosilac recesivnog svojstva tj. ukoliko majka ima svjetliju boju očiju.

## 7 Zahvale

Najviše se zahvaljujem svojoj mentorici Dijani Penava, prof. biol. i kem. na velikoj pomoći prilikom provođenja ovog istraživanja. Veliko hvala ravnatelju, svim nastavnicama i nastavnicima, te učenicima i roditeljima Osnovne škole August Cesarec Ivankovo koji su mi pomogli i pružili podršku. Zahvaljujem se i svojoj obitelji na pomoći i podršci.

## Literatura

- [1] Genetika.biol.pmf.unizg.hr. (2017). Mrežni udžbenik iz Genetike, prof. dr. sc. Mirjana Pavlica. [online] Dostupno na: <http://www.genetika.biol.pmf.unizg.hr/pogl2.html> [Pristupljeno 8 Pro. 2017].
- [2] Genetics Home Reference. (2017). Is eye color determined by genetics?. [online] Dostupno na: <https://ghr.nlm.nih.gov/primer/traits/eyecolor> [Pristupljeno 8 Pro. 2017].
- [3] Gbhealthwatch.com. (2017). How do genes determine eye color?. [online] Dostupno na: <http://www.gbhealthwatch.com/Trait-Eye-Color.php> [Pristupljeno 10 Pro. 2017].
- [4] Cheriyedath, S. (2017). Genetics of Eye Color. [online] News-Medical.net. Dostupno na: <https://www.news-medical.net/health/Genetics-of-Eye-Color.aspx> [Pristupljeno 10 Pro. 2017].
- [5] Genetics Home Reference. (2017). How many chromosomes do people have?. [online] Dostupno na: <https://ghr.nlm.nih.gov/primer/basics/howmanychromosomes> [Pristupljeno 8 Pro. 2017].

## Problem 7. Crvi

Autor: Andrija Legin

Mentor: Mihajla Kovačević, prof.

1. razred, Graditeljska, prirodoslovna i rudarska škola, Varaždin, Hrvatska

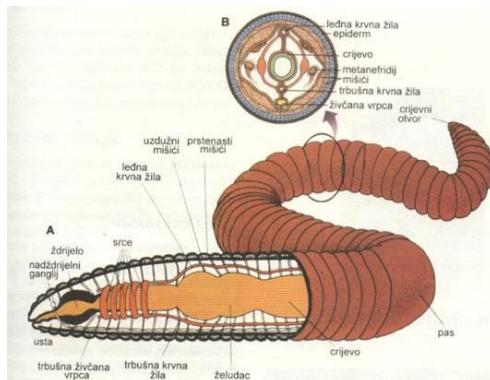
### 1 Uvod

„Kišne gliste mijenjaju mehanička svojstva tla i čine ga više poroznim. Istražite taj proces i uvedite kvantitativne parametre.“ U ovom problemu je bilo bitno istražiti kako gujavice utječu na poroznost tla. Pokus sam izvodio u kabinetu biologije. Izradio sam jednostavan kontejner i pratio aktivnost gujavica i promjene strukture tla uzrokovane njihovom aktivnošću kroz vremenski period od mjesec dana.

### 2 Teorijska razrada problema

#### 2.1 Gujavica (*Eisenia foetida*)

*Eisenia foetida* je organizam s metamernom građom. Tijelo joj je valjkastog oblika, bilateralno simetrično, podijeljeno na kolutiće. Na svakom kolutiću ima 2 para četina i stoga je najpoznatiji maločetinaš. Probavilo je prohodno, započinje ustima, a završava anusom. Na prednjem dijelu tijela uočljiv je klitelum koji gujavici pomaže pri razmnožavanju. Gujavica je dvospolac karakteristične naizmjenične oplodnje. Jajašca nastala oplodnjom nazivaju se kokoni.



Slika 1. Građa gujavice

## **2.2 Utjecaj aktivnosti gujavice na mehanička svojstva tla**

Prohodno probavilo gujavici omogućuje hranjenje detritusom – guta zemlju s organskim tvarima, a neprobavljene ostatke izbacuje kroz crijevni otvor pri čemu pomaže u nastajanju humusa. Prilikom utiranja puta kroz zemlju, ona zemlju proždire, a zatim je u obliku „krpica“ izbacuje na površinu. Na taj način kroz probavilo gujavice prolazi najsitniji materijal, a onaj krupnijih čestica polako tone. Svojim kretanjem i načinom hranjenja ostavlja sitne prolaze u tlu i čini ga prozračnim, pri čemu se postiže vodno – zračni režim tla što utječe na njegovu strukturu.

## **2.3 Struktura tla i poroznost**

„Pod strukturom tla podrazumijeva se veličina, oblik i način rasporeda strukturnih agregata u tlu“ (Tofant i Vučemilo, 2012, 15). Između mehaničkih elemenata tla nalaze se šupljine ili pore tla. One utječu na poroznost tla tj. na količinu vode i zraka u tlu. U većim ili nekapilarnim porama (veće od 1mm) zadržava se zrak, a u manjim ili kapilarnim voda. „Za tlo je dobar odnos kapilarnih i nekapilarnih pora 3:2 do 1:1.“ (Tofant i Vučemilo, 2012, 19) Struktura tla osigurava biljkama stalnu opskrbu vodom, zrakom, hranjivim tvarima i toplinom. Dakle, to svojstvo utječe na njegovu plodnost, tj. proizvodni kapacitet.

## **2.4 Cilj istraživanja**

Cilj istraživanja bio je provjeriti kako brojnost gujavica utječe na stvaranje nekapilarnih pora u tlu, tj. kako utječe na promjenu poroznosti tla.

## **2.5 Hipoteza**

Smatram kako će veći broj gujavica u tlu stvarati više pora i prema tome utjecati na povećanje poroznosti tla.

# **3 Eksperimentalni postav**

## **3.1 Pribor, materijal i metode rada**

Za izvođenje ovog pokusa napravio sam četiri kontejnera za ispitivanje utjecaja aktivnosti gujavica na poroznost tla. Za izradu kontejnera koristio sam dvije prozirne plastične ploče veličine 30 x30cm i drvene letvice širine 2,5 cm. Na donjoj letvici okvira izbušio sam po 5 manjih rupa kako bih spriječio nakupljanje vode. Prozirne ploče lijepio sam silikonom na drveni okvir.

Svaki od četiri kontejnera punio sam slijedećim redoslijedom (od dna kontejnera prema vrhu): novinski papir, zemlja za cvijeće, treset, starter i sitan pijesak. Svaki od navedenih slojeva bio je visine 5cm. Sadržaj svih kontejnera navlažio sam vodovodnom vodom. Prije nego li sam gujavice stavio u kontejnere odvojio sam ih iz zemlje i prebrojao. Uzorak zemlje s gujavicama donio sam od kuće iz kompostera. Prvi kontejner služio mi je kao kontrola. U drugi kontejner stavio sam deset gujavica, u treći dvadeset, a u četvrti trideset. Nakon što su gujavice već ušle u prva dva

sloja u kontejneru, iznad pijeska stavio sam ostatke organskog materijala (ostatci povrća, voća, lišće,...). Pri tome sam izbjegavao staviti ostatke češnjaka, luka, ljske jaja i ostatke agruma jer kemijski sastojci iz njih negativno utječu na aktivnost i život gujavica.

Tako pripremljene kontejnere prekrio sam gustom i tamnom krpom te stavio u ormar. Na taj način izbjegao sam negativan utjecaj svjetlosti na gujavice. Naime, gujavice su negativno fototaksične što znači da nastoje pobjeći od svjetlosti. Kontejnere sam skladišto na temperaturi od  $20^{\circ}\text{C}$ . Na toj temperaturi dolazi do maksimalnog rada i razmnožavanja gujavica. Svako udaljavanje od te temperature dovodi do smanje ja aktivnosti pa čak i do smrti mlađih i starijih gujavica.

Svoje istraživanje provodio sam mjesec dana. Svakih pet dana provjeravao sam stanje u sva četiri kontejnera bilježeći rezultate i vlažeći tlo.



*Slika 2. Eisenia foetida*



*Slika 3. Prebrojavanje gujavica*



*Slika 4. Ulazak gujavica u tlo*



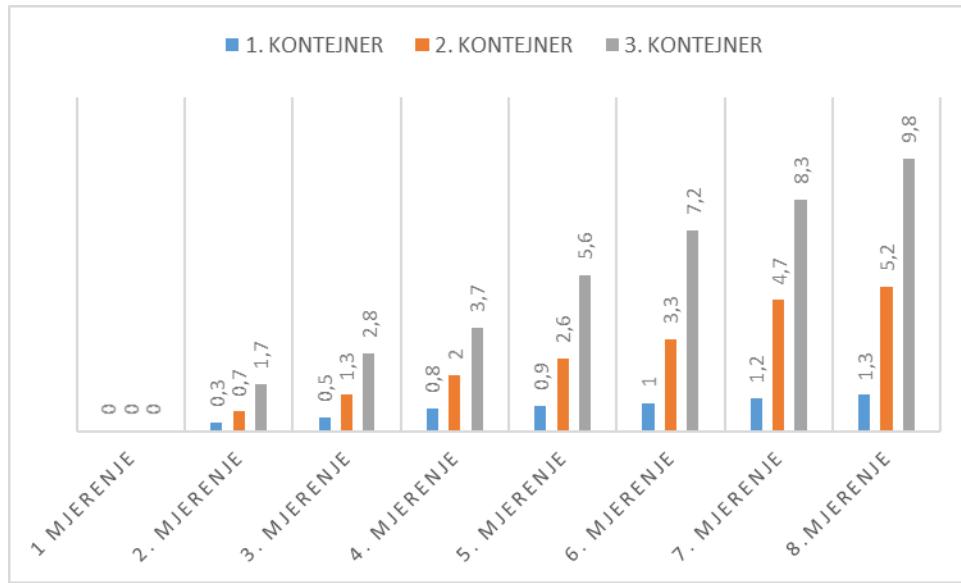
*Slika 5. Ulazak pijeska u nekapilarne pore*



*Slika 6. Nastanak nekapilarnih pora*

## 4 Rezultati

Graf 1. Promjena visine tla u kontejnerima tijekom mjesec dana



Promjena poroznosti tla: udio volumena praznog prostora (pora) u ukupnom volumenu materijala

$$\phi = \frac{\text{volumen praznog prostora(pora)}}{\text{ukupni volumen materijala}} = \frac{V_2 - V_1}{V_2}$$

$V_1$  – konačni volumen ( $\text{cm}^3$ )

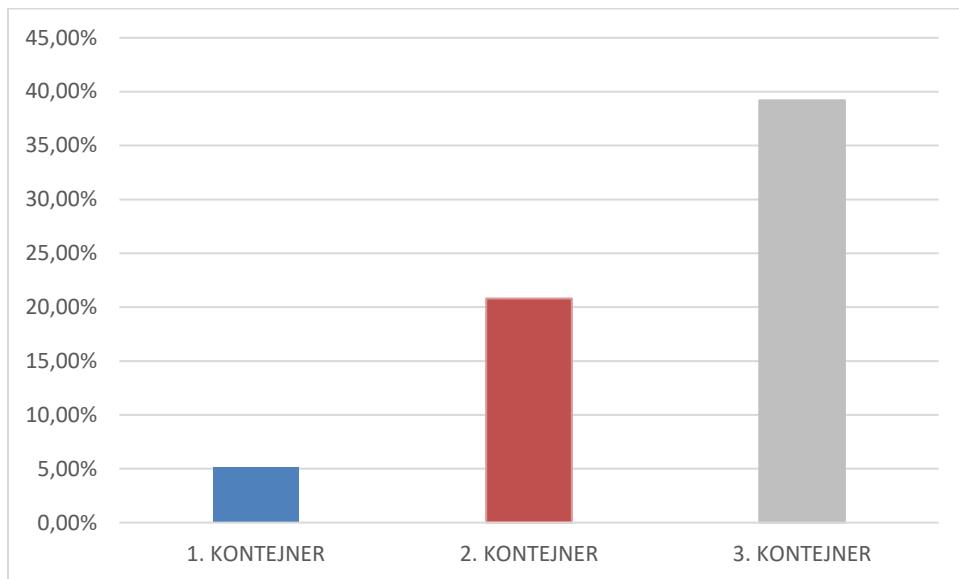
$V_2$  – ukupni volumen ( $\text{cm}^3$ )

$$\phi = \frac{1875\text{cm}^3 - 1777,5\text{cm}^3}{1875\text{cm}^3} = 0,052 = 5,2\%$$

$$\phi = \frac{1875\text{cm}^3 - 1485\text{cm}^3}{1875\text{cm}^3} = 0,208 = 20,8\%$$

$$\phi = \frac{1875\text{cm}^3 - 1140\text{cm}^3}{1875\text{cm}^3} = 0,392 = 39,2\%$$

**Graf 2. Promjena poroziteta**



## 5 Rasprava

Iz dobivenih rezultata zaključio sam da promjena poroziteta tla u kontejnerima ovisi o broju i aktivnosti gujavica. Najmanju promjenu poroziteta uočio sam u kontejneru s deset gujavica. Kontejner sa trideset gujavica pokazao je značajnu promjenu u odnosu na drugi i treći kontejner. Dobivenim rezultatima potvrdio sam postavljenu hipotezu. Odstupanje u mjeranjima moglo se pojaviti zbog sljedećeg: prilikom odabira gujavica koje sam stavljao u kontejnere njihova dužina i starost bila je različita, temperatura u prostoriji u kojoj sam skladištilo kontejnere varirala je od 1 do 3°C, mogući šok na svjetlost prilikom otkrivanja kontejnera, te osjetljivost na različite vibracije u okolišu.

## 6 Zaključak

Što je veći broj gujavica i njihova aktivnost, to je veća promjena poroziteta tla.

## Literatura

- [1] Tofant, A., Vučemilo, M. (2012), Praktikum. Okoliš i higijena držanja životinja. Zagreb: Naklada Slap.
- [2] Bogut, I., Đumlija, S., Lukačević, K., Marceljak Ilić, M.. (2014), Udžbenik iz biologije za prvi razred gimnazije: Biologija 1. Zagreb: Alfa.
- [3] Erben, R. (2002), Praktikum zoologije. Zagreb: Školska knjiga.
- [4] Dolenec, Z., Rusak, G. (2011), Udžbenik biologije za drugi razred gimnazije: Živi svijet 2. Zagreb: Profil.
- [5] <http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor431.htm> (pristupljeno prosinac 2017.)
- [6] <http://ljesnjak.pfos.hr/~jdaniel/literatura/OBsK/OBsK-07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf> (pristupljeno prosinac 2017.)

## **Problem 16. Granulirani materijali**

**Autor: Elena Lukačević**

**Mentorica: Marijana Žgela Putniković**

**2. razred, V. gimnazija, Zagreb, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Problem broj 16 glasi "Predložite studiju koja uključuje svojstva i ponašanje granuliranih materijala (engl. *Granular materials*)."

Proučavanjem literature može se saznati da je granulacija proces pretvaranja mase u zrna milimetarske veličine, a da se dobiveni materijal - granulirani materijal ili granule, koristi u različitim područjima života: građevini (pijesak), medicini i farmaciji (lijekovi u granulama), prehrani (granule s vitaminima i mineralima, začini, instant napitci)... Obzirom da među spomenutim materijalima najčešće koristim granule za pripremu instant napitaka ili unošenje vitamina, u svom radu odlučila sam proučavati svojstva i ponašanje granula koje se koriste u prehrani. Za takve granulirane materijale karakteristično je da se otapaju u nekom otapalu. Na primjer, instant kakao otapa se u mlijeku, a instant vitaminski napitak u vodi. Štoviše danas postoje i granulirani vitamini za čiju konzumaciju ne treba voda, nego se granule ubacuju direktno u usta i otapaju u slini.

Problem sam odlučila riješiti na način da ću promatrati ponašanje granula u uvjetima direktnе oralne upotrebe (kao magnezij direkt granule) i pripreme napitaka (kao instant kakao).

U tim procesima najvažnija svojstva granula su topljivost i usmjereno gibanje čestica, a za sam proces bitna je i brzina otapanja... S obzirom da sama struktura te veličina granula utječe na njihovo ponašanje, promatrala sam i kako promjena veličine granule utječe na njihova svojstva i ponašanje. Za lakše kontroliranje veličine granula odlučila sam napraviti model usta, pri čemu sam koristila komadiće stiropora kao imitaciju granula te ispitivala kako ta veličina utječe na otapanje u slini i gibanje u usnoj šupljini i dušniku. Umjesto sline koristila sam aceton.

Za proučavanje homogenizacije napitka koristila sam instant napitak različitih veličina čestica i pratila tijek otapanja u vodi.

### **2 Teorijska razrada problema**

Granulirani materijal koji se koristi u prehrambenoj industriji je sipak i ne praši se. Dovoljno je sitan za lako otapanje, taljenje i slično, jer ima veliku specifičnu površinu. Za granule je

karakterističan i gubitak kinetičke energije prilikom međusobne interakcije putem trenja. Postupak granulacije ovisi o vrsti materijala. Neki materijali su prirodno u obliku granula (riža), neki se drobe i melju (zobene pahuljice, kava, lijekovi), a neki se formiraju iz prahova. Veličina granula je prosječno između 0,2 mm i 0,5 mm, dok su prahovi mikrometarske veličine.

Iz kemijske kinetike je poznato da čestice manje veličine imaju veću specifičnu površinu, pa se time i brže otapaju u odnosu na veće čestice. Postavlja se pitanje zašto se onda u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji sve više koriste granule umjesto praha. Također je pitanje, kako veličina granula utječe na brzinu topljivosti i homogenizaciju napitka.

Granule, ako im je prosječna energija niska a nepokretne su jedna u odnosu na drugu, ponašat će se kao krutina pri čemu se pritisak ne raspoređuje ravnomjerno već se provodi duž takozvanih lanaca sile. Takav raspored sile omogućuje granuliranim materijalima otapanje i homogenizaciju u smjesi. Objasnimo to na primjeru otapanja lijekova u vodi, lijek (oblikovana masa granula) se u vodi ravnomjerno otapa, jer sila između granula slabih. Ravnomjerno otapanje omogućuje granulama ravnomjerno rasprostranjivanje u otopini tj. bolju homogenizaciju. Ako isti pokus ponovimo mijenjajući veličinu a time i masu granula, zasigurno ćemo uočiti promjenu u ponašanju granula. Što su granule sitnije, sila između njih je manja te se čestice lako rasprše i u mnogim slučajevima dolazi do problema da je površinska napetost otapala (površinska napetost) jača od sile među granulama što usporava otapanje granula ili ga ponekad onemogućuje. Presitne granule i prah jednostavno ostanu na površini otapala, poput kukca koji hoda na vodi. Time se otopina ne može homogenizirati, jer se dvije faze ne mogu nikako pomiješati.

Slaba sila među granulama može uzrokovati i druge neželjene efekte. Ako se granule nađu u zraku, to može biti opasno, jer ih čovjek može udahnuti, pri čemu može doći i do gušenja. Takva situacija je posebno opasna kod praškastih ili granuliranih proizvoda koji se ubacuju u usta direktno, primjerice magnezij direkt. Zbog svih ovih svojstava, moja hipoteza je da će smanjenje veličine granula ubrzavati njihovo otapanje, te će utjecati na kretanje granula i homogenizaciju napitka. No, također prepostavljam da se to događa samo do određene veličine granule, one pri kojoj se čestice neće više ponašati kao granulirani materijal već kao prah.

### 3 Aparatura, eksperimentalne metode i mjerena

#### 3.1 Eksperimentalna metoda

Ovim pokusima pokušala sam dočarati ponašanje granula prilikom direktnе oralne primjene (prva 2 pokusa) i prilikom pripreme napitka (3. pokus).

Da bi lijekovi bili učinkoviti, bitno je da se dobro otope i rasporede u unutartjelesnim tekućinama kao što je npr. slina. Za ispitivanje brzine otapanja granula u ustima napravila sam

model usta, a obzirom da još nemam uređaj za granuliranje materijala kojim bih izrađivala granule različitih veličina, odlučila sam se napraviti i model granula.

Usnu šupljinu predstavlja laboratorijska čaša, a smjesa acetona i vode u čaši imitira slinu u čovjekovim ustima u kojima se granule otapaju. Ovaj model sam odabrala jer u ustima ne potapamo granule u potpunosti u otapanju, nego stavljamo na jezik, gdje granule dolaze u kontakt sa slinom sporije, nego kada bismo ih ulili u primjerice vodu.

S obzirom da granule nikako ne bismo smjeli udisati, bitno je ispitati koliko će one „lelujati“ u zraku, što je ispitano u pokusu br. 2. U njemu sam napravila model dušnika (dugačka kartonska cijev) kroz koji sam fenom opremljenim potenciometrom napravila konstantan protok zraka. Pristalnom protoku mjerila sam vrijeme prolaska modela granula od stiropora kroz cijev, ovisno o veličini čestica.

U pokusu broj 3. nisam koristila model granula, nego sam koristila granule instant kakaa u pravoj veličini i smrvljene u tarioniku, te uspoređivala brzinu otapanja ta dva uzorka u vodi. Time sam ispitivala koliko dobro će se homogenizirati smjesa (napitak), tj. koliko brzo će nastati homogena otopina.

**Napomena:** Mjerenja u pokusima ponovljena su 5 puta kako bih bila sigurnija u točnost rezultata, te je aritmetička sredina prikazana kao konačno rješenje!

### **3.2 Pokus 1. Otapanje stiropora u smjesi acetona i vode**

**Pribor:** vodena otopina acetona (20 mL, 15 kapi destilirane vode), stiropor, staklena čaša (80 mL), štoperica

Pripremila sam 6 kocki stiropora mase 150 mg. Od toga sam 1 kocku koristila u pokusu nepromijenjene veličine, a preostalih 5 sam razlomila na jednake dijelove sljedećih masa: 75 mg, 37,5 mg, 18,8 mg, 9,4 mg, 4,7 mg. U vodenu otopinu acetona stavljala sam uvijek istu masu stiropora ali različito usitnjenu te sam mjerila vrijeme potrebno da se sve otopi. Vodu sam dodavala da bih malo povećala polarnost otapala, jer mi se u čistom acetonu stiropor prebrzo otapao da bi mi razlika u topljivosti zbog veličine čestica bila mjerljiva. Sva mjerenja ponovila sam po 5 puta.



**Slika 1. Aparatura prvog pokusa**

### 3.3 Pokus 2. Ovisnost brzine protoka čestica o veličini čestica

**Pribor:** fen, cijev (duljine 40cm), stiropor (istih masa kao u 1. pokusu, osim čestica mase 4.7 mg)

U ovom pokusu ispitala sam gibanje stiropora kroz usmjereni gibanje zraka. Uključila sam fen na konstantnu jačinu, stavila sam ga na početak cijevi kako bih usmjerila zrak, ispred fena stavljala sam kocke stiropora, štopericom sam mjerila koliko je vremena potrebno da granula prođe put od 40cm.



**Slika 2. Aparatura drugog pokusa**

### 3.4 Pokus 3. Ovisnost brzine homogenizacije otopine o veličini čestica granula i praha

**Pribor:** staklena čaša (200 mL), voda (150 mL), instant kakao (granulirani kakao mase 6 g), tarionik s pastilom

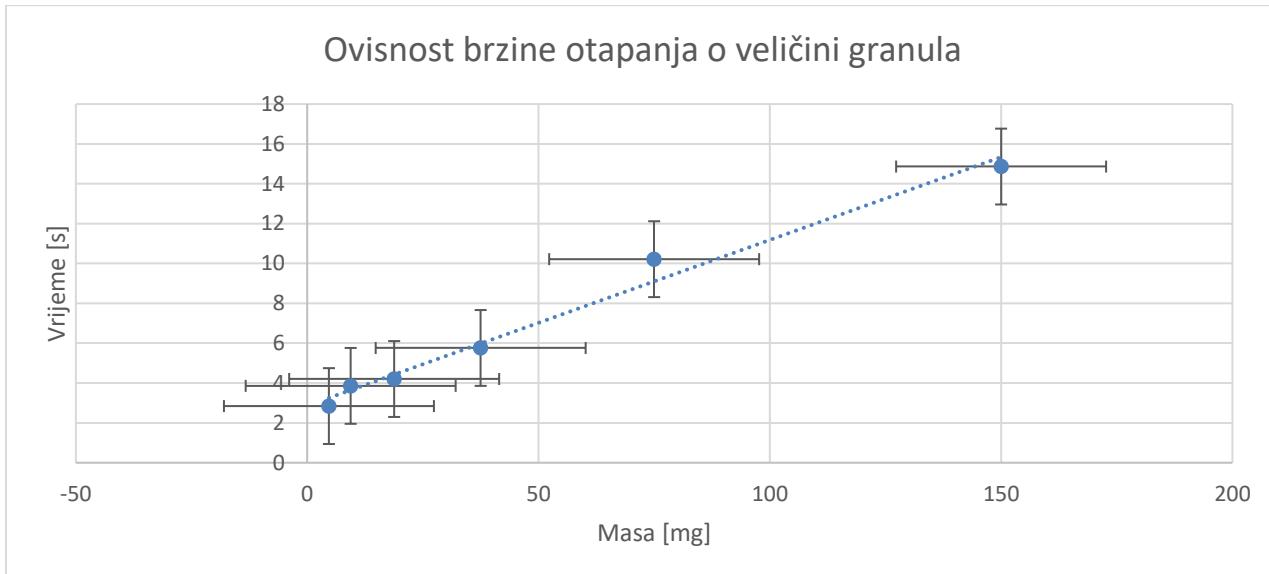
U obje čaše usula sam 150 mL vode. Izvagala sam 6 g instant kakaa, stavila ga u tarionik s pastilom i usitnila do strukture praha. Ponovno sam izvagala 6 g instant kakaa kojeg nisam usitnila. Oba uzorka sam istovremeno stavila u vodu i pažljivo promatrala (i snimila) kako se ponaša prah u vodi a kako granule kakaa u vodi. Tijekom procesa mjerila sam vrijeme koje je potrebno da na površini vode ne bude kakaa usporedila.



Slika 3. Aparatura trećeg pokusa

## 4 Rezultati

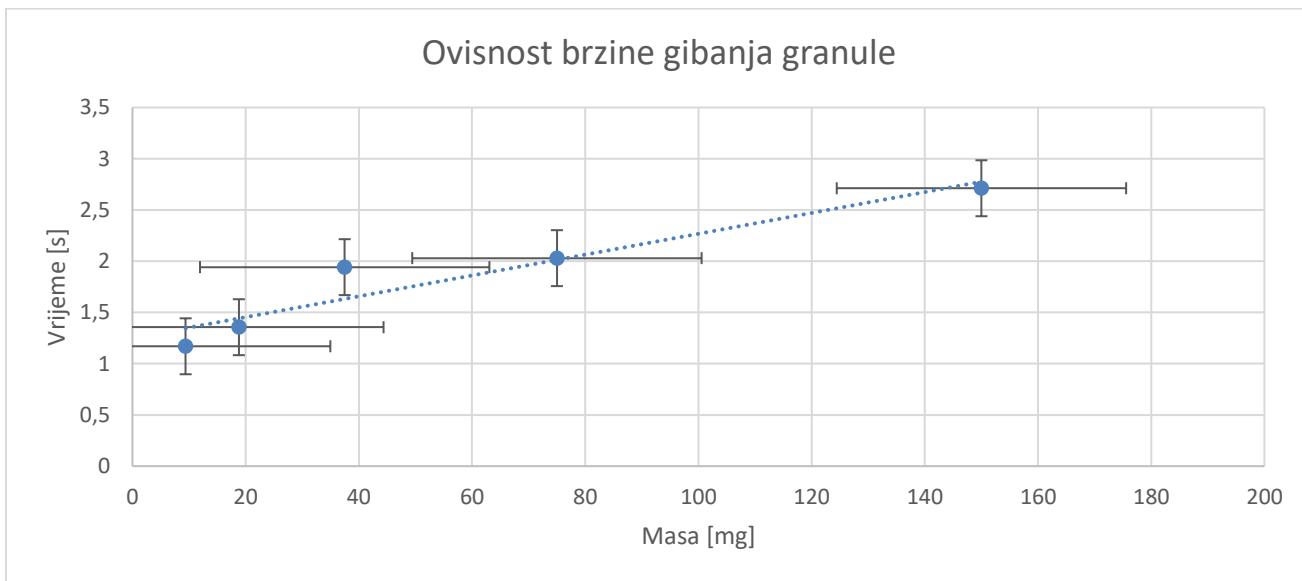
### Rezultati 1. pokusa



Grafikon 1. Prikaz ovisnosti brzine otapanja o veličini granula

Iz grafikona možemo zaključiti da se linearno s masom granula smanjuje i vrijeme potrebno za otapanje, također je uočljivo da se razlika u vremenu proporcionalno smanjuje u odnosu na veličinu što se slaže s prepostavkama. Što su sitnije čestice, manja je razlika u brzini otapanja pa je dalnjim smanjivanjem na granici mjerljivosti metode. S obzirom da je površina otapala u čaši konstantna, problem nastaje kada je količina granula velika tj, kada sve granule ne dolaze odmah u kontakt s otapalom već između granula postoji puno prostora ispunjenog zrakom koji usporava proces otapanja.

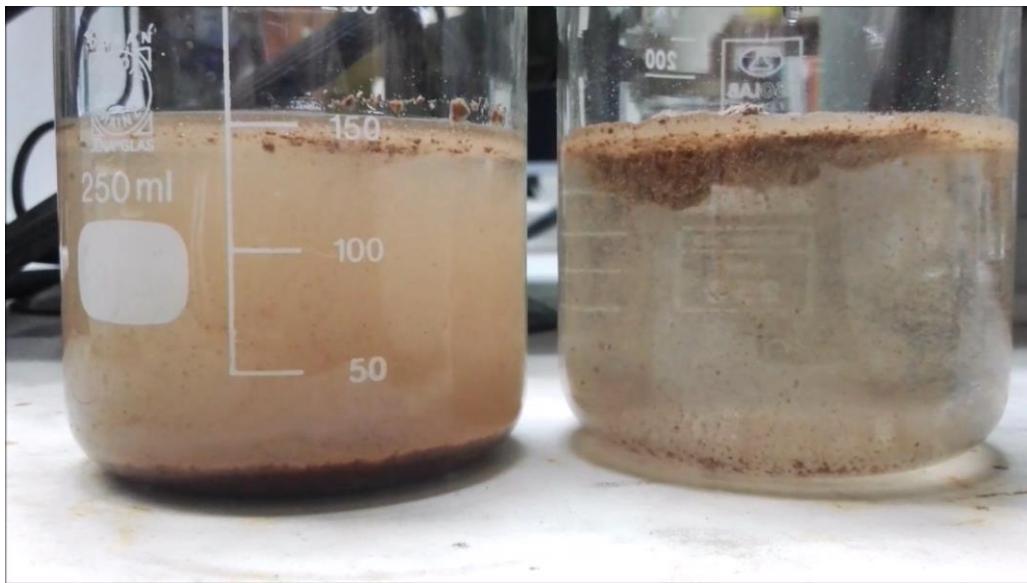
## Rezultati drugog pokusa



**Grafikon 2. Prikaz ovisnosti brzine gibanja granule**

Iz rezultata je vidljivo da se manje granule gibaju brže, također razlika postaje manja kako skala veličina ide prema nižim vrijednostima, kao i u prethodnim rezultatima te, je također ovaj dio hipoteze potvrđen.

## Rezultati trećeg pokusa



**Slika 4. Homogenizacija većih granula (čaša lijevo) i praha instant kakao (čaša desno).**

Proces homogenizacije bolje se uočava u navedenom videozapisu.

Videozapis 1. Prikaz homogenizacije granula instant kakaa (<https://youtu.be/C8VvXjy24Sg>)

U videozapisu izrazito uočljivo da je prah ostao većinom na površini ili na dnu posude dok su se granule puno brže spustile na dno. Time je otapanje instant kaka znatno olakšano u slučaju granula.

## 5 Zaključak

Granule se otapaju brže od tableta, jer imaju manje čestice, pa im je specifična površina veća. Zato se brže otapaju od tableta. To je dokazano 1. pokusom.

Granule su sigurnije za direktnu upotrebu usipanjem u usta, jer je manja mogućnost da ih se udahne prilikom upotrebe. To je dokazano 2. pokusom.

Granule lakše svladaju površinsku napetost, pa se brže pomiješaju s otapalom i tako se napitak lakše homogenizira. Također granule u prehrani nisu tvrde, kao one u građevini, jer se lako mogu smrviti u tarioniku. To je dokazano u 3. pokusu.

- Predložak za daljnje istraživanje

U dalnjem istraživanju, kako bih bila sigurnija te jasnije i preciznije iskazala ovisnosti otapanja o veličini granula, napravila bih sama svoje granule u kojim bih mijenjala omjere masa i volumena. Ispitala bih i neka fizikalna svojstva granula s obzirom da se često pojavljuju i u građevini.

## Literatura

- [1] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=23133> (23. 12. 2017.)
  - A. Rogić, I. Čatić, D. Godec (2008.) *Polimeri i polimerne tvorevine*, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb
- [2] Shanmugam, S. (2015). Granulation techniques and technologies: recent progresses. *Biolmpacts* : BI, 5(1), 55–63.
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Granular\\_material](https://en.wikipedia.org/wiki/Granular_material) (16.12.2017.)
- [4] D. Nöthig Hus, M. Herak, F. Novosel (2014.), Opća kemija 2, udžbenik za 2. razred gimnazije, Školska knjiga, Zagreb

## **Problem 14. Izumi sam: Dendrokronologija**

**Autor: Luka Mikšić**

**Mentor: Antun Milinković**

**1. razred, Gimnazija Karlovac, Karlovac, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Jedno od predloženih istraživanja iz područja prirodoslovja odnosilo se na dendrokronologiju, a obuhvaćalo je sljedeće smjernice:

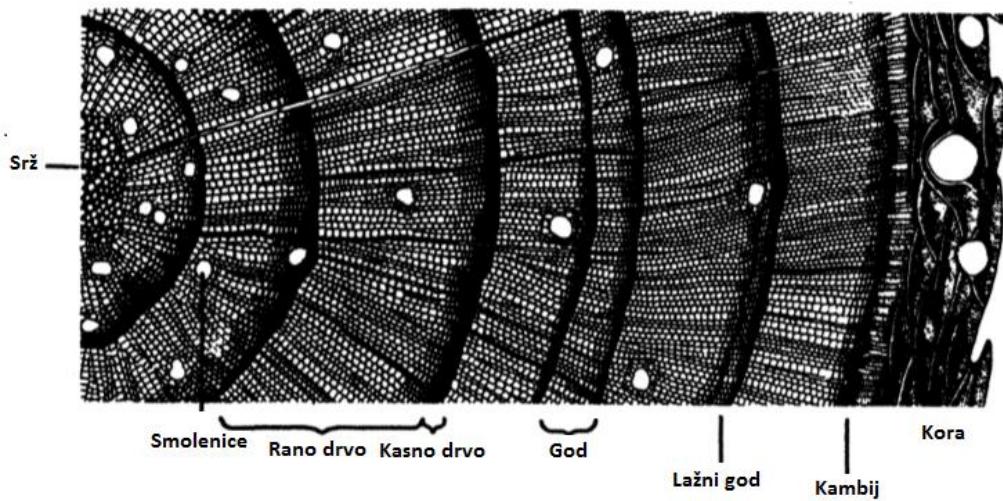
„Godišnji rast godova često se koristi za određivanje vremena važnih povijesnih događaja ili ekoloških uvjeta u prošlosti. Predložite i izvedite istraživanje koristeći razne uzorke godova.“

U ovome radu mjerio sam i uspoređivao duljine godova kod triju različitih vrsta drveća istog roda (hrastovi, *Quercus*) te kako prosječna godišnja količina oborina i temperatura utječu na duljinu njihovih godova s ciljem pronalaženja stupnja korelativnosti pri odabiru najpouzdanije vrste za utvrđivanje klime određenog područja u prošlosti. Kako bih smanjio utjecaj raznolikosti klime i ostalih ekoloških čimbenika na duljinu godova te proveo lakšu i precizniju usporedbu godova uzorke svih triju vrsta drveća uzeo sam iz iste sastojine u kojoj prevladavaju isti pedološki, orografski i klimatski uvjeti (sastojina „Kaštanski gaj“ na području Žumberačke gore).

### **2 Teorijska razrada problema**

#### **2.1 God**

Radikalni prirast drvenaste stabljike tijekom jedne vegetacijske perioda naziva se god (sl. 1.). Širina godova varira iz godine u godinu, ovisno o biološkim i fiziološkim obilježjima vrste te utjecaju ograničavajućeg faktora. Prirast je snažno ovisan i o čimbenicima staništa (nadmorska visina, geomorfološka podloga, nagib, tlo), dok na klimatske čimbenike drveće različito reagira u pogledu debljinskog prirasta, što se odražava u obliku različitih širina godova.



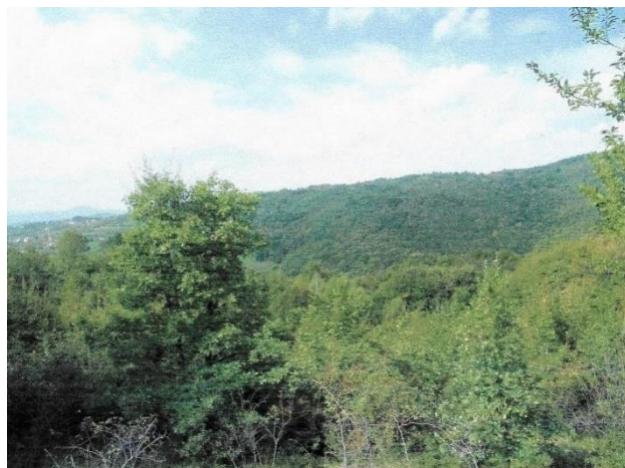
*Slika 24. Poprječni presjek drvenaste stabljike s označenim osnovnim anatomskim dijelovima*

## 2.2 Dendrokronologija

Dendrokronologija (grč. *dendro*, stablo; *chronology*, proučavanje vremena) predstavlja znanstvenu disciplinu koja se bavi snimanjem okolišne promjenljivosti primjenom mjerena i proučavanja događaja koji su se zbili u prošlosti, a ostali su zabilježeni u strukturi godova drva. Specifični mehanizam rasta i razvijanja stabla (debljinski prirast) omogućuje dendrokronoložima da kroz analizu godišnjeg prirasta stabala (goda) te kroz mogućnost tzv. *crossdating-a*, razviju dugačke i kvalitetne vremenske kronologije za određeno područje sastavljene od potrebnog broja uzoraka stabala (grupa stabala, ploha, sastojina, regija, ...) na temelju kojih se proučavaju i interpretiraju informacije iz okolišnih i povijesnih događaja i procesa.

## 2.3 Klima i reljef u istraživanom dijelu Žumberka

Područje Žumberka u kojem sam uzimao uzorke hrastova naziva se Radatovički kraj. Ovaj dio Žumberačkog gorja tipično je krško područje s kontinentalnom klimom. Suhe doline, uvale i ponikve izraziti su oblici reljefa koji ponegdje rezultiraju specifičnim mikroklimatskim uvjetima pogodnim za razvoj termofilnih zajednica u kojima raste i nekoliko različitih vrsta drveća istog roda. Uzorke hrasta medunca (*Quercus pubescens*, sl. 3.), hrasta kitnjaka (*Quercus petraea*, sl. 4.), i hrasta cera (*Quercus cerris*, slika 5.) uzimao sam u termofilnoj hrastovoj sastojini „Kaštanski gaj“ (sl. 2.) formiranoj na vapnencima i dolomitima sa smeđim tlom, na južnoj strani blage padine nadmorske visine oko 350 metara.



Slika 25. "Kaštanski gaj"

## 2.4 Hrast medunac (*Quercus pubescens* Willd. 1796)

Hrast medunac je listopadno drvo iz porodice bukva. Naraste do 20 metara, iako može rasti i kao grm nekoliko metara u visinu. Promjer debla može biti do 2 metra. Prirodno raste na području južne, dijelom srednje Europe te jugozapadne Azije. Na području Hrvatske nalazimo ga pretežito u priobalnom području, a također raste mjestimično i u kontinentalnom djelu. Odgovaraju mu topla staništa, podnosi plitka i suha tla. Na lošijim zemljištima nižeg je rasta i ima nepravilno krošnju.



Slika 26. Deblo hrasta medunca

## 2.5 Hrast kitnjak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. 1784)

Hrast kitnjak je listopadno drvo iz porodice bukva. Stablo naraste do 40 metara visine tvoreći bogato razgranatu, pravilnu i gustu krošnju. Deblo je promjera do 3 metra. Rasprostranjen je na području srednje i južne Europe, te zapadne Azije. Raste u brdsko-gorskim područjima. Skromnih je zahtjeva prema staništu, odgovaraju mu svježa zemljišta, a slabije uspijeva na tlu kisele reakcije.



Slika 27. Deblo hrasta kitnjaka

## 2.6 Hrast cer (*Quercus cerris* L. 1753)

Hrast cer je listopadno drvo iz porodice bukva. Naraste do 40 metara visine tvoreći deblo promjera do 1 metar i širokočunjastu krošnju. Rasprostranjen je u jugoistočnoj Europi i

zapadnoj Aziji. Raste na brežuljkastim područjima, u listopadnim šumama na suhim i dubljim staništima slabo kisele reakcije.



*Slika 28. Deblo hrasta cera*

## **2.7 Parametri (hipoteza)**

Prepostavio sam da će unutar iste vrste drveća godovi biti približno iste duljine te će ih biti lakše usporediti zbog istih karakteristika. Također sam prepostavio da će oborine i prosječna godišnja temperatura tog područja imati različite efekte na duljinu godova različitih vrsta drveća te će se moći uočiti proporcionalnosti u odnosu duljine godova i klime.

## **3 Eksperimentalne metode i mjerena**

U odabranoj sastojini („Kaštanski gaj“) uzimao sam uzorke godova u visini prsnog promjera s 5 različitih stabala svake vrste (medunca, kitnjaka i cera). Uzorke sam vadio pomoću Preslerovog svrdla (sl. 6), razvrstao po vrstama i prikladno spremio za nastavak rada u školi.

Rad u školi obuhvaćao je analizu i mjerjenje duljine godova pomoću binokularne lupe (sl. 7.) te prikupljanje podataka o prosječnoj godišnjoj količini oborina i prosječnim godišnjim temperaturama u razdoblju od 2007. do 2016. godine. Podaci su prikupljeni iz Državnog hidrometeorološkog zavoda Zagreb za meteorološku postaju Sošice.

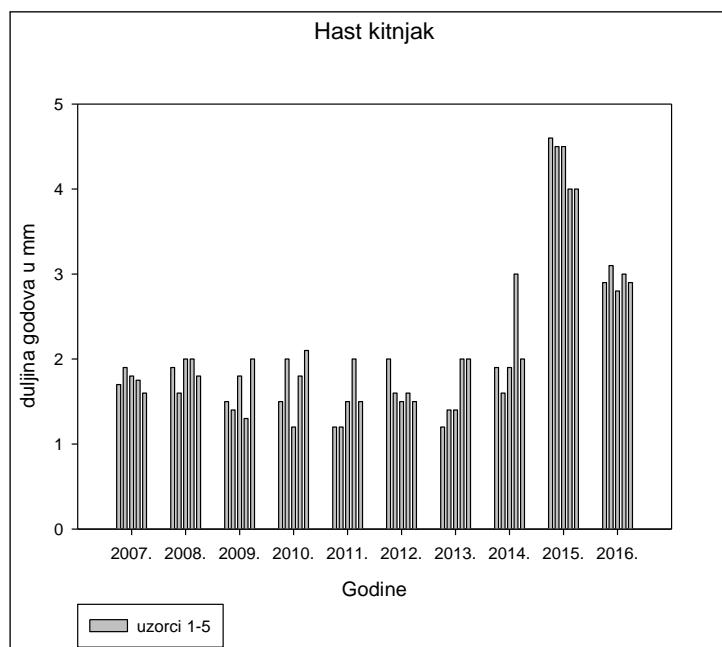


*Slika 6. Preslerovo svrdlo*

*Slika 7. Uzorci godova i binokularna lupa*

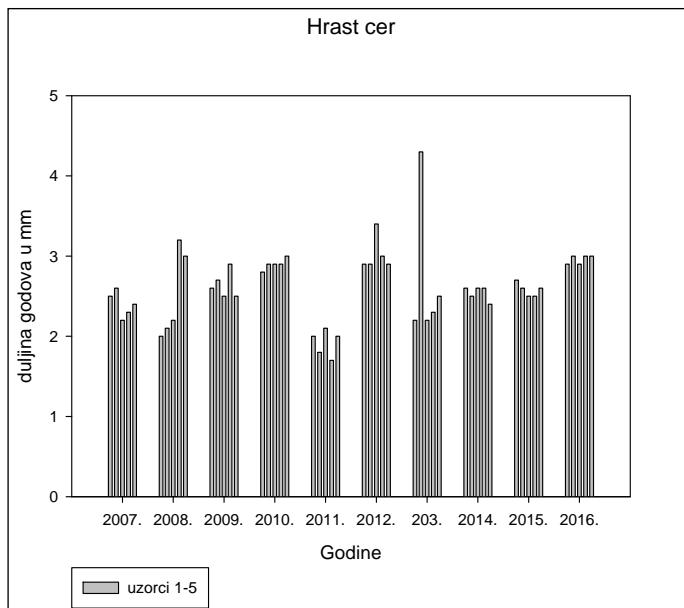
## 4 Rezultati i rasprava

### 4.1 Usporedba duljina godova drveća iste vrste



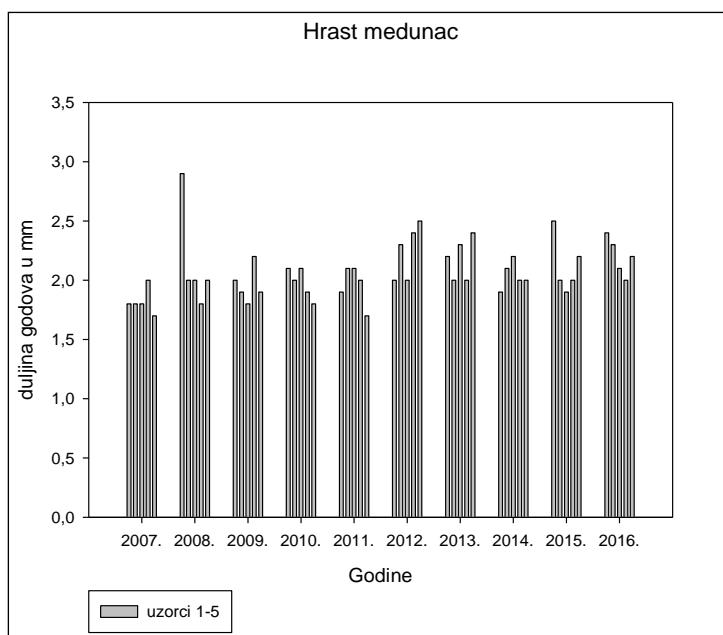
*Graf 1. Usporedba 5 uzoraka hrasta kitnjaka kroz 10 godina*

Na grafu 1. prikazana je usporedba 5 uzoraka godova hrasta kitnjaka kroz 10 godina. Svi godovi su približno iste duljine za svaku pojedinu godinu i dokazuju da različito drveće iste vrste ima godove približno iste duljine čineći ga pouzdanim za datiranjem godina i proučavanjem klime pomoću godova.



Na grafu 2. vidljivo je kako su godovi cera pretežno iste duljine, no ima nekoliko iznimaka poput goda u 2013. godini gdje je jedan god značajno veći, najvjerojatnije zbog nekih bioloških čimbenika.

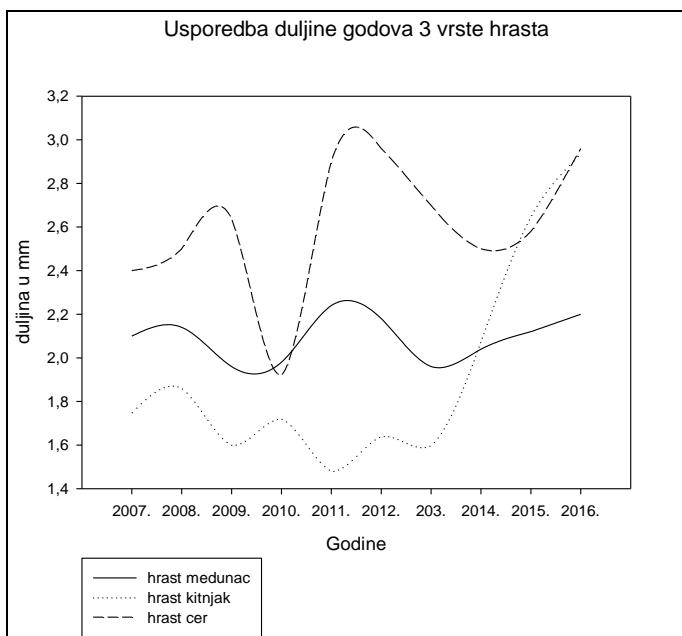
**Graf 2. Usporedba 5 uzoraka hrasta cera kroz 10 godina**



Usporedba godova hrasta medunca je najujednačenija i godovi su gotovo iste duljine osim 2008. godine kada je jedan uzorak bio dulji zbog nekih bioloških faktora (graf 3.).

**Graf 3. Usporedba 5 uzoraka hrasta medunca kroz 10 godina**

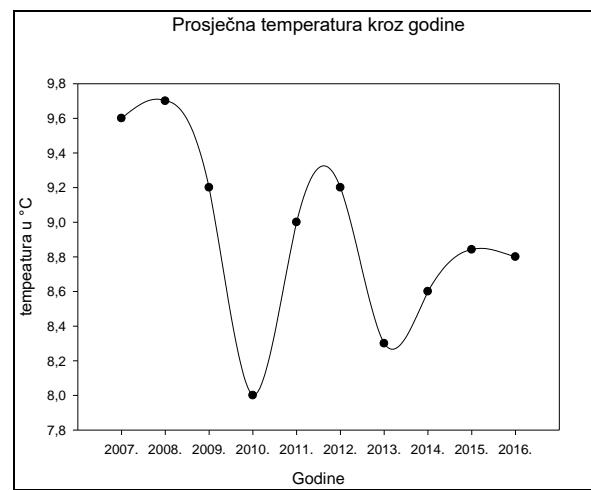
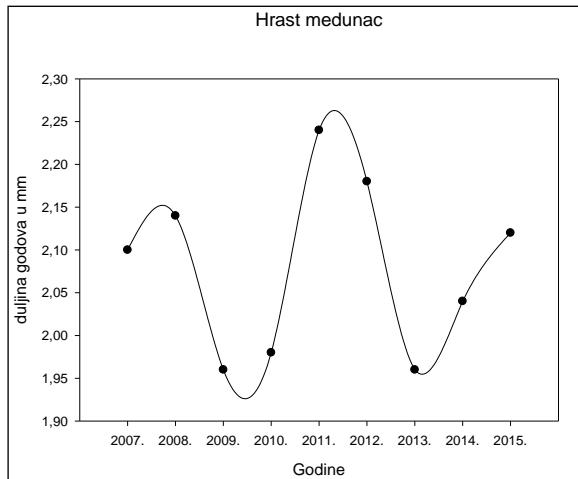
#### 4.2 Usporedba prosječnih godišnjih duljina godova triju vrsta hrasta



Graf 4. Usporedba duljine godova 3 vrste hrasta u razdoblju od 2007. – 2016. godine

Analizom grafa 4. možemo uočiti kako hrast medunac i cer slično reagiraju na klimatske čimbenike tj. da im se u istim vremenskim intervalima smanjuje i povećava duljina godova (2009. i 2010. godine su najkraći godovi, a 2011. i 2012. godine najduži godovi). Hrast kitnjak nema nikakvu korelaciju s ove dvije vrste hrasta. Do 2014. godine ima najmanju duljinu godova tj. sporo raste, što znači da mu ne odgovara stanište ili klima. Nakon 2014. godine ima eksponencijalni rast i godovi su mu najdulji, što znači da se klima promjenila u korist ove vrste hrasta.

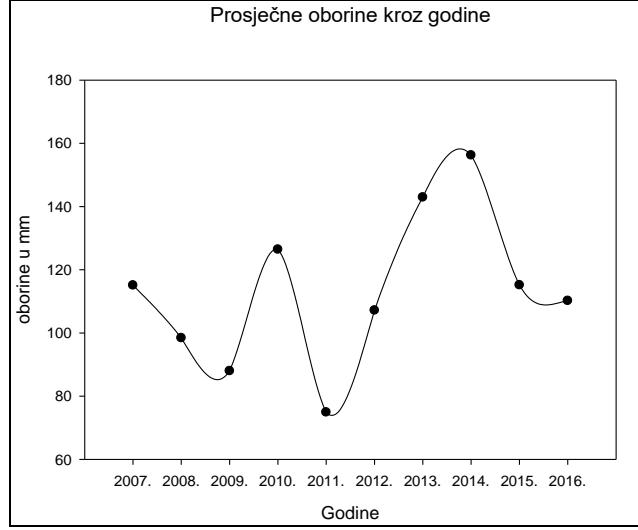
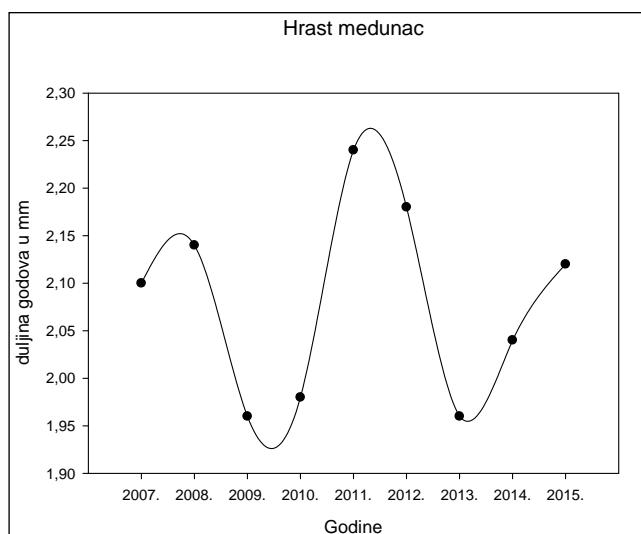
#### 4.3 Usporedba prosječnih duljina godova svake vrste hrasta s klimom Žumberka



**Graf 5. Prosječne godišnje duljine godova medunaca za razdoblje od 2007. do 2016.**

**Graf 6. Prosječne godišnje temperature za razdoblje od 2007. do 2016.**

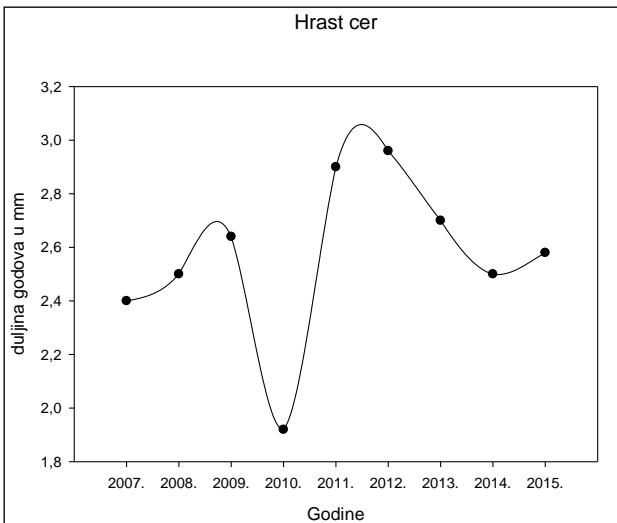
Uspoređujući prosječnu duljinu godova hrasta medunca (graf 5.) i promjene u prosječnoj godišnjoj temperaturi (graf. 6.), vidljivo je da se skoro savršeno poklapaju tj. kada je prosječna godišnja temperatura niža (hladnije razdoblje) duljina godova je manja, a kada je godišnja temperatura viša (toplje razdoblje) duljina godova je veća.



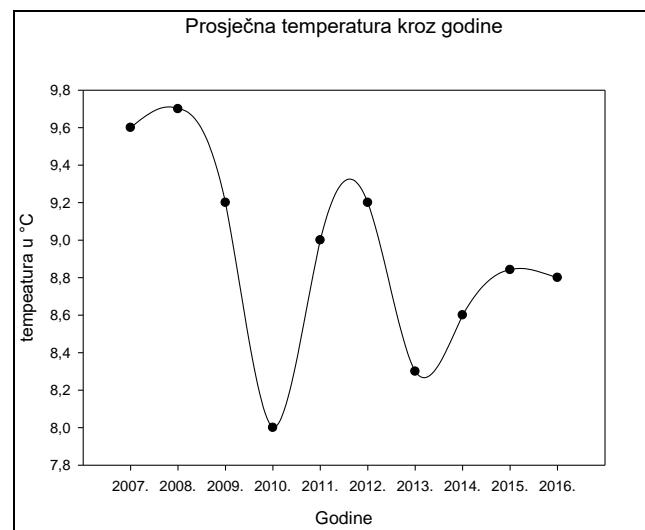
**Graf 5. Prosječne godišnje duljine godova medunaca za razdoblje od 2007. do 2016.**

**Graf 7. Prosječne oborine kroz godine**

Uspoređujući prosječnu duljinu godova hrasta medunca (graf 5.) s prosječnim godišnjim oborinama (graf 7.), vidljivo je da su obrnuto proporcionalni tj. kada su prosječne godišnje oborine veće, duljina godova je manja, a kada su prosječne godišnje oborine manje, duljina godova je veća.

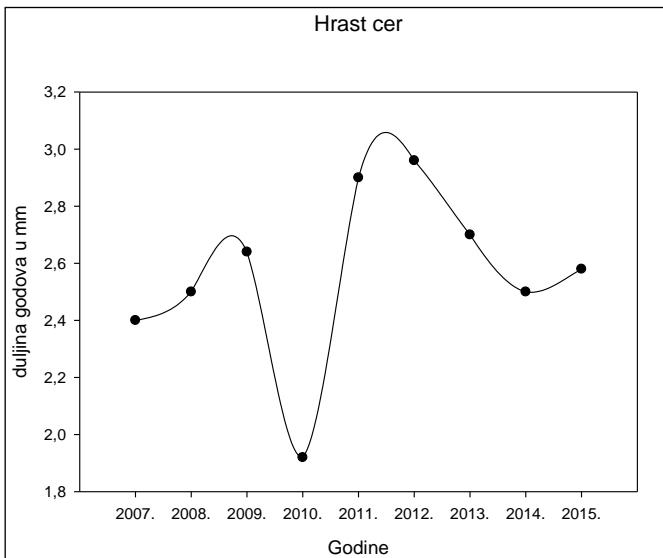


Graf 5. Prosječna duljina godova hrasta cera kroz godine

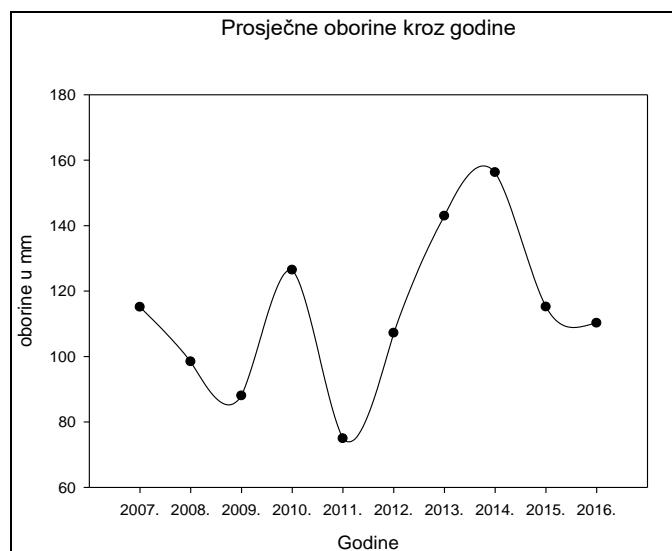


Graf 6. Prosječna temperatura kroz godine

Uspoređujući prosječnu duljinu godova hrasta cera (graf 8.) i promjene u prosječnoj godišnjoj temperaturi (graf. 6) također vidimo proporcionalnost, ali kod hrasta cera klima je imala izraženiji utjecaj na duljinu godova (razlika između najduljeg i najkraćeg goda iznosi 1 mm, a kod hrasta medunca iznosi 0,3 mm), što znači da je hrast medunac otporniji na promjene u klimi toga područja.

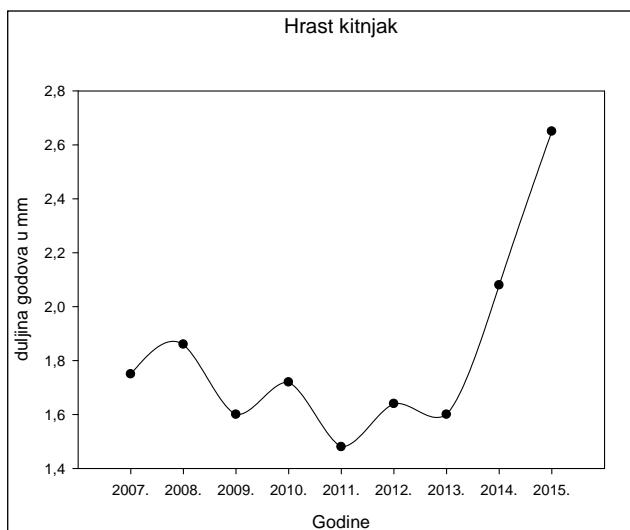


**Graf 8. Prosječna duljina godova hrasta cera kroz godine**

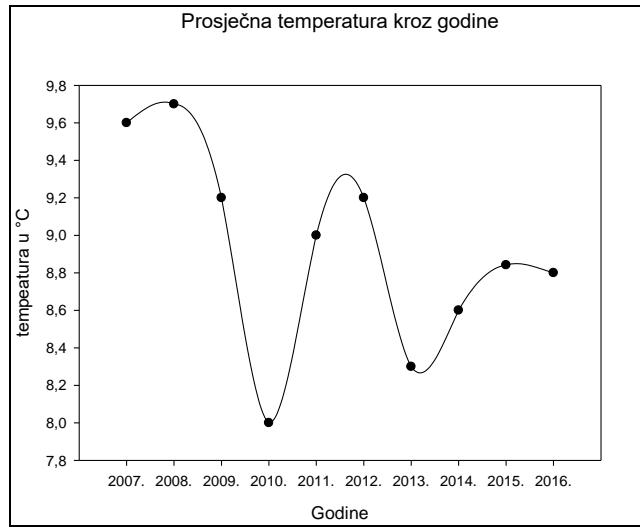


**Graf 7. Prosječne oborine kroz godine**

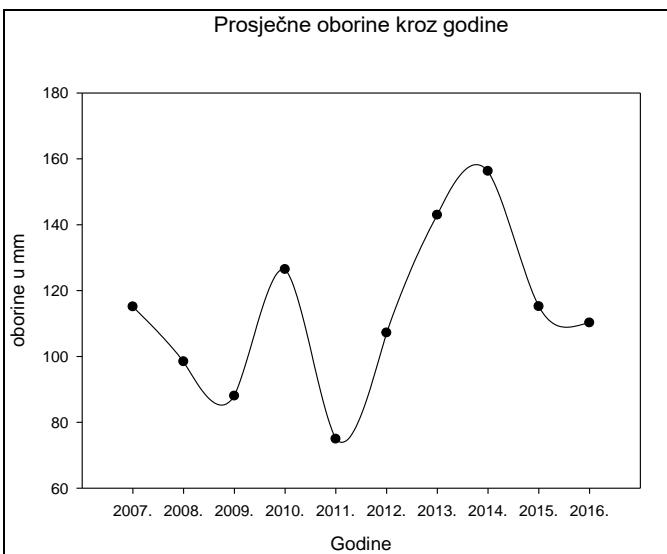
Uspoređujući prosječnu duljinu godova hrasta cera (graf 8.) s prosječnim godišnjim oborinama (graf 7.), možemo zapaziti obrnutu proporcionalnost isto kao i kod hrasta medunca, no hrast cer ima još izraženiji prirast u odnosu na prosječne količine oborina.



**Graf 6. Prosječna temperatura kroz godine**



**Graf 9. Prosječna duljina godova hrasta kitnjaka kroz godine**



Promatraljući graf 6.,7.i 9. na prvi pogled izgleda kao da oni nisu u korelaciji, no promatranjem razlika u oborinama i temperaturi vidljivo je da su do 2014. godine temperatura i oborine bile u potpunoj suprotnosti zahtjevima hrasta kitnjaku. Nakon 2014. godine prosječne godišnje oborine i temperatura su se ujednačile i stvorile pogodniju klimu za hrasta kitnjaka koji je reagirao eksponencijalnim rastom duljine godova sve do 2016. godine.

**Graf 7. Prosječne oborine kroz godine**

## 5 Rasprava

Pretpostavio sam da će unutar iste vrste drveća godovi biti približno iste duljine što se i potvrdilo, stoga su duljina godova i klimatski čimbenici u korelaciji te da se može pomoći godova proučavati klima nekih područja. Pretpostavio sam da će se pojaviti varijabilnosti pri usporedbi različitih vrsta drveća što se i potvrdilo. Premda su hrast cer i medunac imali vrlo slične reakcije na ispitivane klimatske čimbenike, ali ne i iste, hrast kitnjak se za razliku od njih ponašao potpuno različito. Iz ovoga zaključujem da se klima ovog područja ne može pouzdano utvrđivati pomoću duljine godova hrasta kitnjaka. Kada razmatramo utjecaj klime na duljinu godova svake vrste hrasta zasebno, rezultati variraju. Duljine godova hrasta cera bile su proporcionalne s prosječnom godišnjom temperaturom, a obrnuto proporcionalne sa prosječnim godišnjim oborinama, što znači da ovom spoznajom možemo proučavati klimu Žumberka u daljoj povijesti analizom godova cera. Isto se može reći i za godove hrasta medunca, ali on ima manju razliku između najduljeg i najkraćeg goda što ukazuje da je otporniji i prilagođeniji klimatu u tom dijelu svog kontinentalnog areala. Hrastu kitnjaku nije bila povoljna klima u ovom dijelu Žumberka u razdoblju od 2007. do 2014. godine, pa mu je duljina godova bila manja od ostalih vrsta hrastova. Od 2014. do 2016. godine vidi se eksponencijalni rast duljine godova kitnjaka što znači da mu takva klima odgovara jer su se klimatski čimbenici ujednačili (prosječne godišnje padaline i temperatura nisu više bili obrnuto proporcionalni, nego proporcionalni). Stoga je korištenje hrasta kitnjaka na ovom području Žumberka neprikladno za utvrđivanje klima zbog značajne osjetljivosti na okolišne čimbenike i njihova velikog utjecaja na duljinu godova. Za daljnji rad bih mogao ispitati različite rodove drveća s istog područja i pokušati naći korelaciju s već obrađenim vrstama.

## **6 Zaključak**

Iz rezultata analize i usporedbe godova hrasta medunca, cera i kitnjaka te utvrđivanja korelacije prosječnih godišnjih duljina godova s prosječnim godišnjim oborinama i temperaturama zapaža se kako sve tri vrste nisu jednakog pogodne za utvrđivanje klime istraživanog područja jer nisu jednakog prilagođene tom klimatu.

Koristeći godove hrasta kitnjaka sa područja ove zajednice dendrokronološkom analizom ne bi dobili točan uvid klime u prošlosti, te bi nas navela na netočne zaključke, dok bi najtočnije rezultate dobili korištenjem analize godova medunca i nešto manje pouzdanije rezultate analizom godova cera.

## **Literatura**

- [1] Begović, K., Čupić, S., 2016. Klimatski odaziv obične smreke (*Picea abies* L. (H.Karst.)) na području sjevernog Velebita, Studentski istraživački rad, Šumarski fakultet, Zagreb
- [2] Draženović, J., 2013. Termofilna zajednica hrasta kitnjaka i crnog graba u zapadnom dijelu Žumberačke gore, Učenički istraživački rad, Gimnazija Karlovac, Karlovac

## Problem 9. Ton boce

Autor: Grgur Premec

Mentor: Ivan Tomašević

1.c, XV. gimnazija, Zagreb, Hrvatska

### 1 Uvod

„Uzmite praznu bocu i pušite zrak preko njezina otvora kako biste proizveli zvuk. Zatim napunite bocu s nešto vode i promatrajte kako se zvuk mijenja.“

U ovom radu ću objasniti pojavu tona kod puhanja zraka preko otvora boce, i istražiti kako frekvencija tog tona ovisi o količini vode, odnosno zraka u boci. Rezultate ću analizirati i usporediti s teoretskim očekivanjima.

### 2 Teorijska razrada problema

#### 2.1 Zašto nastaje ton?

Zašto ton uopće nastaje kada pušemo preko otvora boce? Boca zapravo djeluje kao Helmholtzov oscilator, koji se sastoji od spremnika s plinom, u ovom slučaju zrakom, koji na sebi ima otvor, obično izdužen, poput cijevi (Slika 1).

Kada počnemo puhati u bocu, mlaz zraka iz naših usta blago stlači zrak u boci. Budući da taj zrak ima veći tlak od atmosferskog, on sada gura zrak kroz otvor (u ovom slučaju grlić boce) prema van, ali nakon što se pritisak ponovno vrati u ravnotežni položaj, zbog inercije zrak u grliću boce se nastavlja gibati. Kako taj zrak sada izlazi van iz boce, u njoj se pritisak smanjuje, i sada atmosferski pritisak gura zrak prema dolje. Zbog toga će taj zrak ubrzo usporiti i početi se vraćati nazad u bocu, i takav ciklus se ponavlja. Zbog trenja zraka uz stjenke i ostalih gubitaka te oscilacije bi ubrzo stale, ali zrak koji puše preko otvora daje potrebnu energiju da bi se oscilacije nastavile.

#### 2.2 Kvantitativni opis

Prvo moramo prepostaviti da je valna duljina zvuka znatno veća od duljine spremnika, kako bi mogli zanemariti razlike u pritisku unutar spremnika. Ako grlić ima duljinu  $l$  i poprečni presjek  $A$ , masa zraka u njemu je  $m = \rho Al$ . Ova formula nije sasvim točna jer se tijekom titranja miče i dio zraka s obje strane grlića. Da bi prilagodili formulu, umjesto duljine  $l$  možemo koristiti ekvivalentnu duljinu  $l_{eq} = l + 0.3D$ , gdje je  $D$  dijametar grlića. Kada se zrak u grliću pomakne prema unutrašnjosti boce, pritisak u boci se poveća. Budući da se ta promjena odvija vrlo brzo,

nema puno vremena za razmjenu topline između zraka u boci i okoline, pa taj proces možemo aproksimirati kao adijabatski proces. To znači da kod malih promjena volumena za pritisak u boci vrijedi izraz  $\frac{\Delta p}{p_0} = -\gamma \frac{\Delta V}{V_0}$ , gdje je  $\gamma$  adijabatski koeficijent,  $p_0$  početni tlak, u ovom slučaju atmosferski, a  $V_0$  početni volumen, odnosno volumen boce. Ako se zrak pomakne za neku malu udaljenost  $x$ , pritisak se promjeni za  $\Delta p = -\gamma p_0 \frac{Ax}{V_0}$ . Budući da je  $F = \Delta p A = ma$ , ako uvrstimo dobivamo  $a = -\frac{\gamma p_0 A}{V_0 \rho l_{eq}} x$ . Vidimo da je akceleracija zraka u grliću proporcionalna pomaku zraka od ravnotežnog položaja, što znači da se radi o jednostavnom harmonijskom gibanju, kod kojeg je kutna frekvencija jednaka korijenu koeficijenta proporcionalnosti, dakle  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\gamma p_0 A}{V_0 \rho l_{eq}}}$ . U ovu formulu možemo uvrstiti i brzinu zvuka u plinu  $c = \sqrt{\frac{\gamma p_0}{\rho}}$ , pa dobivamo  $f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{V_0 l_{eq}}}$ , a to je formula koju ću koristit za teorijski izračun frekvencije kako bih ju mogao usporediti s eksperimentalnim rezultatima.

### 2.3 Parametri i hipoteze

Iz formula vidimo da frekvencija zvuka koji proizvodi boca ovisi o brzini zvuka u zraku, površini poprečnog presjeka grlića boce, njegovoj duljini i volumenu boce. Od ovih parametara brzinu zvuka ne možemo mijenjati, a površinu poprečnog presjeka i duljinu grlića je teško izmjeriti i treba nam mnogo različitih boca ako želimo imati dovoljno mjerjenja da bi iz njih izvukli dobre zaključke. Zbog toga i zbog teksta zadatka jedini parametar koji ću mijenjati je volumen. To ću raditi tako što ću u bocu dodavati vodu koja, budući da je nestlačiva, ne sudjeluje u oscilacijama i tako efektivno smanjivati volumen boce.

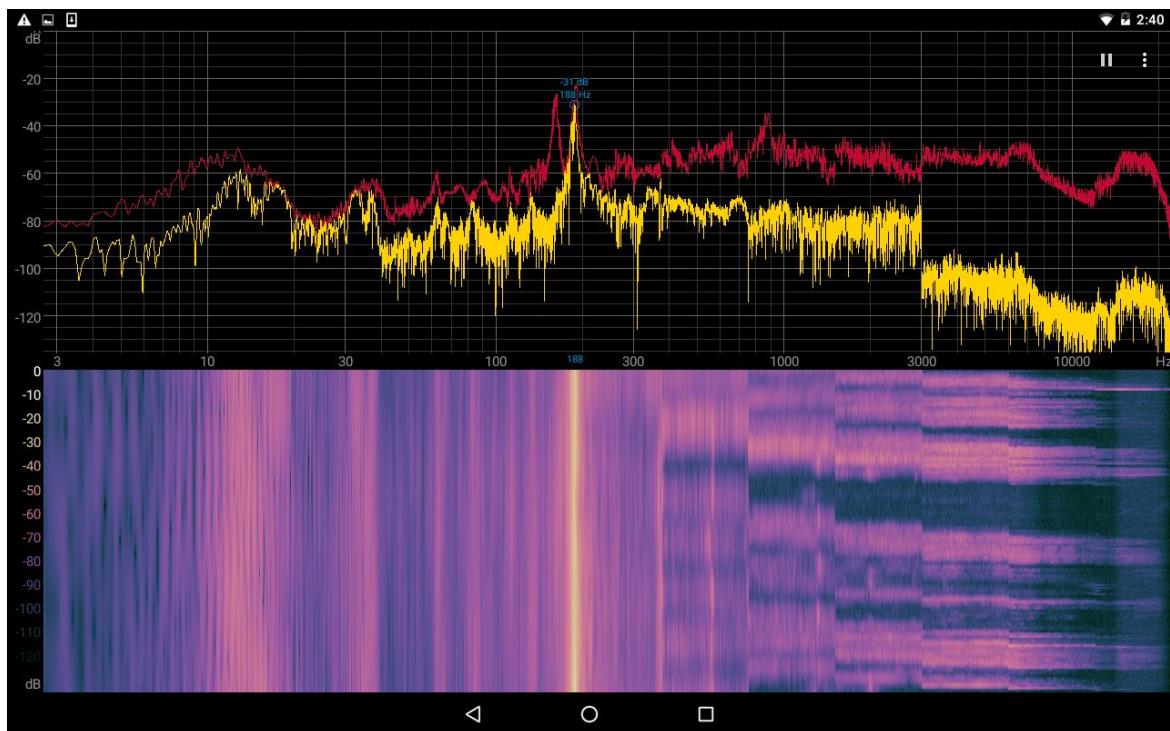
Moja hipoteza je da će se frekvencija povećavati dodavanjem vode u bocu, zbog toga što to smanjuje volumen zraka u boci te da će frekvencija titranja biti obrnuto proporcionalna korijenu volumena zraka u boci.

### 3 Eksperimentalni postav

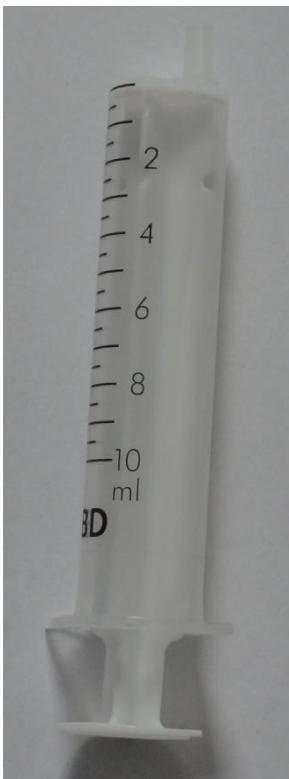
Za provođenje eksperimenta koristio sam staklenu bocu volumena 0,5 L. Za dodavanje vode u bocu koristio sam špricu volumena 10 mL, a vodu sam uzimao iz čaše. Za mjerjenje frekvencije koristio sam tablet s ugrađenim mikrofonom i aplikaciju Spectroid. Za mjerjenje promjera grlića boce koristio sam digitalno pomično mjerilo, a za mjerjenje njegove duljine plastični trokut s podjelom na milimetre.



Slika 1: Pomično mjerilo



Slika 2: Spectroid



Slika 3: Šprica



Slika 4: Boca

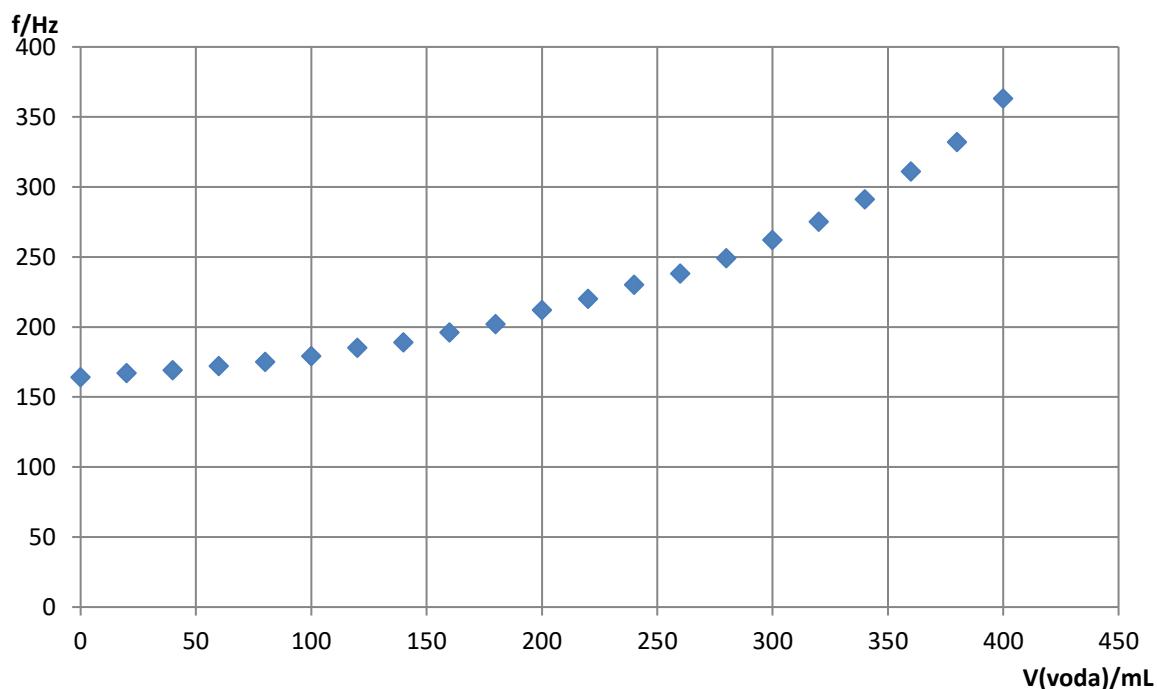
#### 4 Metode i mjerjenje

U ovom eksperimentu mjerio sam frekvenciju zvuka koji proizvodi boca, mijenjajući količinu vode u boci. Vodu sam u bocu dodavao špricom u koracima od 20 mL. Pazio sam da u šprici ne bude mjeđurića i da mi oči budu u ravnini sa špricom dok očitavam volumen kako bi dodani volumen bio što točniji. Za svaku količinu vode puhao sam preko otvora boce umjerenom snagom kako bih proizveo čisti ton. Tablet sam uvijek držao na istoj udaljenosti od boce, a na ekranu sam očitavao frekvenciju najglasnijeg (najvišeg) vrha na FFT dijagramu koju aplikacija sama ispiše. Glasnoću zvuka nisam mjerio, zato što tako ovisi o malim promjenama u jačini puhanja preko otvora pa ju je jako teško izmjeriti. Frekvencije sam zatim zapisivao u tablicu u MS Excelu da bi ih kasnije mogao obraditi. Kad sam u bocu dodao 420 mL vode, više nisam mogao proizvesti čisti ton, vjerojatno zato što je bilo premalo zraka koji nije u grliću boce, pa zrak u grliću nije mogao oscilirati. Zbog toga sam mjerio frekvencije s volumenom vode od 0 do 400 mL.

Za potrebe teorijskog izračuna frekvencije izmjerio sam i duljinu te promjer grlića boce. Duljinu sam izmjerio ravnalom, od vrha boce pa do točke gdje se boca naglo širi, iako je nemoguće odrediti gdje točno završava grlić, a počinje boca, što pridonosi odstupanjima mjerena. promjer sam izmjerio pomičnim mjerilom tako što sam izmjerio debljinu stjenke boce i vanjski promjer, te sam zatim iz tih podataka izračunao unutarnji promjer. Grlić nema isti promjer cijelom dužinom, nego je blago stožastog oblika, pa sam izmjerio promjer na sredini grlića.

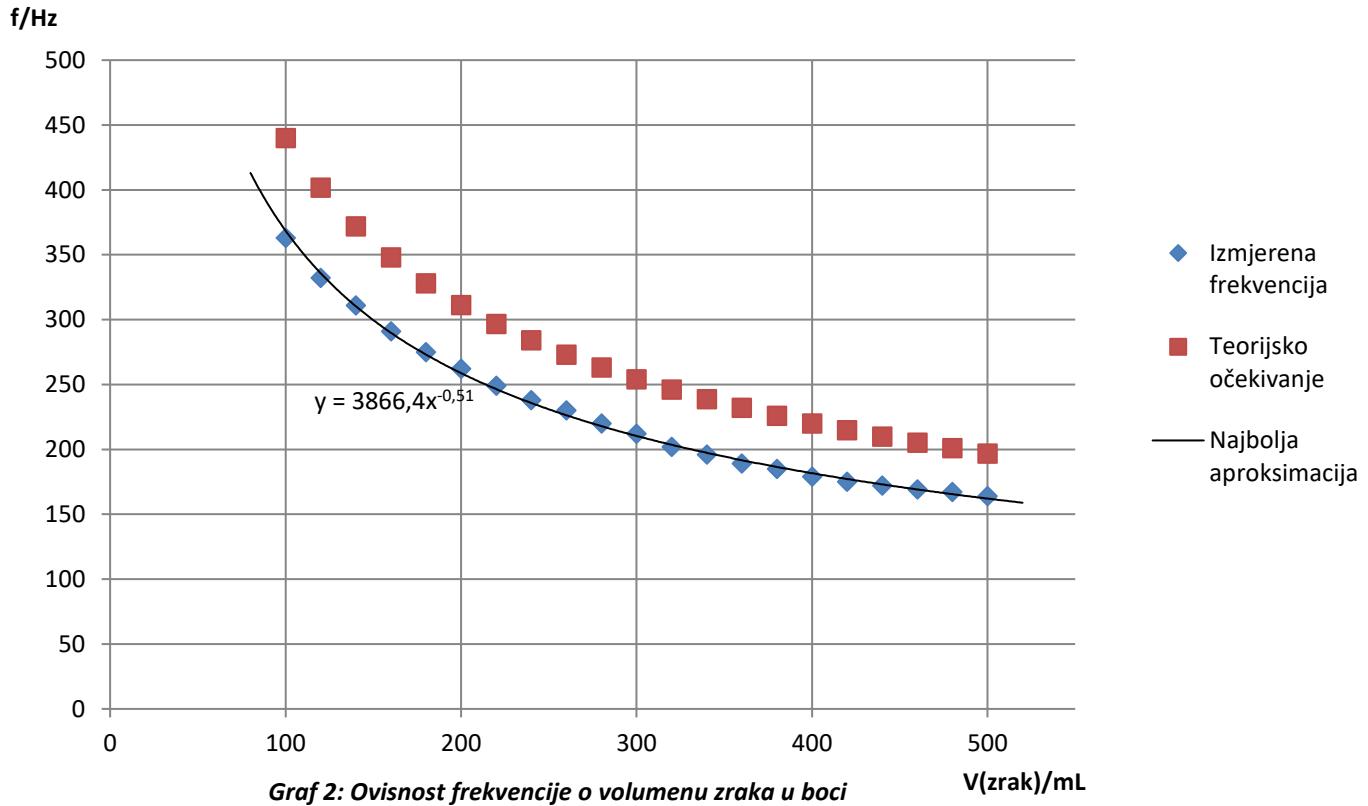
## 5 Rezultati i rasprava

Rezultate mjerena sam obradio u Excelu i prikazao u grafu 1.



Graf 1: Ovisnost frekvencije o volumenu vode u boci

Vidimo da točke na grafu tvore glatkú krivulju, te da niti jedna točka ne odskače puno od drugih, što znači da su mjerena bila prilično precizna. Prema teorijskoj formuli, frekvencija bi trebala biti proporcionalna recipročnoj vrijednosti drugog korijena iz volumena zraka u boci, što znači da bi isti odnos trebao vrijediti i za volumen vode u boci, ali sa negativnim koeficijentom proporcionalnosti. Vizualno izgleda da točke dobro leže na takvoj krivulji, ali da bi kvantitativno provjerili koliko se dobro slažu s teorijskim očekivanjima, možemo izračunati volumen zraka u boci tako što od volumena prazne boce oduzmemo volumen vode u njoj. Ovisnost frekvencije o volumenu zraka u boci prikazan je u grafu 2.



Kroz točke provučena je krivulja koja najbolje odgovara podatcima, a to je  $f = 3866,4 \cdot V^{-0,51}$ . Eksponent se jako dobro poklapa sa teorijskom jednadžbom koja nalaže da je  $f \propto \frac{1}{\sqrt{V}}$ , odnosno da je  $f \propto V^{-0,5}$ . Razlikuje se za samo 0,01, odnosno 1,96%.

Duljina grlića boce  $l = 7.3 \text{ cm}$ , a dijametar grlića na polovici dužine je  $D = 2.6 \text{ cm}$ . Iz toga dobivamo ekvivalentnu duljinu grlića  $l_{eq} = 8.08 \text{ cm}$  i poprečni presjek  $A = 5.31 \text{ cm}^2$ . Ako izračunamo koeficijent proporcionalnosti prema formuli  $\frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{A}{l_{eq}}}$ , dobijemo  $k = 4400 \text{ cm}^{3/2}/\text{s}$ . Ovdje je razlika između teorije i eksperimenta puno veća, čak za 13.22%. To je vjerojatno zbog toga što grlić boce nema jednak promjer cijelom dužinom, nego je stožastog oblika, i teško mu je precizno izmjeriti duljinu jer granica gdje prestaje grlić nije točno određena. Zbog toga je teško odrediti ekvivalentnu duljinu i poprečni presjek grlića.

Ova odstupanja vide se i na grafu. Krivulja na kojoj leže izmjerene točke vrlo je slična onoj na kojoj leže točke dobivene pomoću formule, zbog vrlo sličnog eksponenta, ali znatno su međusobno pomaknute po y osi, zbog velikog odstupanja koeficijenta.

U teorijskom dijelu smo, kako bi pojednostavili formulu i njezin izvod, pretpostavili da je valna duljina zvuka koji proizvodi boca mnogo dulja od boce. Sada, pomoću eksperimentalno

dobivenih podataka, možemo provjeriti tu pretpostavku. Valna duljina zvuka kreće se od  $0,945\text{ m}$  do  $2,09\text{ m}$ , a duljina boce je  $25\text{ cm}$ , dakle naša pretpostavka je opravdana.

## 6 Zaključak

Moje hipoteze su se pokazale točnima, frekvencija zvuka se je bila veća ako je količina vode u boci bila veća, i bila je proporcionalna korijenu volumena zraka u boci. Vidimo i da je slaba točka eksperimenta mjerjenje dimenzija grlića boce, a ne volumena boce i frekvencija. To sam i očekivao, zato što je grlić nepravilnog oblika i teže je izmjeriti njegove točne dimenzije.

Mislim da bi bilo zanimljivo ponoviti eksperiment sa nekoliko različitih boca, da bi mogli istražiti ovisnost frekvencije titranja o promjeru otvora i duljini grlića boce.

## Literatura

- [1] <https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/Helmholtz.html> (pristupljeno prosinac 2018.)
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Helmholtz\\_resonance](https://en.wikipedia.org/wiki/Helmholtz_resonance) (pristupljeno prosinac 2018.)
- [3] Kulišić: Mehanika i toplina, 1988, Školska knjiga

## **Problem 14. Dendrokronologija**

**Autor: Iva Prevendar**

**Mentor: Magdalena Srdarević, prof.**

**1. razred, Gimnazija Požega, Požega, Hrvatska**

### **1 Uvod**

#### **1.1 O problemu dendrokronologije**

Odabran je problem Dendrokronologija, koji glasi: *Godišnji rast godova često se koristi za datiranje važnih povijesnih događaja ili ekoloških uvjeta u prošlosti. Predložite i izvedite istraživanje koristeći razne uzorke godova.*

Cilj ovog rada je pokazati da pomoću godova možemo iščitati našu prošlost, ali isto tako i vremenske uvjete, odnosno klimatske promjene koje su utjecale na rast drveća.

#### **1.2 Prošlost dendrokronologije**

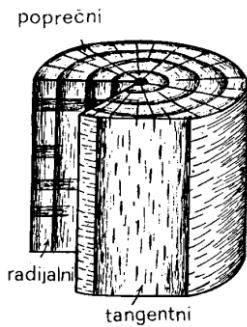
Još u 15.stoljeću Leonardo da Vinci, zatim u 16. stoljeću Michel de Montaigne te razni drugi znanstvenici kasnije uočili su važnost i mogućnosti korištenja godova u datiranju , te povezanost razvoja godova i klime. Dendrokronologija kao znanost ipak potječe iz SAD-a, iz savezne države Arizona gdje je osnovan „Laboratorij za istraživanje godova“, američkog dendrokronologa A. E. Douglass-a, koji se još naziva i ocem dendrokronologije.

#### **1.3 Pojam dendrokronologija**

To je metoda utvrđivanja starosti stabla mjeranjem broja godova na drvetu. Temelji se na njihovu godišnjem rastu. Debljina pojedinih godova različita je i ovisi o starosti drveta (godovi postaju sve uži što je stablo starije), ali i o klimatskim uvjetima, pa se ova metoda također koristi za proučavanje klimatskih mijena.

#### **1.4 Makroskopska građa drva**

Makroskopska građa drva može se uočiti na svakoj njegovoј površini bez obzira na orijentaciju reza i način obrade. Za potpuno upoznavanje građe drva potrebna su tri okomita presjeka: poprečni, tangentni i radikalni.

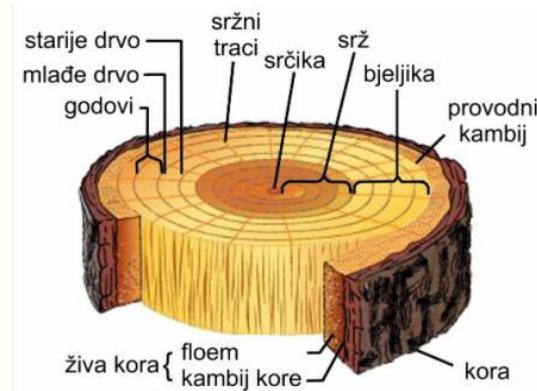


*Slika 1. Makroskopska građa drveta*

## 2 Teorijska razrada problema

**God** je sloj drva nastao u jednom vegetacijskom periodu (jednoj godini). Na poprečnom se presjeku godovi vide kao koncentrični kružni vijenci, a njihova širina ovisi o vrsti drveta, nagibu površine i zdravstvenom stanju.

Drvo stvara po jedan god svake sezone rasta ili svake godine. Neki krugovi su svjetliji, a neki tamniji zato što drvo različito raste u raznim godišnjim dobima. Kad se promatraju prstenovi drveta, opaža se da se oni razlikuju po širini i mnogim drugim detaljima. Te razlike prouzrokovane su vremenskim prilikama što su vladale za vrijeme određenog godišnjeg doba. Razlika u svjetlosti, količini kiše i mineralima u zemlji, proizvest će razliku na prstenovima drveta. Zato znanstvenici često promatraju i proučavaju godove da bi saznali kakve su bile vremenske prilike prije više godina u raznim dijelovima svijeta.



*Slika 2.: Presjek stabla*

*Zašto stabla koja rastu na istom području imaju različite širine godova za pojedinu godinu?*

Ne utječe samo klima, temperatura i padaline na širinu godova, nego i nagib stabla, odnosno nagnuti teren na kojem stablo raste. Trebalo bi vrijediti sljedeće: kako stablo stari, tako se godovi sužavaju, osim ako je bilo klimatski pogodno razdoblje za stablo. Ako je vrijeme bilo pogodno za stablo, godovi će biti širi, a ako je bilo sušno razdoblje, bez padalina, godovi će biti uži.

Prikazat ću kako se širina godova mijenjala kroz starost stabla i kako iz širine godova iščitati uvjete u kojima je stablo raslo. Za primjer ću uzeti dvije vrste stabla: bukvu i hrast. Mjerit ću širinu godova za stabla bukve i hrasta koji su različite starosti koji su na različitim područjima.

Moje hipoteze su:

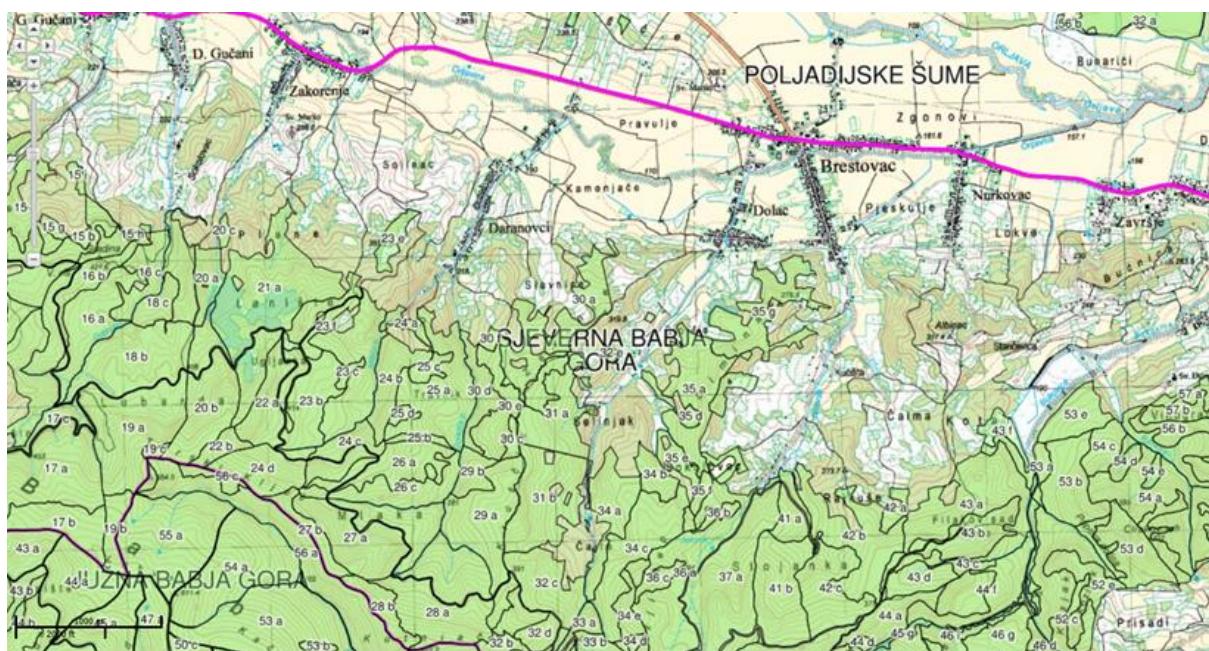
Hipoteza 1. Iz širine godova stabla možemo iščitati vremenske uvjete u kojima je stablo raslo.

Hipoteza 2. Različite vrste stabala imaju različite širine godova.

Hipoteza 3. Širina godova ne ovisi samo o starosti stabla i vremenskim uvjetima.

### 3 Aparatura, eksperimentalne metode i mjerena

Mjerena sam obavila na području gospodarske jedinice „Sjeverna Babja gora“. Uz pomoć Hrvatskih šuma-Uprava šuma podružnica Požega (UŠP Požega) i dipl.ing.šum. Jadranke Bulj te dipl.ing.šum. Gorana Urha, odradila sam terenski rad, odnosno mjerena na licu mesta gdje se radila sječa. Za mjerjenje godova koristila sam ravnalo i kemijsku olovku.



*Slika 3. karta Sjeverne Babje gore*



*Slika 4. Šuma\_1*



*Slika 5. Šuma\_2*

Prva mjerena godova odradila sam na odjelu-odsjeku 31a na području Sjeverne Babje gore, gdje prevladavaju stabla hrasta kitnjaka. Mjerila sam širinu godova na nekoliko stabala hrasta različite starosti.



*Slika 6. Prikaz mjerjenja godova*



*Slika 7. Mjerenje širine godova na panjevima stabla hrasta kitnjaka različite starosti*

Zatim smo prešli na odjel-odsjek 30a gdje prevladavaju stabla bukve. Odradila sam mjerenja širine godova na nekoliko stabala bukve različite starosti.



*Slika 8. Mjerenje širine godova na panjevima stabla bukve različite starosti*

Izmjerila sam širinu godova na 16 stabala hrasta kitnjaka i na 14 stabala bukve. Sve sam zapisivala u obrazac za mjerenje koji sam dobila od UŠP Požega, a najzanimljivija mjerenja prikazala sam grafički.

HRVATSKE ŠUME			
društvo s ograničenom odgovornošću			
UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA POŽEGA			
ŠUMARIA POŽEGA			
GOSPODARSKA JEDINICA: SJEVERNA BABJA GORA			
Odjel -odsjek: 3/a			
BROJ PANJA	Vrsta	God.	Širina goda mm
1	HRAST	2017.	10
	KITNJAK	2016.	9
	2016.	2016.	9
	2015.	2015.	10
	2014.	2014.	10
	2013.	2013.	10
	2012.	2012.	10
	2011.	2011.	10
	2010.	2010.	9
	2009.	2009.	9
	2008.	2008.	7
	2007.	2007.	10
	2006.	2006.	10
	2005.	2005.	10
	2004.	2004.	10
	2003.	2003.	10
	2002.	2002.	10
	2001.	2001.	10
	2000.	2000.	6
	1999.	1999.	7
	1998.	1998.	8
	1997.	1997.	10
	1996.	1996.	4
	1995.	1995.	4
	1994.	1994.	3
	1993.	1993.	3
	1992.	1992.	4
	1991.	1991.	6
	1990.	1990.	4
	1989.	1989.	2

HRVATSKE ŠUME			
društvo s ograničenom odgovornošću			
UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA POŽEGA			
ŠUMARIA POŽEGA			
GOSPODARSKA JEDINICA: SJEVERNA BABJA GORA			
Odjel -odsjek: 30c			
BROJ PANJA	Vrsta	God.	Širina goda
9	HRAST	2017.	4
	KITNJAK	2016.	3
	2015.	2015.	2
	2014.	2014.	1
	2013.	2013.	1
	2012.	2012.	1
	2011.	2011.	1
	2010.	2010.	1
	2009.	2009.	1
	2008.	2008.	1
	2007.	2007.	1
	2006.	2006.	1
	2005.	2005.	1
	2004.	2004.	1
	2003.	2003.	1
	2002.	2002.	2
	2001.	2001.	2
	2000.	2000.	3
	1999.	1999.	4
	1998.	1998.	2
	1997.	1997.	3
	1996.	1996.	3
	1995.	1995.	4
	1994.	1994.	2
	1993.	1993.	1
	1992.	1992.	2
	1991.	1991.	3
	1990.	1990.	4
	1989.	1989.	5

HRVATSKE ŠUME			
društvo s ograničenom odgovornošću			
UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA POŽEGA			
ŠUMARIA POŽEGA			
GOSPODARSKA JEDINICA: SJEVERNA BABJA GORA			
Odjel -odsjek:			
BROJ PANJA	Vrsta	God.	Širina goda
10	HRAST	2017.	2
	KITNJAK	2016.	3
	2015.	2015.	4
	2014.	2014.	6
	2013.	2013.	2
	2012.	2012.	2
	2011.	2011.	3
	2010.	2010.	3
	2009.	2009.	3
	2008.	2008.	2
	2007.	2007.	2
	2006.	2006.	4
	2005.	2005.	4
	2004.	2004.	4
	2003.	2003.	4
	2002.	2002.	4
	2001.	2001.	4
	2000.	2000.	2
	1999.	1999.	2
	1998.	1998.	2
	1997.	1997.	2
	1996.	1996.	2
	1995.	1995.	2
	1994.	1994.	2
	1993.	1993.	2
	1992.	1992.	2
	1991.	1991.	2
	1990.	1990.	2
	1989.	1989.	2

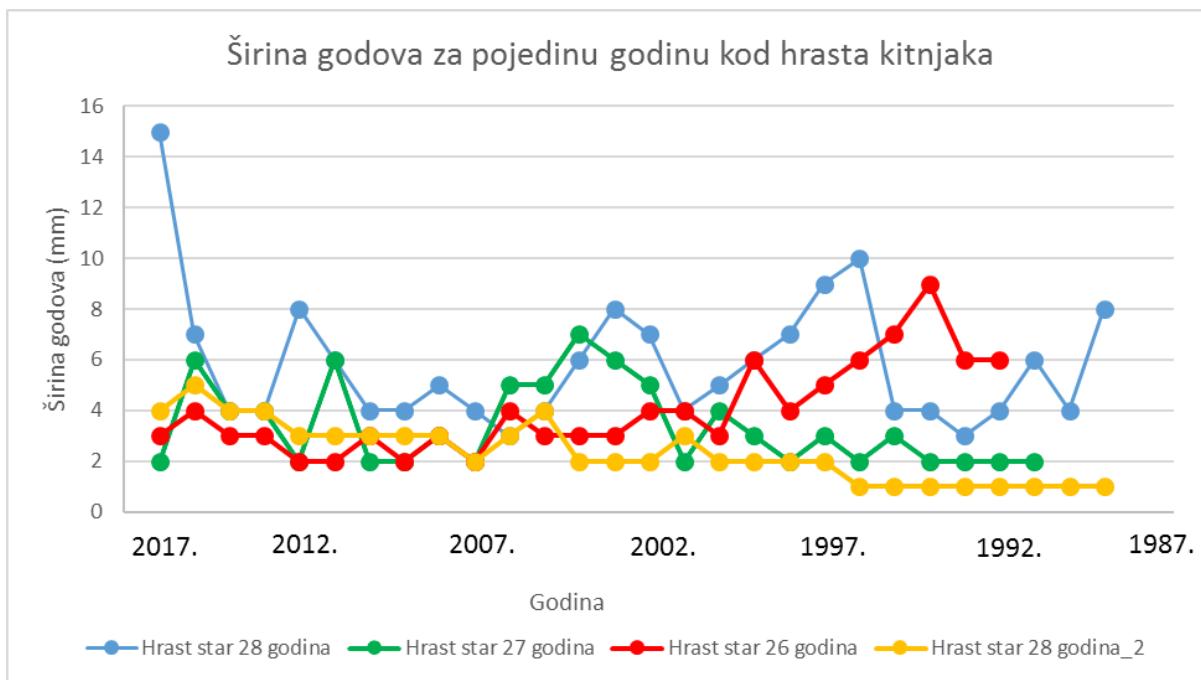
Slika 9. Formular za zapisivanje širine godova

#### 4 Rezultati

Prikazala sam mjerjenja koja smo obavili na području gospodarske jedinice „Sjeverna Babja gora“. Za ova mjerjenja smo promatrali jednake vrste stabala koja rastu na istom području, iste vrste različite i jednake starosti, te različite vrste jednake starosti. Na temelju širine godova pokušat ću zaključiti nešto o klimatskim promjenama i o uvjetima u kojima je stablo raslo.

Prvo sam grafički prikazala širinu godova za nekoliko stabala hrasta kitnjaka, i za nekoliko stabala bukve. Obje vrste rastu na istom području, ali na različitim dijelovima tog područja. Na prvi pogled odmah je oku vidljivo da se kod bukve godovi malo bolje uočavaju, imaju istaknutije rubove, ali su uži od godova hrasta kitnjaka.

Usporedila sam širinu godova za hrast kitnjak i to za stabla od 26 do 28 godina starosti (Graf 1). Širina godova je u rasponu od 1 mm do 10 mm, osim za jedno stablo koje je ove godine doseglo širinu goda od 15 mm.

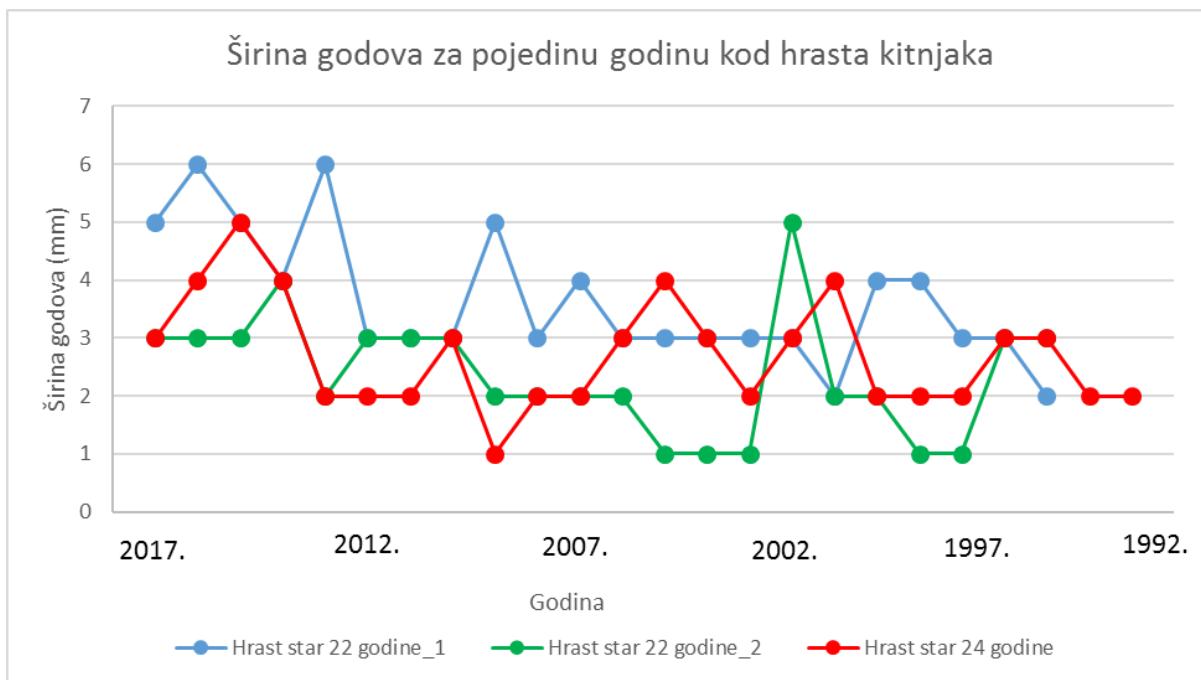


**Graf 1. Širina godova za hrast u starosti 26 - 28 godina**

Ovdje malo odstupanje od ostalih stabala pokazuje „Hrast star 28 godina\_2“, označen žutom bojom na grafikonu. On se nalazi na mjestu koje je jako strmo i nagnuto, pa je to uzrok takvog odstupanja od ostalih stabala i dosta užih godova.

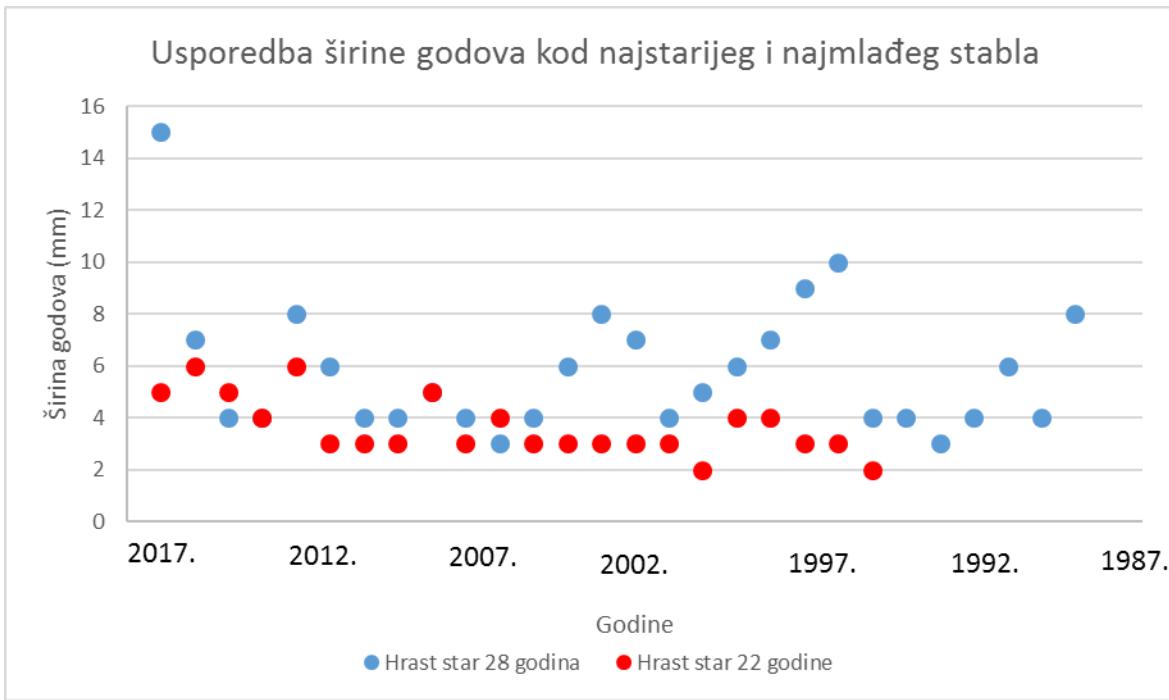
Pogodne godine za ova stabla bile su: 1994.-1997., 2003.-2004., a za prvi hrast (označen plavom bojom) 2017. godina.

Zatim sam isto napravila za hrast kitnjak koji je star 22 i 24 godine (Graf 2). Ima godove u rasponu od 1 mm do 6 mm, što je manji raspon nego kod starijih stabala. Vidimo da je zadnjih nekoliko godina pogodno za ova tri stabla hrasta.



**Graf 2. Širina godova za hrast u starosti 22 – 24 godine**

U sljedećem grafikonu usporedila sam širinu godova kod najmlađeg i najstarijeg stabla hrasta (Graf 3).

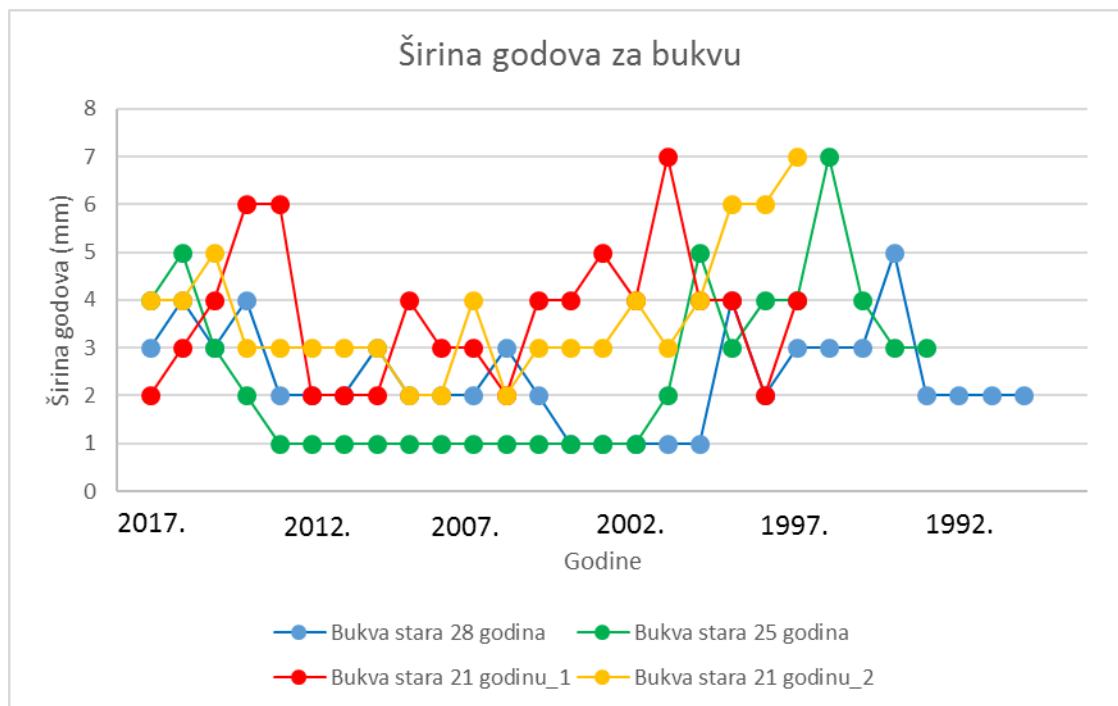


**Graf 3. Širina godova za hrast kod najmlađeg i najstarijeg stabla**

Razdoblje od 2005. godine do 2011. godine nije bilo povoljno za hrast, širina godova je najmanja (3 ili 4 mm), što znači da je bilo sušno razdoblje, bez puno padalina.

Dok je zadnjih nekoliko godina povoljno za hrast. Širina godova je veća, što je kod starijeg hrasta bilo 2003. i 1997. godine.

Zatim sam usporedila širinu godova za stabla bukve, i to za stabla stara 21 godinu, 25 godina i 28 godina (Graf 4). Širina godova je u rasponu od 1mm do 7mm.

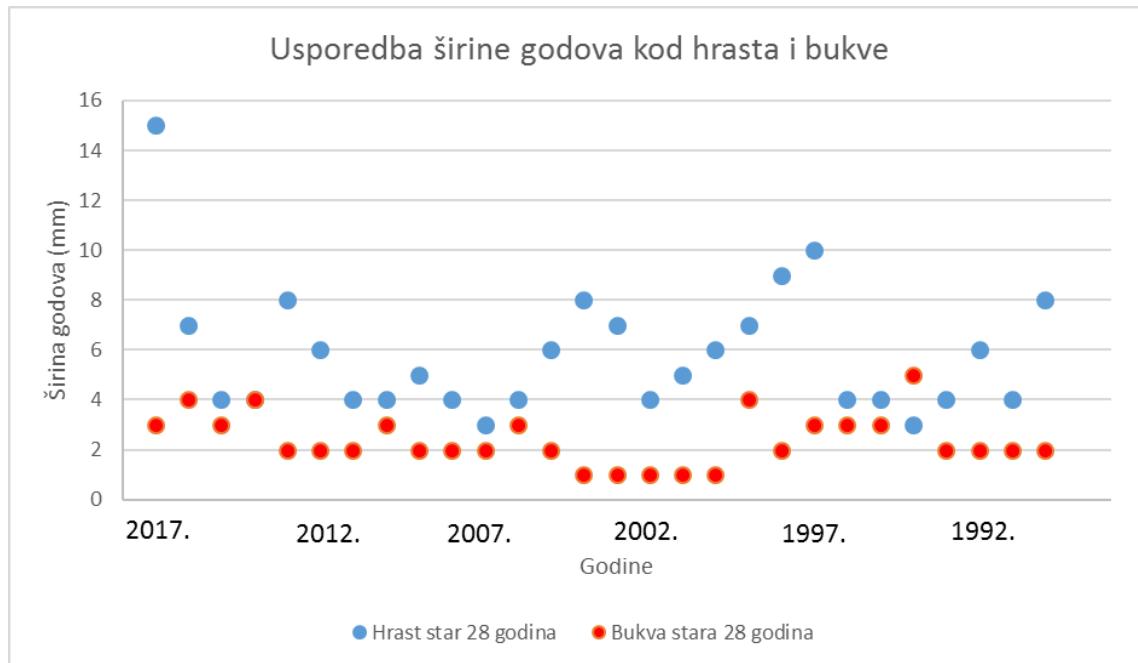


Graf 4. Širina godova za bukvu

Malo odstupanje od ostalih stabala pokazuje „Bukva stara 25 godina“ koja je na grafu označena zelenom bojom. Ona se nalazi na mjestu koje je nagnuto i strmo što je utjecalo na širinu godova.

Dakle, kod hrasta kitnjaka bio je veći raspon u širini, a pojedini godovi bili su puno širi. Vidimo da je za bukvu također pogodno zadnjih nekoliko godina (širina godova je veća), dok su nepovoljniji uvjeti bili od 2004. do 2011. godine što se gotovo potpuno poklapa s uvjetima koje smo zaključili kod hrasta kitnjaka. Tada je raspon godova za bukvu bio od 1 mm do 3 mm.

U posljednjem grafu sam usporedila širinu godova kod hrasta i bukve, s tim da su oba stabla jednako stara. Ovdje možemo jasno vidjeti da su godovi hrasta širi od godova bukve.



Graf 5. Širina godova za hrast i bukvu jednake starosti

Usporedbom širine godova za hrast i bukvu koji su jednako stari (28 godina), vidimo da hrast inače ima šire godove od bukve. Raspon godova za ovaj hrast je između 3 mm i 15 mm, dok je kod stabla bukve taj raspon od 1 mm do 5 mm.

Zaključak ove usporedbe je nepovoljno vremensko razdoblje (suša, bez padalina) u periodu od 2004. godine do 2011. godine. Dok je zadnjih nekoliko godina dosta povoljno za oba stabla, kao i 1997. godina.

U literaturi [5] i obradi statističkih podataka pronašla sam da su upravo godine iz razdoblja od 2004.-2011. (točnije 2007. i 2011.) bile godine s najmanje oborina i s najvišim temperaturama u Slavoniji, što se poklapa s mojim zaključcima koje sam dobila pri mjerenu širine godova.

## 5 Zaključak

Na temelju ovog istraživanja donijela sam nekoliko zaključaka. Iz priloženih grafova možemo zaključiti da širina godova ne ovisi samo o vremenskim uvjetima, već i o nagibu tj. strmini površine na kojoj se stablo nalazi.

Širina godova ovisi o starosti stabla, te isto tako ovisi i o vrsti drveta (u ovom slučaju, hrast jednake starosti kao i bukva, imao je veću širinu godova).

Najvažniji zaključak je da se iz analize godova kod stabla mogu iščitati klimatske promjene i uvjeti u kojima je stablo raslo.

Iako ovakvo istraživanje nema sve znanstvene elemente, naime dendrokronologija je puno složenija disciplina, ja sam zadovoljna s mojim uratkom te se zahvaljujem Upravi šuma podružnica Požega, dipl.ing.šum. Jadranke Bulj i dipl.ing.šum. Gorana Urha, bez kojih ovaj rad ne bi bio moguć.

Upute za poboljšanje i nastavak rada:

Kako bi poboljšala točnost grafova i vidjela ovisi li još koja komponenta o širini godova, ideja je napraviti ista ova mjerena, ali na različitim područjima u Republici Hrvatskoj.

Promatrala bih više vrsta stabala, uspoređivala ih i možda došla do neke komponente ili nekog uvjeta o kojoj još širina godova ovisi.

## Literatura

- [1] Begović, K., Čupić S.: Klimatski odaziv obične smreke na području sjevernog Velebita, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2016. (29.11.2017)
- [2] Blagojević, D., Herceg I., Ivanko, M.: Slavonska šuma voli matematiku, Gimnazija Požega, Pula 2016. (11.12.2017)
- [3] [www.environmentalscience.org/dendrochronology-tree-rings-tell-us](http://www.environmentalscience.org/dendrochronology-tree-rings-tell-us) (18.11.2017.)
- [4] [www.livius.org/articles/theory/dendrochronology/](http://www.livius.org/articles/theory/dendrochronology/) (18.11.2017.)
- [5] [klima.hr/razno/publikacije/klimatske\\_promjene.pdf](http://klima.hr/razno/publikacije/klimatske_promjene.pdf)
- [6] [www.ltrr.arizona.edu/lorim/basic.html](http://www.ltrr.arizona.edu/lorim/basic.html) (22.11.2017.)
- [7] [web.utk.edu/~grissino/principles.htm](http://web.utk.edu/~grissino/principles.htm) (23.11.2017.)

## Problem 9. Ton boce

Autor: Helena Strniščak

Mentor: Damir Kliček

1.razred, Elektro-strojarska škola Varaždin, Varaždin, Hrvatska

### 1 Uvod

Zadatak: „Uzmite praznu bocu i pušite zrak preko njezina otvora kako biste proizveli zvuk. Zatim napunite bocu s nešto vode i promatrajte kako se zvuk mijenja.“

Cilj ovog pokusa je utvrditi kako pojedini čimbenici utječu na ton boce. Odlučila sam raditi ovaj pokus zato što me oduvijek zanimalo kako nastaje ton na boci. Kao mala, često sam znala puhati preko otvora boce kako bi nastao ton, ali zapravo nisam znala kako, ni zašto nastaje. Kada sam pročitala zadatku, počela sam razmišljati o tome što bi sve moglo utjecati na ton.

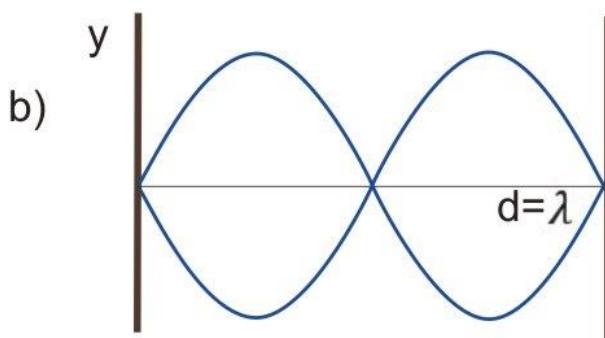
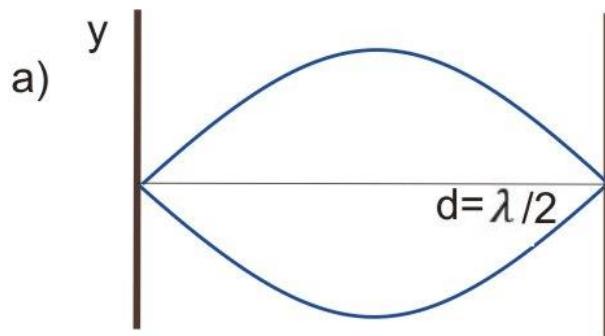
Mjerenje sam napravila s 2 različite boce. Mjerila sam kako se frekvencija mijenja s obzirom na visinu stupca u kojem se nalazi zrak, te kako ton boce ovisi o brzini zraka. Izvršavanjem zadatka došla sam do vrlo zanimljivih zaključaka.

### 2 Teorijska razrada problema

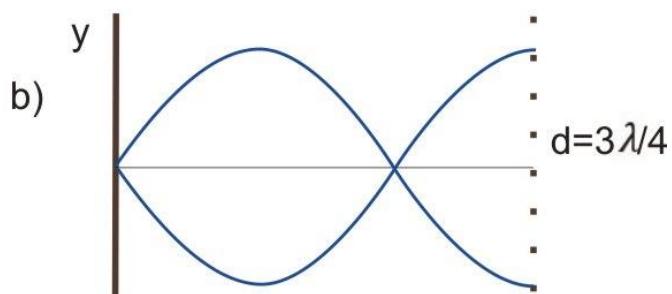
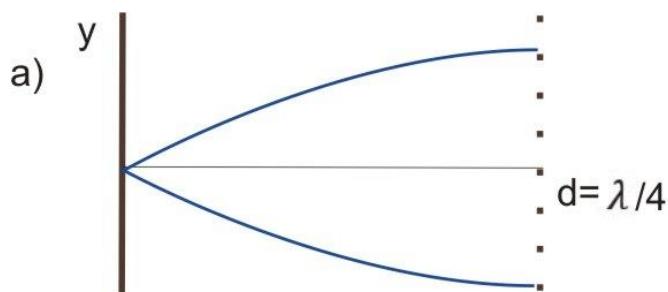
Val je poremećaj sredstva koji se određenom brzinom širi prostorom i tako prenosi. Postoje transverzalni i longitudinalni valovi. Longitudinalni valovi su valovi kojima čestice titraju u smjeru širenja vala. Transverzalni valovi su valovi kojima čestice sredstva titraju okomito na smjer širenja vala. Valna duljina je najmanja udaljenost između dvije čestice koje titraju u fazi. Valna duljina ( $\lambda$ ) jednaka je umnošku brzine širenja vala i frekvencije ( $\lambda=v T$ ). Iz te formule saznajemo da je brzina širenja vala jednaka umnošku valne duljine i frekvencije ( $v=\lambda f$ ). Stojni val nastaje zbrajanjem dvaju valova jednakih amplituda i jednakih frekvencija koji na istom pravcu putuju jedan nasuprot drugome. Pri stojnom valu neke čestice titraju, a neke stalno miruju. Čvorovi stojnjog vala su mjesta na kojima je elongacija stalno nula. Stojni val može biti s dva učvršćena ili slobodna kraja ili s jednim učvršćenim i jednim slobodnim krajem. Formula za stojni val je  $f_n = \frac{v}{2L}$ . Nastajanje stojnjog vala u boci je kao kod svirala na klin. Val na sviralu na klin nastaje tako da struja zraka udara u drveni klin, što prouzrokuje izmjenično jače pojavljivanje vrtloga zraka na drugoj strani klina. Frekvencija kojom se mijenja položaj vrtloga ovisi o visini stupca zraka u svirali. Postoje dvije vrste svirala; otvorena svirala (val ima dva trbuha pomaka(jedan u blizini klina, a drugi na otvorenom kraju), dužina svirala je  $l$  ili  $\lambda/2$ ) i zatvorena svirala (ima jedan čvor pomaka prema zatvorenom kraju, jedan trbuhan, dužina svirala je jednaka  $\lambda=2l$  ili  $\lambda/4$ , frekvencija tona zatvorene svirale je polovica frekvencije tona otvorenog svirala)

Stojni valovi s učvršćenim ili slobodnim krajem:  $f_n = n * f_1$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$

Stojni valovi s jednim učvršćenim i jednim slobodnim krajem:  $f_n = (2n + 1)f_1$ ,  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$



*Stojni valovi s ova učvršćena vala*  
*([https://si.openprof.com/wb/stoje%C4%8De\\_transverzalno\\_valovanje?ch=334](https://si.openprof.com/wb/stoje%C4%8De_transverzalno_valovanje?ch=334))*



*Stojni val s jednim učvršćenim i jednim slobodnim krajem*  
*([https://si.openprof.com/wb/stoje%C4%8De\\_transverzalno\\_valovanje?ch=334](https://si.openprof.com/wb/stoje%C4%8De_transverzalno_valovanje?ch=334))*

Zvuk je longitudinalni val. Ono što ljudsko uho čuje nazivamo zvukom u užem smislu. Čovjek čuje frekvenciju zvuka (longitudinalnog vala) od 20Hz do 20kHz. Zvučni valovi niži od 20Hz nazivaju se infrazvuk, a više od 20kHz ultrazvuk. Brzina zvuka ovisi o elastičnosti i gustoći sredstva kroz koje se zvuk širi (npr. brzina zvuka u plinovima ovisi o vrsti plina, tlaku, gustoći i temperaturi plina). Brzina zvuka jednaka je  $v = 331,5 + 0,62t$  ( $t$  – temperatura izražena u  $^{\circ}\text{C}$ ). Jakost zvuka je energija koju zvučni val prenese u jedinici vremena kroz jediničnu površinu okomitu na smjer širenja zvuka. Jedinica jakosti zvuka je vat po metru kvadratnom ( $\text{W/m}^2$ ).

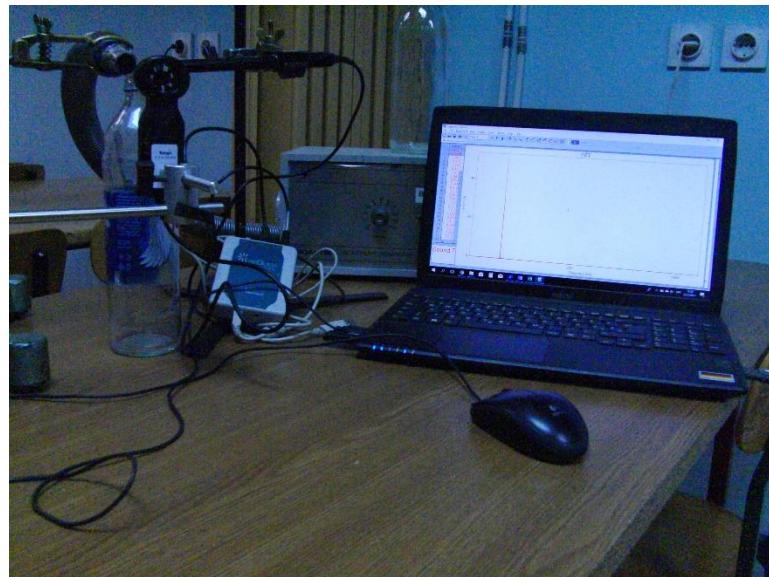
Razina zvuka je  $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$  ( $I$  – jakost zvuka,  $I_0$  – jakost zvuka na pragu čujnosti ( $10^{-12} \text{ W/m}^2$ )),

$L$  je razina jakosti zvuka izražena u decibelima (dB)).

Zvučni tlak je razlika u tlaku koja na nekom mjestu i nastaje zbog prolaska zvučnog tlaka.  $L = 20 \log \frac{\Delta p}{(\Delta p)_0}$

### 3 Eksperimentalni postav

U pokusu sam mjerila kako pojedini uvjeti utječu na ton boce. Tonove koji nastaju, proučavala sam preko frekvencije. Program koji sam koristila pri mjerenu se naziva „Logger Pro 3.8.2.“. Za mjerjenje sam koristila vrlo kvalitetnu i preciznu opremu, tako da su pogreške pri mjerenu zanemarivo male. Kao izvor „vjetra“ koristila sam puhalo. U odnosu na bocu, puhalo sam stavila pod kut od  $15^{\circ}$ . Na puhalu se mogla podesiti brzina „vjetra“, pa sam se tako i igrala s njom. Mjerila sam kako brzina „vjetra“ utječe na ton boce. U jednom trenu, pojavila mi se sumnja da oprema ne radi ispravno, ali sam tu činjenicu provjerila sa štimerom (uređaj koji pomaže u tome da svim instrumentima ton bude jednak; na istoj frekvenciji) i ispostavilo se da je ispravna. Također sam mjerila, kako visina stupca u kojem je zrak utječe na ton u boci, te shvatila da smanjenjem tog stupca ton postaje sve viši. Za mjerjenje sam koristila dvije različite boce. Jedna ima volumen od 750mL, a druga od 1L (=1000mL). Frekvenciju tona sam mjerila s mikrofonom koji mjeri frekvenciju.



Slika 1; Eksperimentalna aparatura 1



Slika 2; Eksperimentalna aparatura 2

#### 4 Metode i mjerena

Prvo sam izmjerila frekvenciju tona prazne boce. Boca na kojoj sam prvo radila pokus bila je ova od 750mL. Postupno sam ulijevala vodu u bocu kako bi smanjila stupac visine zraka. Svaki put sam dolijevala određenu količinu vode(npr. Po 100mL). Frekvencija se svakim dolijevanjem vode povisila. Kada sam zagrijala vodu ili stjenke boce došlo je do vrlo malih promjena od samo 4-5 Hz-a. Kada sam povećavala brzinu „vjetra“, shvatila sam da možemo doći do 5 puta veće frekvencije, nego što je to u početnom tonu. Ako brzinu „vjetra“ dodatno povećamo, doći ćemo do frekvencije 10 puta veće od početne.

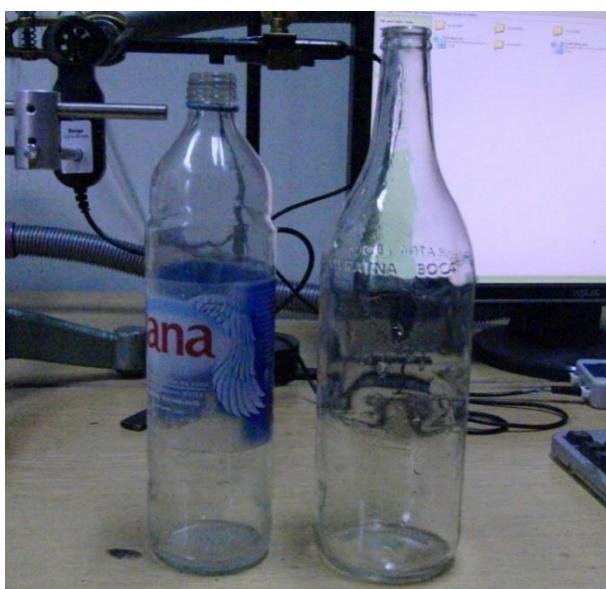
Pokus sam radila s 2 boce, pa sam zamijetila da jedna (1000mL) ima manju frekvenciju nego druga (750mL ). Također sam izmjerila brzinu „vjetra“ i za to sam koristila anemometar. Prosječna brzina „vjetra“ na kojoj sam mjerila ton boce bila je 7-8m/s, ali sam pokušala i s

30m/s. Na toj brzini „vjetra“ (30m/s) frekvencija je zaista visoka i ton je neugodan za uho. Za mjerjenje tih visokih tonova koristila sam čepice za uši, jer je ton bio zaista neugodan. Kao što sam već i navela, na toj brzini frekvencija je bila 10 puta veća od početne.

Količinu vode u boci izražavala sam u jedinici mililitra. Za mjerjenje milititara u boci koristila sam laboratorijsku čašu i menzuru. Visinu stupca zraka u boci mjerila sam pomoću staklenog štapića, tako da sam flomasterom bilježila količinu vode u boci, zatim sam stakleni štapić prislonila uz ravnalo i iščitala kolika je vrijednost. Također sam koristila pomicno mjerilo, koje mi je pomoglo da budem preciznija u mjerjenjima; npr. mjerjenje promjera otvora boce.



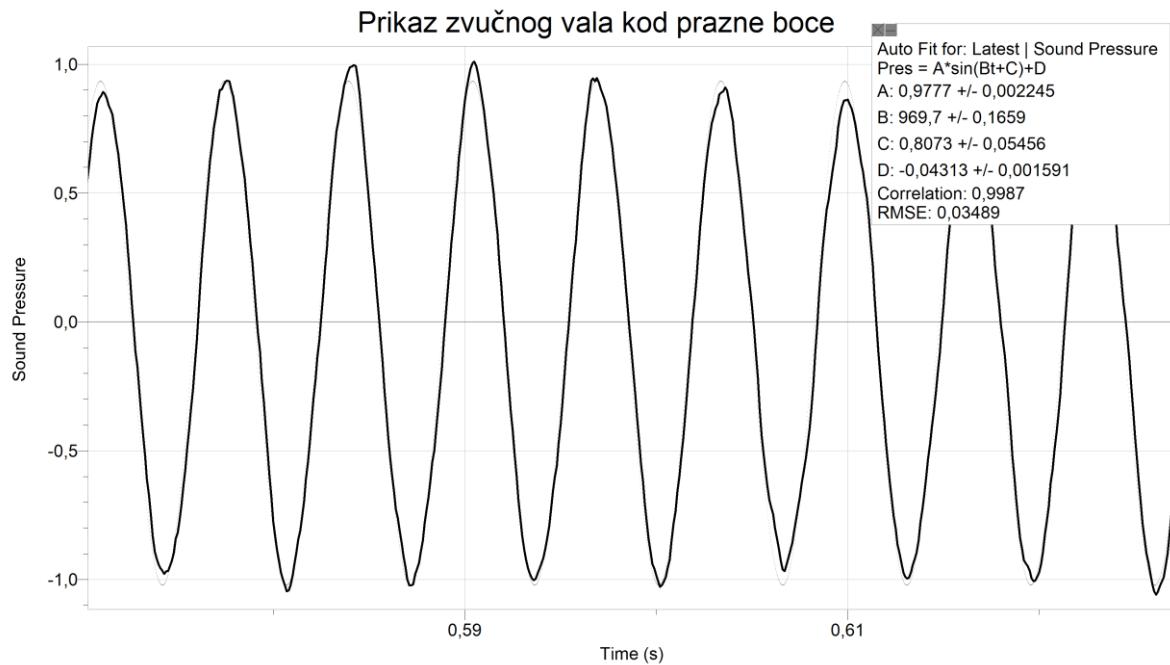
Slika 3; Boce s kojima smo radili pokus 1



Slika 4; Pomoćni alati

## 5 Rezultati i rasprava

### 5.1 Titranje zvučnog vala



Slika 5; Prikaz zvučnog vala prazne boce 1

Na slici 5. prikazan je zvučni val koji nastaje kod prazne boce od 750 ml. Val je sinusni i možemo ga prikazati:

$$p = p_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Mikrofon mjeri razlike u tlaku zraka zbog širenja zvučnih valova.

$p_0$  - maksimalni tlak

$\omega$  - kutna frekvencija

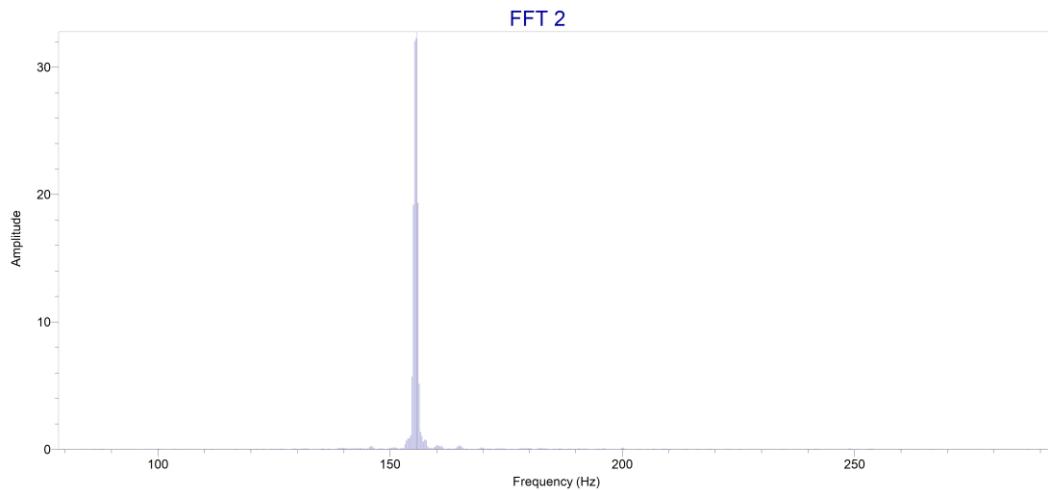
$\varphi_0$  – početni fazni kut

Kutna frekvencija  $\omega = 2\pi f$

Iz grafa izlazi da je kutna frekvencija  $\omega = 969,7 \text{ s}^{-1}$ .

Frekvencija je  $f = 154,4 \text{ Hz}$

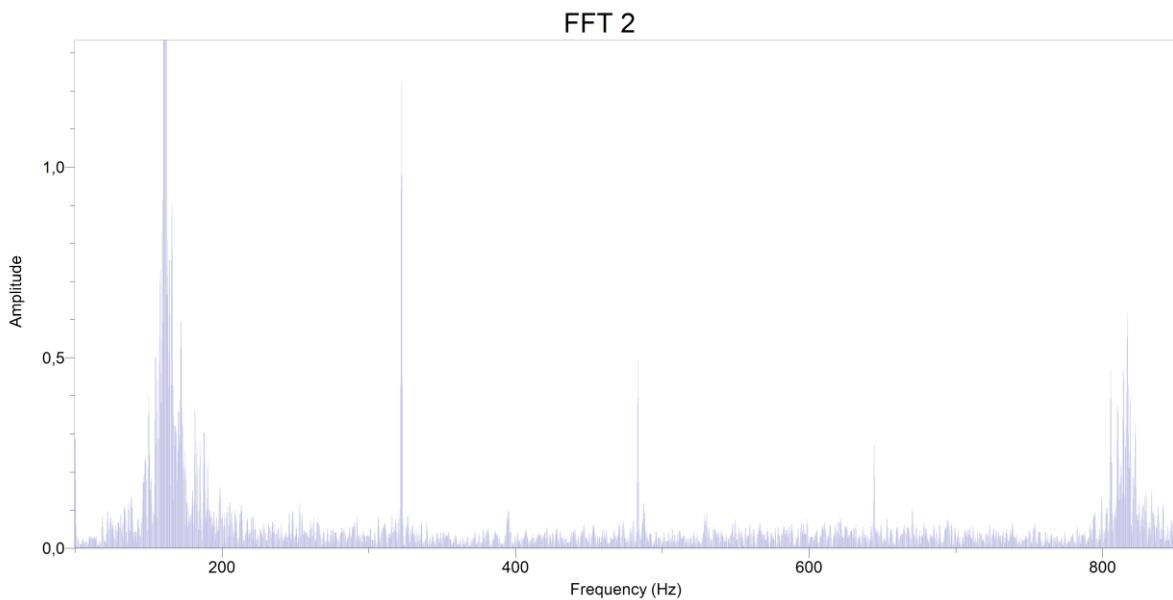
## 5.2 Fourierova analiza



Slika 6; Fourierova analiza

Fourierova analiza je matematički postupak izračunavanja zvučnog spektra frekvencije. Iz slike 6. možemo očitati frekvenciju prazne boce i ona iznosi 155 Hz, što odgovara frekvenciji dobivenoj iz slike 5. Na taj način određivala sam frekvencije za različite volumene boce.

## 5.3 Viši harmonici



Slika 7; Viši harmonici

Sliku 6. smo povećali tako da se vide i druge frekvencije koje su nastale u boci. Vide se viši harmonici koji nastaju zbog oblika boce. Mjeranjem izlazi da u boci nastaje stojni val na dva učvršćena kraja. Odnosno da se više frekvencije povećavaju za cijeli broj osnovne frekvencije.

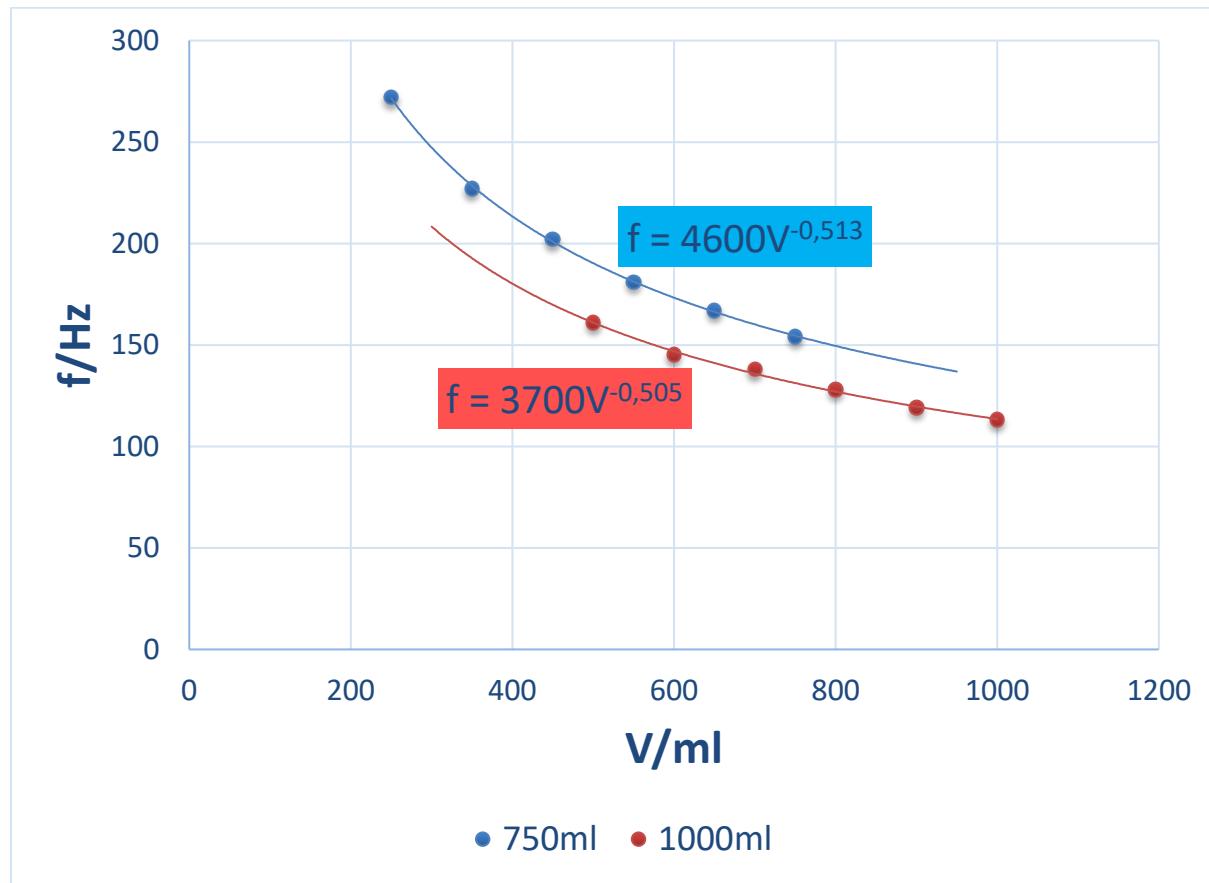
Intenzitet viših harmonika je puno niži od osnovne frekvencije.

#### 5.4 Ovisnost osnovne frekvencije o volumenu

V/ml	f1/Hz	f2/Hz	f3/Hz	f4/Hz	f2/f1	f3/f1	f4/f1
750	154	309	463		2,0	3,0	
650	167	334	500	667	2,0	3,0	4,0
550	181	363	544	725	2,0	3,0	4,0
450	202	404	605	807	2,0	3,0	4,0
350	227	455	682	910	2,0	3,0	4,0
250	272	544	817	1089	2,0	3,0	4,0

Tablica 1

Tablica 1 prikazuje ovisnost viših harmonika o osnovnoj frekvenciji za različite volumene boce od 750ml.

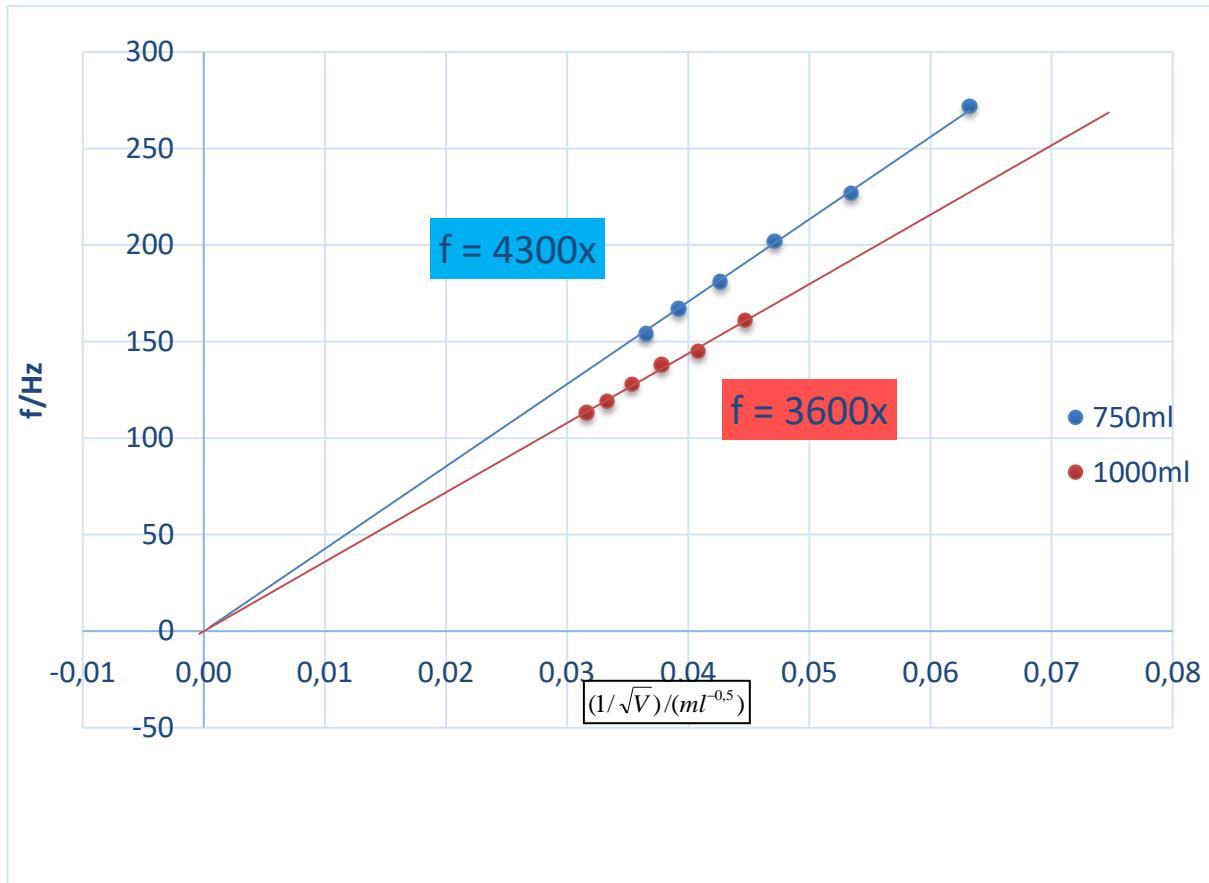


Slika 8; Ovisnost frekvencije o volumenu

Na slici 8 pokazana je ovisnost frekvencije o volumenu boca od 750ml i 1000ml.

Fitovanjem grafova dobili smo za bocu od 750ml  $f = 4600(Hzml^{-0,5})V^{-0,5}$ , a za bocu od 1000ml  $f = 3700(Hzml^{-0,5})V^{-0,5}$ .

Konstanta a za bocu od 750ml je veća nego za 1000ml, što znači da za iste volumene kod boce od 750ml dobit ćemo više frekvencije nego kod boce od 1000ml.



Slika 9; f-rec.korjen V

Slika 9 prikazuje graf ovisnosti frekvencije o recipročnoj vrijednosti korijena volumena.  
Slika 9 prikazuje linearnu ovisnost frekvencije o recipročnoj vrijednosti korijena volumena.  
Konstante nisu iste zbog pogreške u mjerenu i eksponent u grafu na slici 8 nije točno 0,5.  
Prema tome frekvencija je proporcionalna recipročnoj vrijednosti korijena volumena

$$f = \frac{a}{\sqrt{V}}$$

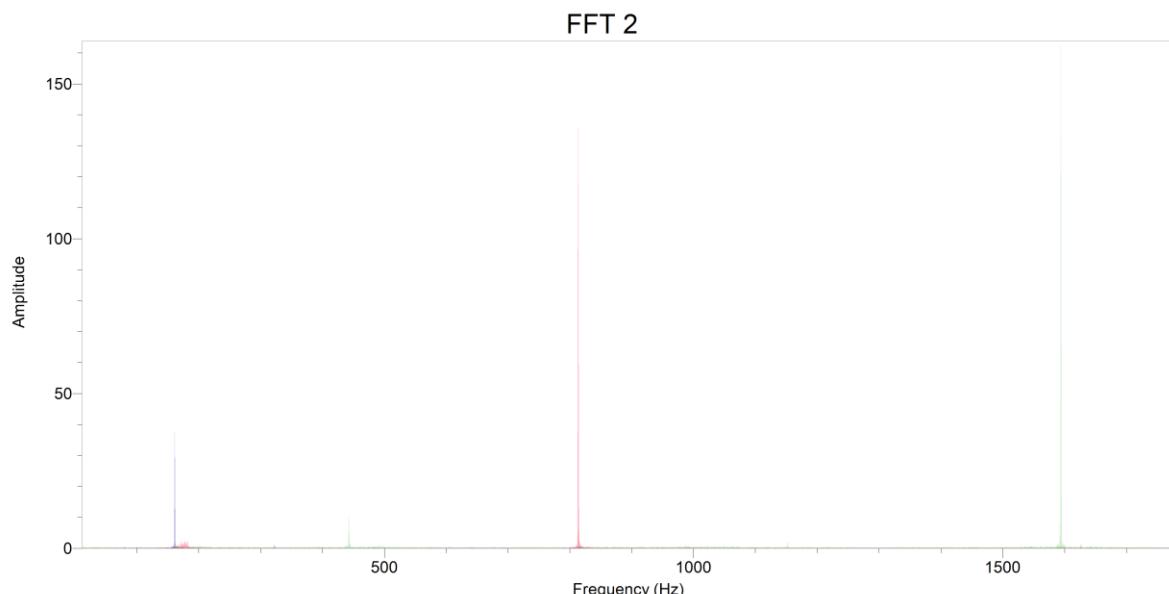
a – konstanta proporcionalnosti i za određenu bocu uvijek je ista

Konstanta a za bocu od 750ml je  $4300 Hzml^{-0,5}$ , a za bocu od 1000ml  $3600 Hzml^{-0,5}$

Prepostavljam da konstanta a ovisi o površini i visini grla. U nastavku rada mislim provjeriti kako o tim veličinama ovisi frekvencija.

### **5.5 Pojava viših modova kod većih brzina strujanja vjetra kod boce od 750ml**

Pri malim brzinama strujanja zraka pojavljuje se prva frekvencija od 154Hz. Postepenim povećavanjem strujanja zraka ništa se nije mijenjalo do određene brzine. Tada se pojavila nova frekvencija od 880Hz. Zatim pri još većoj brzini strujanja zraka do 1727Hz. Za svaku novu frekvenciju intenzitet je bio sve veći. Na slici 10 prikazana je Fourierova analiza za tri frekvencije. U tablici 2 vidimo da se frekvencije međusobno povećavaju približno za 5.



*Slika 10; Različiti modovi za različite brzine strujanja*

redni broj	osnovne frekvencije(Hz)	omjer frekvencija	
1	170		
2	880	5,2 f <sub>2</sub> /f <sub>1</sub>	
3	1727	10,2 f <sub>3</sub> /f <sub>1</sub>	

*Tablica 2*

Očekivala sam da prilikom nastanka zvuka nastaje stojni val na jednom učvršćenom i jednom slobodnom kraju. Po tome bi sljedeća frekvencija trebala biti 3 puta veća od osnovne frekvencije, međutim ja ju nisam dobila. Sljedeća frekvencija trebala bi biti 5 puta veća, što odgovara frekvenciji koju sam dobila. Sljedeća frekvencija trebala bi biti 7 puta veća od osnovne,

ali ni nju nisam dobila. Sljedeća frekvencija koju sam dobila je 10 puta veća od osnovne, odnosno dva puta veća od druge. Ne znam zašto se to događa i namjeravam to kasnije ispitati.

## 6 Zaključak

Iz svojih mjerenja zaključujem da frekvencija tona boce ovisi o visini stupca zraka u boci, te da ovisi o brzini zraka kojom pošemo u bocu. Očekivala sam da ton ovisi o visini stupca zraka u boci, ali ne i to da ovisi o brzini zraka kojom pušemo u bocu. U nastavku rada predlažem ispitivanje da li frekvencija tona boce ovisi o temperaturi, mjerenje bi pokušala s još nekoliko boca različitog oblika i volumena, te bi proučavala kako kut pod kojim pušemo u bocu ovisi o frekvenciji.

## 7 Zahvale

Zahvalila bih se svojim kolegama Vidi Škorjanec i Sebastianu Tukaču, koji su u svakom trenu bili pri ruci da mi pomognu u radu (mjerenjima). Također bih zahvalila profesorima Damiru Kličeku i Tomislavu Horvatu, koji su mi pomogli oko teorijskog dijela pokusa i što su me poticali na rad. Nikako ne smijem zaboraviti na svoje roditelje, koji su me poticali od samog početka. I kao najvećeg motivatora izdvojila bih Davida Rožmarića.

## Literatura

- [1] Mladen Paić: Osnove fizike (1. dio, 2. izdanje; gibanja- sile- valovi), 1987., Sveučilišna naklada Liber- Zagreb
- [2] Velimir Kruz: Tehnička fizika, 1972., Školska knjiga- Zagreb
- [3] Vjera Lopac, Petar Kulišić: Fizika 3, 1999., Školska knjiga- Zagreb
- [4] Petar Kulišić: Fizika 3, 1993., Školska knjiga - Zagreb

## Problem 1. Buffonova igla

Autor: Marko Šarić

Mentor: Magdalena Srdarević, prof.

1. razred, Gimnazija Požega, Požega, Hrvatska

### 1 Uvod

#### 1.1 O problemu Buffonove igle

Problem Buffonove igle glasi: *Nacrtajte niz jednakih udaljenih paralelnih crta na horizontalnoj površini. Uzmite hrpu štapića (npr. šibice ili igle) koji su malo duži ili kraći od razmaka između crta i nasumično ih bacite na površinu. Tvrdi se da broj puta koliko će štapići prijeći crte omogućava vrlo preciznu procjenu konstante  $\pi$ . Koliku točnost možete postići?*

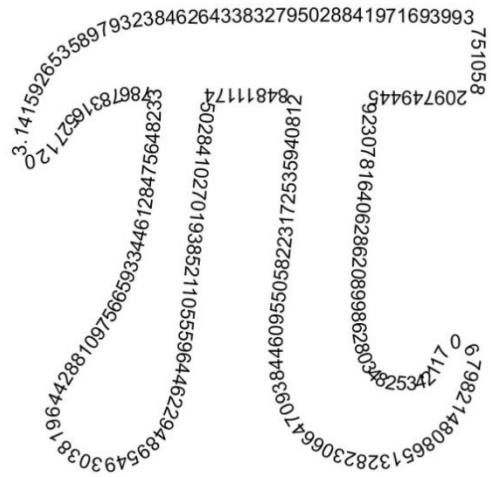
Dakle moj zadatak je izračunati broj  $\pi$  bacanjem štapića određene duljine na papir na kojem se nalaze paralelne linije koje su jednakodaljene jedna od druge. Na papir ću nacrtati paralelne linije, uzet ću da je udaljenost između linija jednak duljini štapića, te ću štapiće bacati na papir. Bilježit ću koliko šibica prelazi liniju pri svakom bacanju, te na temelju tih podataka izračunati konstantu  $\pi$ .

#### 1.2 Broj $\pi$

Broj  $\pi$  je matematička konstanta široko primjenjiva u matematici i fizici. Definiramo ga kao omjer opsega i promjera kružnice. Dan broja  $\pi$  obilježava se svake godine 14. ožujka (14.3.). Broj  $\pi$  je iracionalan (ima beskonačno mnogo decimalnih mesta koja se ne ponavljaju) i transcendentan odnosno nije konstruktivan. Pifilogija je učenje decimala broja  $\pi$  napamet, Guinnesov rekord za to drži *Akira Haraguchi*, a zapamtilo je 100 000 decimala broja  $\pi$  [3.].

Broj  $\pi$  je dobio ime po riječi περιφέρειν (periferija), što znači opseg.

$\pi \approx 3,14159\ 26535897932384626433\ 83279502884197169399\ 3751058209749445923\dots$

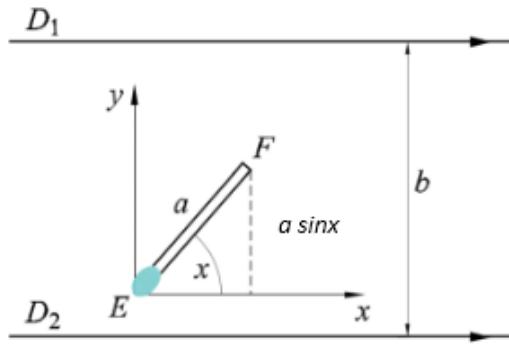


*Slika 1. Decimale broja  $\pi$  napisane u obliku broja  $\pi$*

## 2 Teorijska razrada problema

Dokaz približne vjerojatnosti broja  $\pi$  [1.]

Uzmemo štapić duljine  $|EF| = a$  i postavimo ga između dva paralelna pravca  $D_1$  i  $D_2$  čiji je razmak duljine  $b$  (Slika 2.)



*Slika 2. Štapić duljine  $a$  između dva paralelna pravca*

Prepostavimo da je  $a \leq b$  (kako štapić ne bi presjekao oba pravca odjednom). Tražimo vjerojatnost da štapić presječe jedan od pravaca,  $D_1$  ili  $D_2$ . Dovoljno je pronaći vjerojatnost da štapić presječe jedan od pravaca i to npr.  $D_1$ , jer se za  $D_2$  pokaže na isti način, pa će ukupna vjerojatnost biti dvostruka vjerojatnost da štapić presječe  $D_1$ .

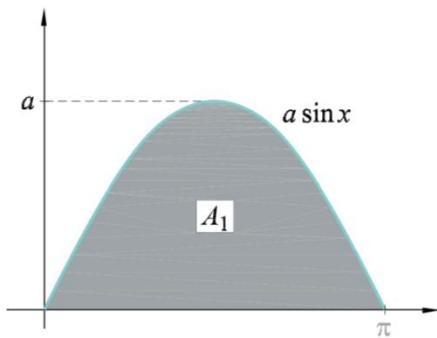
Hoće li štapić presjeći gornji pravac ovisi o udaljenosti  $y$  koordinate točke  $E$  od  $D_1$  i o kutu  $x$  između  $EF$  i pozitivnog dijela  $x$ -osi.

Upotrebom trigonometrije pravokutnog trokuta dobijemo sljedeće. Da bi štapić presjekao  $D_1$  mora biti  $y < a \sin x$ . Do presjeka će doći ako su  $x$  i  $y$  iz skupa:

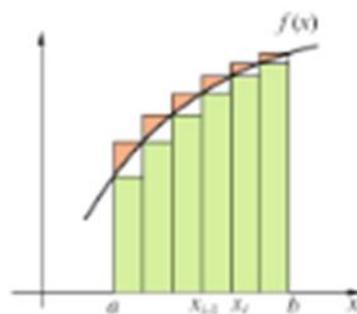
$$A = \{(x, y) : 0 \leq x \leq \pi, 0 \leq y \leq b, y < a \sin x\}, \text{ a svi mogući položaji štapića su za } x \text{ i } y \text{ iz skupa:}$$

$$B = \{(x, y) : -\pi \leq x \leq \pi, 0 \leq y \leq b\}.$$

Kada se nacrti prvi skup vidimo da je on površina ispod sinusoida (graf funkcije sinus, Slika 3). Dok je drugi skup površina pravokutnika, čije su stranice  $2\pi$  i  $b$ .



Slika 3. Površina ispod sinusoida



Slika 4. Računanje integrala

Površinu ispod krivulje možemo dobiti na način koji je prikazan na slici (Slika 4). Kako uzimamo sve manje dijelove, tako se smanjuje razlika između gornjih i donjih pravokutnika, pa se površina približava površini ispod krivulje.

U literaturi [1.] sam pronašao da se to zove integral i računa se na sljedeći način:

$$P_A = \int_0^\pi a \sin x \, dx = -a \cos x \Big|_0^\pi = -a \cos \pi + a \cos 0 = a + a = 2a.$$

Vjerojatnost da štapić presječe gornji pravac jednaka je omjeru površina skupova  $A$  i  $B$ .

$$P = \frac{P_A}{P_B} = \frac{2a}{2\pi b} = \frac{a}{\pi b} \quad \Rightarrow \quad 2P = \frac{2a}{\pi b}$$

U mom slučaju, štapić je iste duljine kao i razmak između pravaca.

$$a = b \quad \Rightarrow \quad 2P = \frac{2}{\pi}$$

Za Buffonov pokus to znači sljedeće:

$$\frac{\text{broj štapića koji sijeku pravac}}{\text{ukupan broj štapića}} = \frac{2}{\pi} \approx 0.636619 \dots$$

$$\Rightarrow \boxed{\pi \approx 2 \cdot \frac{\text{ukupan broj štapića}}{\text{broj štapića koji sijeku pravac}}}$$

Postavio sam sljedeće hipoteze:

**Hipoteza 1.** Povećanjem broja bacanja odstupanje od broja  $\pi$  bit će sve manje

**Hipoteza 2.** Točnost izračuna ovisit će o visini s koje bacam štapiće

**Hipoteza 3.** Točnost izračuna ovisit će o načinu bacanja

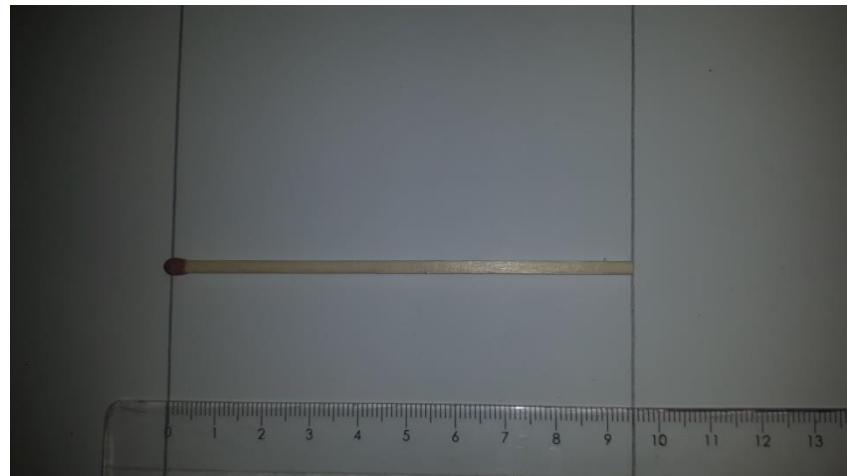
### 3 Aparatura, eksperimentalne metode i mjerena

Na papiru formata A0 nacrtao sam niz jednakih udaljenih paralelnih linija (Slika 5.). Udaljenost između dvije susjedne linije je 9.5cm, što je jednak duljini štapića koje sam bacao (Slika 6.). Štapiće sam nasumično bacao s visine od 20 cm, te s visine od 40 cm, kako bih provjerio utječe li visina s koje bacam štapiće na točnost izračuna.

Štapiće sam bacao na 2 načina: prvo sam bacao jedan po jedan štapić, a zatim sam bacao hrpe štapića odjednom kako bih provjerio svoju hipotezu. Papir sam stavio na ravnu podlogu kako nagib i neravnine podloge ne bi utjecale na rezultat. Bacio sam 30 puta po 90 štapića (2700 štapića). Broj štapića koji prelaze liniju zapisao sam u tablicu (Tablica 1.).



*Slika 5. Papir s nacrtanim paralelnim linijama*



*Slika 6. Odnos štapića i linija*



*Slika 7. Papir s bačenim štapićima*

## 4 Rezultati i rasprava

Rezultate bacanja prikazao sam u tablici Tablica 1.

Ukupan broj bačenih štapića	Broj štapića koji sijeku pravce	Ukupan broj bačenih štapića	Broj štapića koji sijeku pravce
90	66	90	54
90	56	90	61
90	57	90	55
90	57	90	52
90	64	90	53
90	59	90	57
90	59	90	60
90	58	90	52
90	49	90	61
90	55	90	56
90	63	90	62
90	56	90	62
90	52	90	54
90	59	90	56
90	53	90	61
Ukupan zbroj:		2700	1719

Tablica 1. Rezultati bacanja

Nakon što sam bacio štapiće 2700 puta, izračunao sam približnu vrijednost broja  $\pi$ , po ranije spomenutoj formuli u teorijskoj razradi.

Neka je  $N$  ukupan broj štapića, a  $n$  broj štapića koji su sjekli liniju. Tada sam broj  $x$  (približnu vrijednost broja  $\pi$ ) dobio na sljedeći način:

$$x = \frac{2 \cdot N}{n} = \frac{2 \cdot 2700}{1719} = 3.1413612565445\dots \approx 3.1414$$

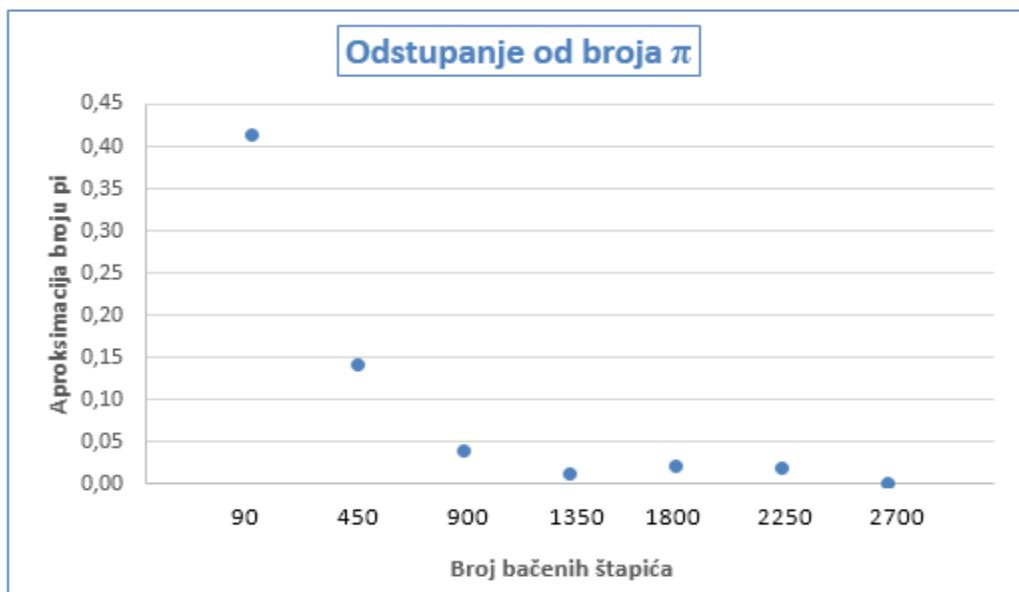
Dalje ću pokazati da što je veći broj bacanja štapića, dobivene vrijednosti će se sve više približavati broju  $\pi$ .

Odstupanje od broja  $\pi$  računao sam na sljedeći način:  $\bar{x}_i = |\pi - x_i|$ , gdje je  $\bar{x}_i$  odstupanje od  $\pi$ , a  $x_i$  dobivena približna vrijednost broju  $\pi$ . Podatke sam uzeo za bačenih 90, 450, 900, 1350, 1800, 2250 i 2700 štapića, dakle nakon svake pete serije bacanja štapića u grupama po 90 i nakon prvih 90 štapića.

	Broj bačenih štapića (N)	Približna vrijednost broja $\pi$ ( $x_i$ )	Odstupanje od broja $\pi$
1	90	2,727272727	0,414319926
2	450	3	0,141592654
3	900	3,103448276	0,038144378
4	1350	3,128621089	0,012971564
5	1800	3,16344464	0,021851986
6	2250	3,16011236	0,018519706
7	2700	3,141361257	0,000231397

Tablica 2. Približno dobivene vrijednosti i njihova odstupanja od broja  $\pi$

Iz podataka iz tablice 2., dobivamo grafički prikaz odstupanja od broja  $\pi$ , na temelju kojega možemo zaključiti što je veći broj bacanja to će se dobivene vrijednosti sve više približavati broju  $\pi$ .



Graf 1. Graf prikazuje odstupanja približno dobivenih vrijednosti od broja  $\pi$

U sljedećoj tablici (Tablica 2) prikazao sam odstupanje od broja  $\pi$  za aritmetičku sredinu svih bacanja štapića koji su presjekli pravce u grupama od 90, zatim medijan (centralna vrijednost kojega računamo tako da sve rezultate poredamo po veličini i nađemo sredinu) i mod (rezultat s najčešćom frekvencijom).

Približne vrijednosti za sve tri veličine izračunao sam prema sljedećim formulama:

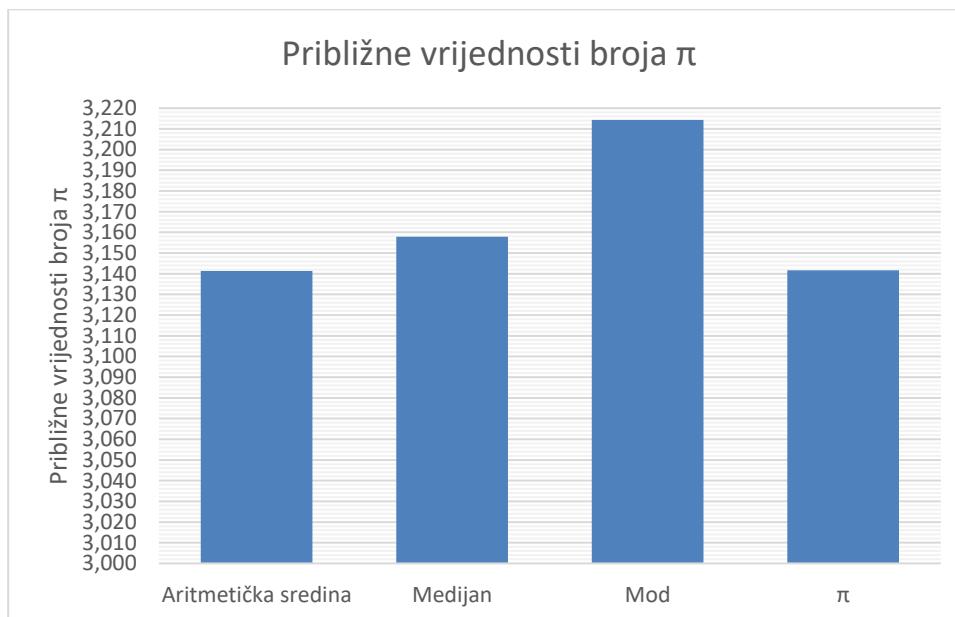
$$x_1 = \frac{2 \cdot 90}{as}, \quad x_2 = \frac{2 \cdot 90}{med}, \quad x_3 = \frac{2 \cdot 90}{mod},$$

gdje je as – aritmetička sredina, med – medijan, mod – mod.

	Vrijednost	Približna vrijednost broja $\pi$	Odstupanje od broja $\pi$
Aritmetička sredina	57,3	3,1413612565	0,000231397
Medijan	57	3,1578947368	0,016302083
Mod	56	3,2142857143	0,072693060

Tablica 3. Odstupanja od broja  $\pi$  za aritmetičku sredinu, medijan i mod

Vidimo da je odstupanje od broja  $\pi$  najveće kod moda, dok je najmanje kod aritmetičke sredine svih štapića koji su presjekli pravce.



Graf 2. Približne vrijednosti broja  $\pi$

Štapiće sam bacao s visine od 20 cm i 40 cm kako bih provjerio ovisi li točnost izračuna o visini s koje se štapići bacaju, no nije bilo velike razlike te mogu zaključiti da visina s koje se štapići bacaju ne utječe na rezultate.

Također sam ispitao utječe li način bacanja na rezultate. Uzeo sam 90 štapića u ruku i ispustio ih istovremeno na podlogu. Odmah sam uočio da pri padu štapići utječu jedan na drugoga, mijenjaju putanju, i ne dozvoljavaju slobodno padanje. Bilo je više štapića na jednom mjestu, pa je teže provjeriti koliko ih je presjeklo pravce. Nakon što sam 2700 štapića bacio u 30 serija po 90 štapića, dobio sam da 1835 štapića presiječe pravce.

$$\text{Približna vrijednost koju sam dobio je } x = \frac{2 \cdot 2700}{1835} = 2.942779292\dots \approx 2.9428.$$

Odmah se vidi da je u tom slučaju odstupanje od broja  $\pi$  nešto veće (0.198813362) nego kod pojedinačnog bacanja štapića.

## 5 Zaključak

Na temelju ovog istraživanja donio sam nekoliko zaključaka. Povećanjem broja bacanja sve je manje odstupanje od stvarne vrijednosti broja  $\pi$ , a to znači kada bih povećao broj bacanja vjerojatno bih dobio preciznost broja  $\pi$  u još više decimala, a ne samo u tri decimale koje sam dobio s 2700 bacanja štapića.

Visina s koje se štapići bacaju ne utječe na dobiveni rezultat, dok je način bacanja (jedan po jedan štapić ili cijelu hrpu odjednom) ipak bitan. Precizniji rezultat dobijemo tako što bacamo štapiće jedan po jedan, jer na taj način oni ne utječu jedan na drugoga.

Upute za poboljšanje i nastavak rada:

Kako bi se još više približio broju  $\pi$ , ideja je povećati broj bacanja štapića, jer se pokazalo da sa većim brojem bacanja dobijemo sve bolju aproksimaciju broja  $\pi$ .

Zatim bih odradio pokus sa štapićima malo manjim od razmaka između pravaca, iako i u tom pokusu očekujem približno jednake rezultate. Dok mislim da nije nužno raditi pokus sa štapićima većim od razmaka između pravaca, jer se može dogoditi da štapić presječe oba pravca u isto vrijeme.

## Literatura

- [1] <http://mis.element.hr/fajli/560/09-04.pdf> (16.11.2017.)
- [2] [http://poincare.matf.bg.ac.rs/~v\\_jevremovic/Buffon/bin/Buffon.html](http://poincare.matf.bg.ac.rs/~v_jevremovic/Buffon/bin/Buffon.html) (20.11.2017.)
- [3] <https://element.hr/static/files/5-Razno/Broj%20pi/Broj%20pi%20-%20Jeste%20li%20znali%20-%20Clanak%20iz%20MiSa%20br.%2038.pdf> (20.11.2017.)
- [4] <http://mathworld.wolfram.com/BuffonsNeedleProblem.html> (20.11.2017.)
- [5] [https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=82c6be0d51&view=att&th=15fc0ad47f4fc456&attid=0.1&disp=inline&realattid=f\\_ja1avrjr0&safe=1&zw](https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=82c6be0d51&view=att&th=15fc0ad47f4fc456&attid=0.1&disp=inline&realattid=f_ja1avrjr0&safe=1&zw) (21.11.2017.)
- [6] <https://web.math.pmf.unizg.hr/nastava/uuv/files/ch5.pdf> (2.12.2017.)
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=o2GtmEcoB20> (2.12.2017.)
- [8] <https://www.cut-the-knot.org/fta/Buffon/buffon9.shtml> (2.12.2017.)

## Problem 5. Sudar

Autor: Vida Škorjanec  
Mentor: Tomislav Horvat

1.a, Elektrostrojarska škola, Varaždin, Hrvatska

### 1. Uvod

„Vrlo elastična skakutajuća loptica sudari se s krutom površinom. Kako možemo odrediti vrijeme/trajanje sudara? Predložite različite tehnike i usporedite rezultate eksperimenta“

Ovaj me problem zainteresirao jer kada sam ga pročitala, počela sam razmišljati mijenja li se trajanje sudara ako mijenjam visinu s kojeg ta elastična loptica pada na čvrstu površinu. Mjerenje sam obavila elektroničkim dinamometrom i pomoću digitalne kamere. Tijekom obavljanja svojih mjerenja došla sam do ideje da bi mogla provjeriti trajanje sudara s više od jedne loptice pod istim uvjetima. Došla sam do zanimljivih zaključaka analizom mjerenja koja su djelomično promijenila fokus mog eksperimenta.

### 2. Teorijska razrada problema

Prije nego što objasnim načine prikupljanja podataka, trebalo bi znati određene pojmove koji će mi pomoći u cijelokupnom razumijevanju eksperimenta i samog elastičnog sudara.

Kinetička energija – energija gibanja ( $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ )

Potencijalna energija- gravitacijska potencijalna energija ( $E_{gp} = mgh$ )- h je visina ispuštanja loptice

-elastična potencijalna energija (za oprugu  $E_{ep} = \frac{1}{2}k\Delta s^2$ )

Zakon očuvanja energije: - u zatvorenom sustavu ukupna energija je uvek očuvana  
energija se može pretvarati iz jednog oblika u drugi

Količina gibanja – ( $p = mv$ )

Elastični sudar loptice s masivnom podlogom – sudar pri kojem nema gubitaka energije pa se  
loptica odbija istom brzinom kojom se  
sudarila

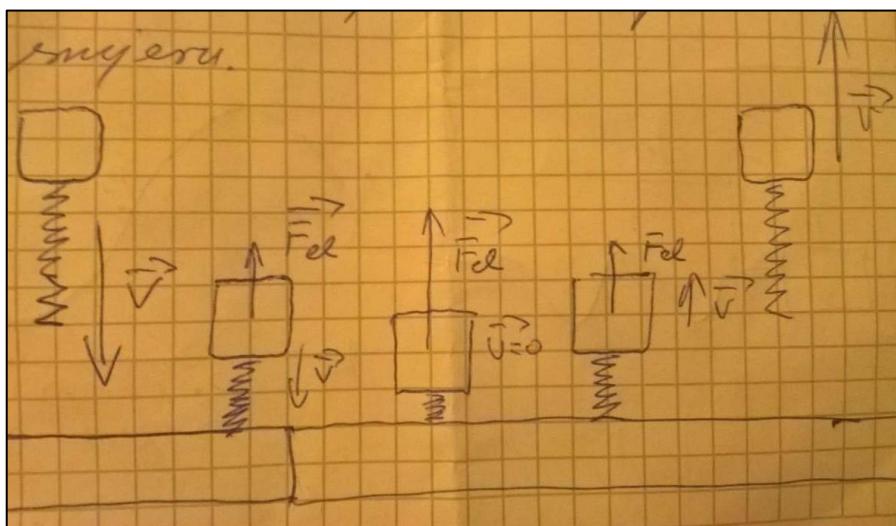
Elastična sila – proporcionalna je s deformacijom tijela (loptice) – ( $F_{el} = -k\Delta s$ )  
(k- konstanta opruge,  $\Delta s$ - deformacija)

Akceleracija loptice tijekom sudara – ( $a = \frac{F_{el}}{m} = \frac{k}{m} \Delta s$ )

Period titranja mase na opruzi – ( $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ )

Brzina kojom loptica udari u podlogu – ( $v = \sqrt{2gh}$ )

Elastičnu lopticu koja se odbija od čvrste podloge možemo najjednostavnije zamisliti kao masu s oprugom koja se odbija od čvrste podloge. Prilikom sudara opruga se stišće i zbog toga djeluje silom na masu koja je suprotnog smjera od brzine tijela zbog čega se tijelo koči i zaustavlja. Nakon toga opruga se rasteže i ubrzava tijelo u suprotnom smjeru.



Slika 1. Odbijanje opruge

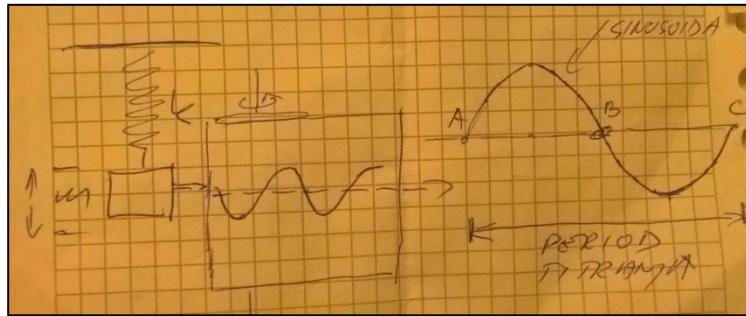
Sila kojom opruga djeluje na tijelo ovisi o njenom skraćenju  $\Delta l$ .

$$(F_{el} = -k\Delta l)$$

Zbog te sile tijelo ima akceleraciju.

$$(a = \frac{F_{el}}{m} = \frac{k\Delta l}{m} = \frac{k}{m} \Delta l)$$

Vidimo da ta akceleracija nije stalna nego se povećava sa  $\Delta l$ . Isti oblik sile javlja se pri titranju mase na opruzi:



*Slika 2. Titranje*

$$\text{Za tu pojavu poznat je period titranja: } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Sudar i odbijanja loptice analogni su gibanju mase od točke B do C na grafu. Taj dio gibanja traje  $\frac{1}{2}T$  i predstavlja vrijeme trajanja sudara. U teoriji titranja period oscilatora ne ovisi o amplitudi pa zbog toga ni vrijeme trajanja sudara ne ovisi o amplitudi, tj. o brzini kojom loptica udari.

### 3. Eksperimentalni postav

Kao što je navedeno u uvodu, mjerjenje sam obavila na dva načina u čiju sigurnost i preciznost sam bila uvjerenja. Na stalak sam pričvrstila elektronički dinamometar na koji sam dodala čvrstu podlogu. To je bio ključni dio prvog načina mjerjenja sudara. Ispod stalka sam stavila stiropor koji je služio kao materijal koji štiti mjerjenje od okolnih titraja (hodanje, glasni govor i slična potencijalna ometanja). Metar sam ljepljivom trakom zalijepila za cijev koja se nenamjerno našla na mom prostoru za rad.



*Slika 3. Cjelokupni pribor u cjelini*



*Slika 4. Elektronički dinamometar*



**Vernier LabQuest MINI**

Dinamometar sam priključila na laptop koristeći „Vernier LabQuest MINI“. On očitava sve kontakte na dinamometru i prikazuje ih u programu Logger Pro.



**Slika 6.1**



**Slika 6.2**

**Digitalna kamera**

Knjiga1.xlsx - Excel																				
DATOTEKA		POLAZNO		UMETANJE		IZGLED STRANICE		FORMULE		PODACI		PREGLED		PRIKAZ		Prijave				
<input type="button"/> DATOTEKA	<input type="button"/> POLAZNO	<input type="button"/> UMETANJE	<input type="button"/> IZGLED STRANICE	<input type="button"/> FORMULE	<input type="button"/> PODACI	<input type="button"/> PREGLED	<input type="button"/> PRIKAZ	<input type="button"/> Crtanje	<input type="button"/> Automatski zbroj	<input type="button"/> Normalno	<input type="button"/> Dobro	<input type="button"/> Loše	<input type="button"/> Neutralno	<input type="button"/> Povezana č...	<input type="button"/> Umetanje	<input type="button"/> Prijave				
<input type="button"/> Lijepanje	<input type="button"/> Izredi	<input type="button"/> Kopiraj	<input type="button"/> Calibri	<input type="button"/> A <sup>+</sup>	<input type="button"/> A <sup>-</sup>	<input type="button"/> Prelamanje teksta	<input type="button"/> Općenito	<input type="button"/> Font	<input type="button"/> Potpis	<input type="button"/> Spoji i centring	<input type="button"/> % osn.	<input type="button"/> Broj	<input type="button"/> Uvjetno	<input type="button"/> Oblikuj kao tablicu	<input type="button"/> Bilješka	<input type="button"/> Izlaz	<input type="button"/> Izračun			
<input type="button"/> Prenošetak oblikovanja	<input type="button"/> Meduspremnik	<input type="button"/> Font	<input type="button"/> Potpis	<input type="button"/> Spoji i centring	<input type="button"/> % osn.	<input type="button"/> Broj	<input type="button"/> Uvjetno	<input type="button"/> Oblikuj kao tablicu	<input type="button"/> Stavovi	<input type="button"/> Automatski zbroj	<input type="button"/> Normalno	<input type="button"/> Dobro	<input type="button"/> Loše	<input type="button"/> Neutralno	<input type="button"/> Povezana č...	<input type="button"/> Umetanje	<input type="button"/> Prijave			
<input type="button"/> Lijepanje	<input type="button"/> Prenošetak oblikovanja	<input type="button"/> Meduspremnik	<input type="button"/> Font	<input type="button"/> Potpis	<input type="button"/> Spoji i centring	<input type="button"/> % osn.	<input type="button"/> Broj	<input type="button"/> Uvjetno	<input type="button"/> Oblikuj kao tablicu	<input type="button"/> Stavovi	<input type="button"/> Automatski zbroj	<input type="button"/> Normalno	<input type="button"/> Dobro	<input type="button"/> Loše	<input type="button"/> Neutralno	<input type="button"/> Povezana č...	<input type="button"/> Umetanje	<input type="button"/> Prijave		
2	h/cm	čelična loptica	skočiljaka	ping pong loptica													tenis loptica			
3	0.012	0.0129	0.015	0.0078	0.0061	0.0078	0.0078	0.00746	0.016	0.018	0.016	0.016	0.0165	0.0159	0.0159	0.0159	0.0159			
4	15	0.0091	0.0092	0.015	0.0074	0.0084	0.0083	0.0089	0.0079	0.00818	0.0159	0.0159	0.0159	0.016	0.016	0.0165	0.0163	0.0164	0.0157	0.0161
5	30	0.0071	0.007	0.014	0.0067	0.0068	0.0069	0.0076	0.0066	0.00692	0.016	0.0166	0.0163	0.016	0.0162	0.017	0.016	0.016	0.0162	0.0162
6	50	0.0067	0.0068	0.0147	0.0095	0.0094	0.008	0.008	0.0079	0.00862	0.016	0.0166	0.0163	0.0157	0.0162	0.017	0.016	0.016	0.0162	0.0162
7	75	0.0066	0.0064	0.015	0.0102	0.007	0.0093	0.0077	0.0097	0.00878	0.016	0.0166	0.0163	0.0157	0.0162	0.017	0.016	0.016	0.0162	0.0162
8	100	0.0059	0.0058	0.0153	0.007	0.008	0.0076	0.0072	0.0069	0.00734	0.016	0.0166	0.0163	0.0157	0.0162	0.017	0.016	0.016	0.0162	0.0162
9																				
10																				
11																				

Slika 7

U ukupnom eksperimentu sam koristila četiri loptice različite elastičnosti. Poredane od najveće do najmanje elastičnosti to su bile teniska loptica, loptica skočica, ping pong loptica te čelična kuglica od ležaja.

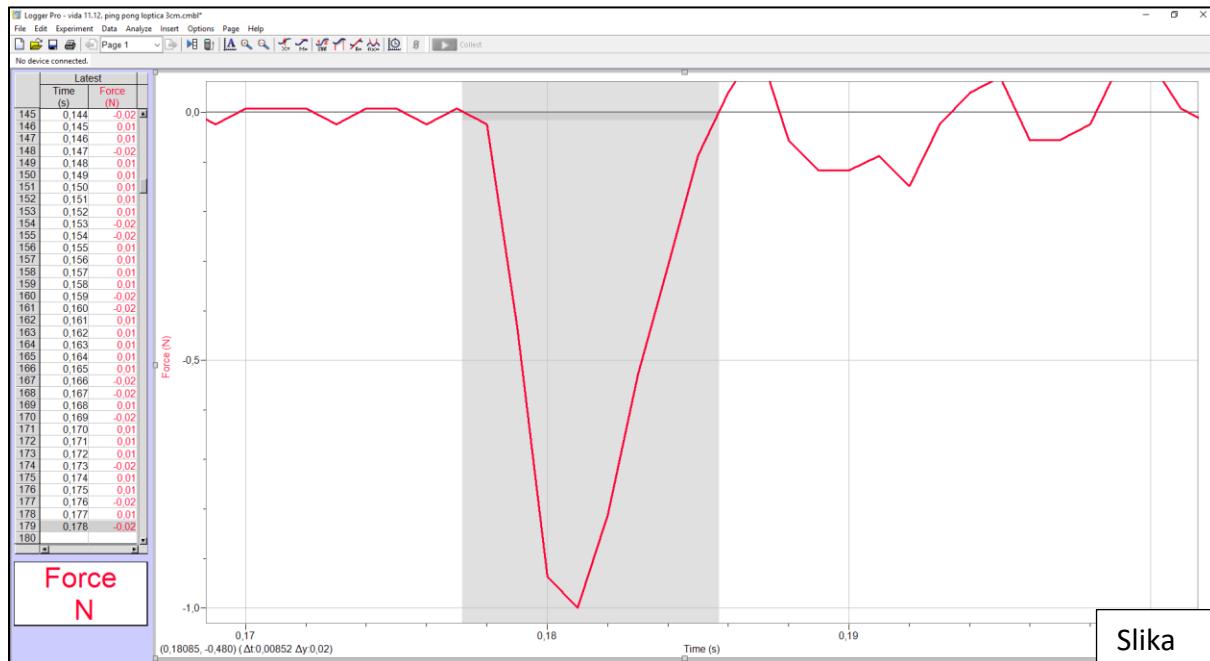


Slika 8. Prikaz korištenih loptica

## 4. Metode i mjerjenje

### 4.1 Mjerjenje vremena sudara pomoću elektroničkog dinamometra

Elektronički dinamometar sam spojila na laptop rada i preko programa Logger Pro sam mjerila vrijeme sudara. Taj program mjeri silu koja djeluje na dinamometar i automatski prikazuje graf sile i vremena.



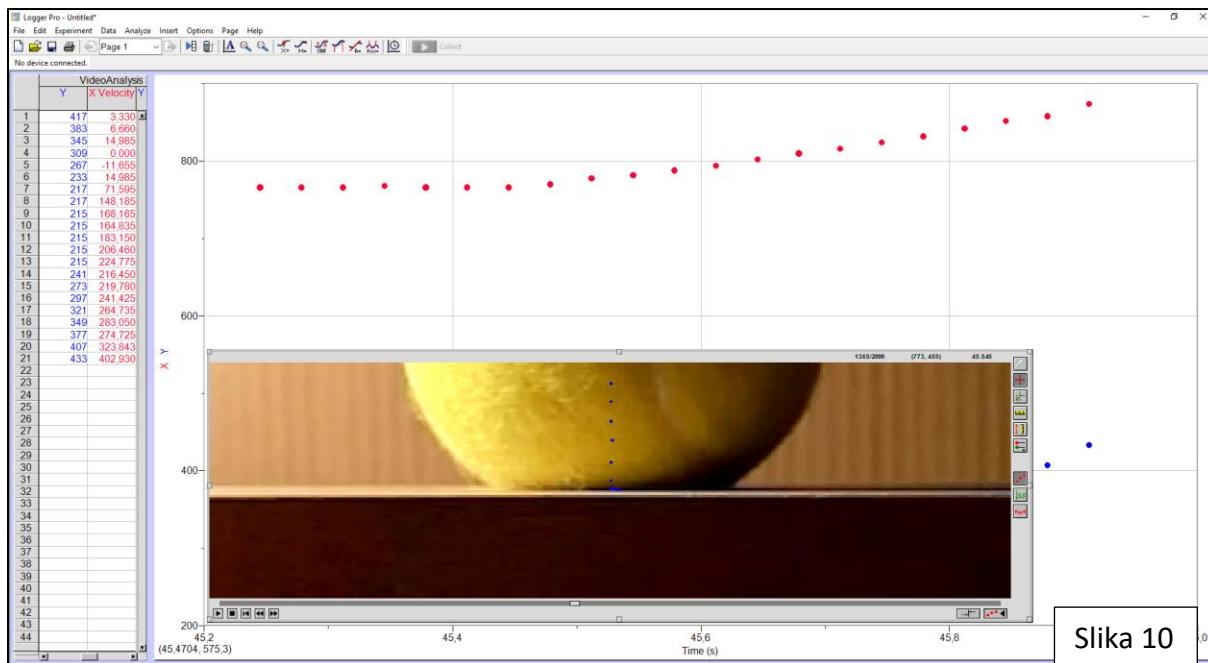
Slika

#### Primjer dobivanja podataka iz programa

Možemo odrediti broj očitavanja podataka u jednoj sekundi te iz grafa precizno očitati koliko dugo je sila djelovala na podlogu. U ovom slučaju, to vrijeme je također i vrijeme sudara. Sve četiri loptice sam bacala s visine od 3cm, 15cm, 30cm, 50cm, 75cm i 100cm kako bi provjerila kao vrijeme ovisi o brzini kojom loptica udari u podlogu. Nakon svakog bacanja loptice s određene visine podatak sam zabilježila u tablicu u Excelu i pomoću tih tablica dobila sam grafove vremena sudara mijenjanjem visine pada. Kako bi pokazala da dobiveni rezultati nisu samo slučajnost ili moguća pogreška u mjerenu, za svaku lopticu i za svaku visinu pada sam mjereno ponovila pet puta i ako su se vrijednosti malo razlikovale, izračunala sam prosječnu vrijednost. Prilikom pokušaja mjerjenja s teniskom lopticom pojavio se problem. Masa teniske loptice približna je masi dinamometra pa je nastajao problem kod grafova jer kada je loptica udarila u podlogu, podloga se također udubila te ponekad i pala. No unatoč tome ipak sam uspjela dobiti potrebne podatke.

## 4.2 Mjerenje trajanja sudara pomoću kamere

Ideja ovoga mjerjenja bila je vrlo jednostavna. Snimajući tenisku lopticu kako pada prebrojala bih kadrove i iz njih očitala vrijeme. Na klupu sam postavila lampu koja je osvjetljavala prostor snimanja. Zbog boljeg fokusa na klupu sam crnim markerom nacrtala točkicu koja mi je također pomagala pri ciljanju loptice na određen prostor za snimanje. Nakon mnogo neuspjelih pokušaja snimanja, uspjela sam uhvatiti nekoliko korisnih snimaka. Snimke sam ubacila u program Logger Pro i analizirala ih. Na snimku sam za svaki kadar označila dno loptice i dobila graf brzine i vremena.



Slika 10

### Postupak dobivanja v-t graf a 1

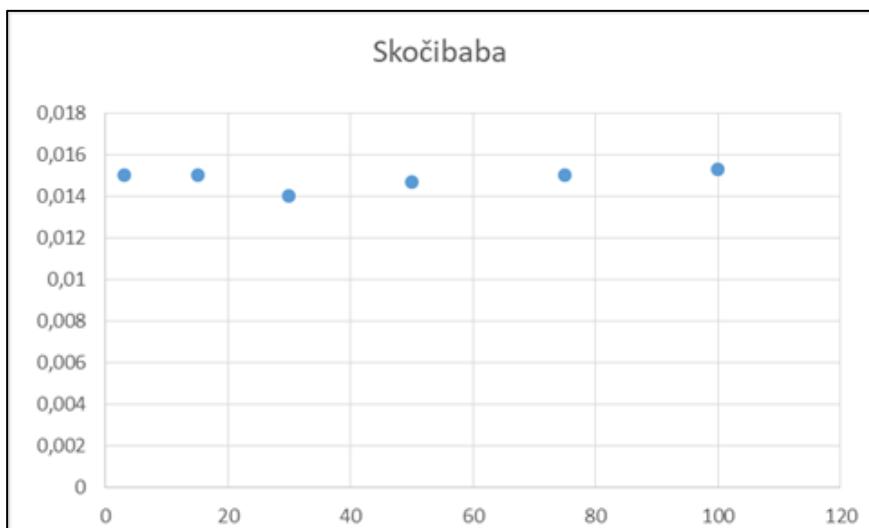
Nakon što sam dobila točkasti graf, mišem sam označila točkice koje su predstavljale kadrove u kojima je loptica dodirivala površinu.

## 5. Rezultati i rasprava

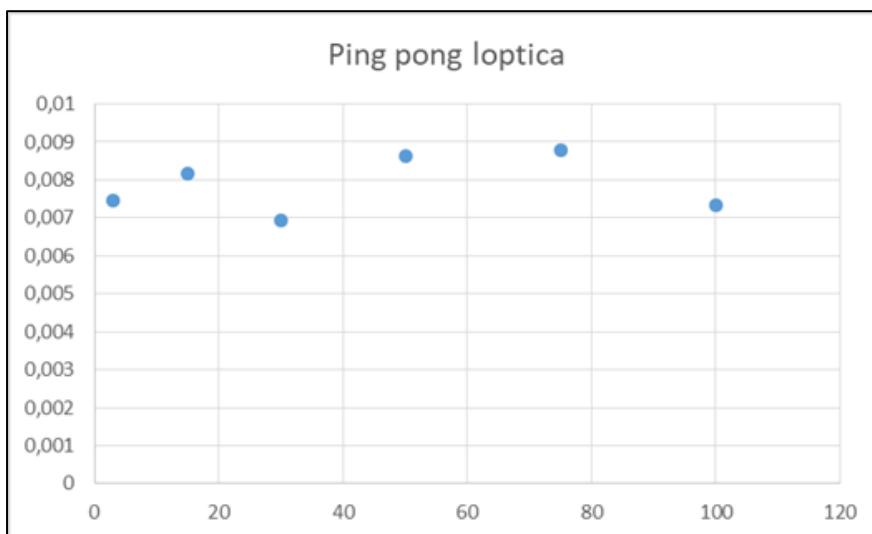
Prije nego što sam počela s eksperimentom, očekivala sam da će vrijeme sudara biti sve veće ako povećam visinu pada loptice jer sam očekivala da će deformacija biti veća pa će i vrijeme kontakta biti duže. Rezultati su me iznenadili jer su bili vrlo neočekivani.

### 5.1 Rezultati dobiveni elektroničkim dinamometrom

Slika 5.1 prikazuje graf trajanja sudara bacanjem s određenih visina. Os x prikazuje visinu pada loptice u centimetrima ( $x=h/cm$ ), a y os vrijeme trajanja sudara u jedinici sekunde ( $y=t/s$ ). Zanimljivo je što je vrijeme kod loptice skočice jednako kada ju bacimo s 3cm i sa 100cm. Ponovnim mjeranjem sam potvrdila da su rezultati točni.

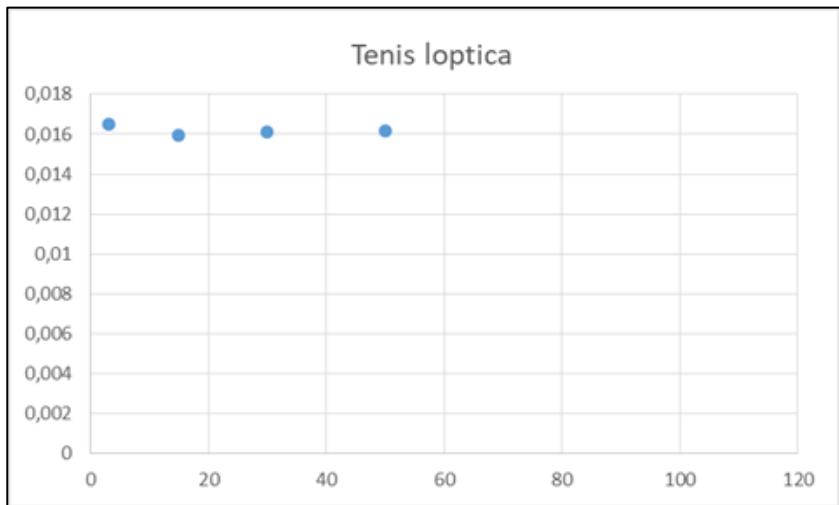


Slika 11



Ping pong loptica pokazala je iste rezultate kao i loptica skočica. Trajanja sudara su približno jednaka bez obzira na visinu padanja.

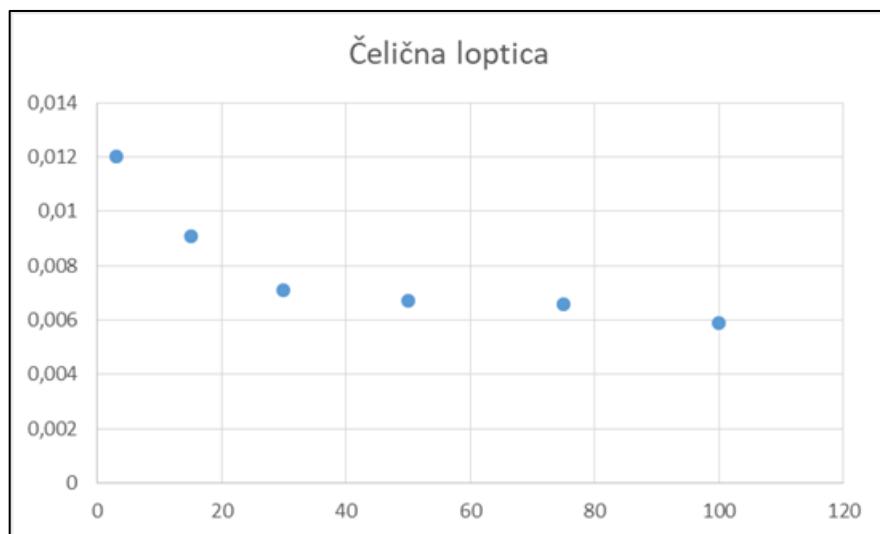
Slika 12



Slika 13

Kao što sam spomenula, teniska loptica nije bila dovoljno lagana za precizno mjerjenje. Ili sam tako mislila dok nisam dobila rezultate snimanja pada loptice. Vrijeme sudara bilo je jednako kod oba načina mjerjenja pa sam zato zaključila da je vrijeme bilo određeno dovoljno precizno.

Nakon tri obavljena mjerjenja koja su pokazala jednake rezultate, odlučila sam ipak napraviti isto za kuglični ležaj. To je bila dobra odluka jer su rezultati bili drugačiji i vrlo zanimljivi.



Nakon mnogo dobivenih mjerjenja za kuglični ležaj izračunatim prosjekom dobila sam ovaj graf (slika 14). Vrijeme sudara počelo se smanjivati kako sam povećavala visinu pada.

Slika 14

I napokon, ovo su ključni i završni rezultati mog eksperimenta! U tabelama su prikazana vremena trajanja sudara za različite loptice ovisno o visini ispuštanja.

h/cm	čelična loptica	loptica skočica
3	0,012	0,0129
15	0,0091	0,0092
30	0,0071	0,007
50	0,0067	0,0068
75	0,0066	0,0064
100	0,0059	0,0058

ping pong loptica					
0,0078	0,0061	0,0078	0,0078	0,0078	<b>0,00746</b>
0,0074	0,0084	0,0083	0,0089	0,0079	<b>0,00818</b>
0,0067	0,0068	0,0069	0,0076	0,0066	<b>0,00692</b>
0,0098	0,0094	0,008	0,008	0,0079	<b>0,00862</b>
0,0102	0,007	0,0093	0,0077	0,0097	<b>0,00878</b>
0,007	0,008	0,0076	0,0072	0,0069	<b>0,00734</b>

h/cm	tenis loptica				
3	0,16	0,18	0,16	0,16	<b>0,165</b>
15	0,159	0,159	0,159	0,16	<b>0,1593</b>
30	0,163	0,164	0,157	0,16	<b>0,161</b>
50	0,16	0,166	0,163	0,157	<b>0,1615</b>

U tablicama su pokazani dobiveni rezultati vremena sudara elastične loptice i čvrste podloge.

Napravila sam još više mjerjenja ali uključila sam samo ona u koje sam bila uvjerenja da su pouzdani i precizni. Dobivene konstante vremena sudara su:

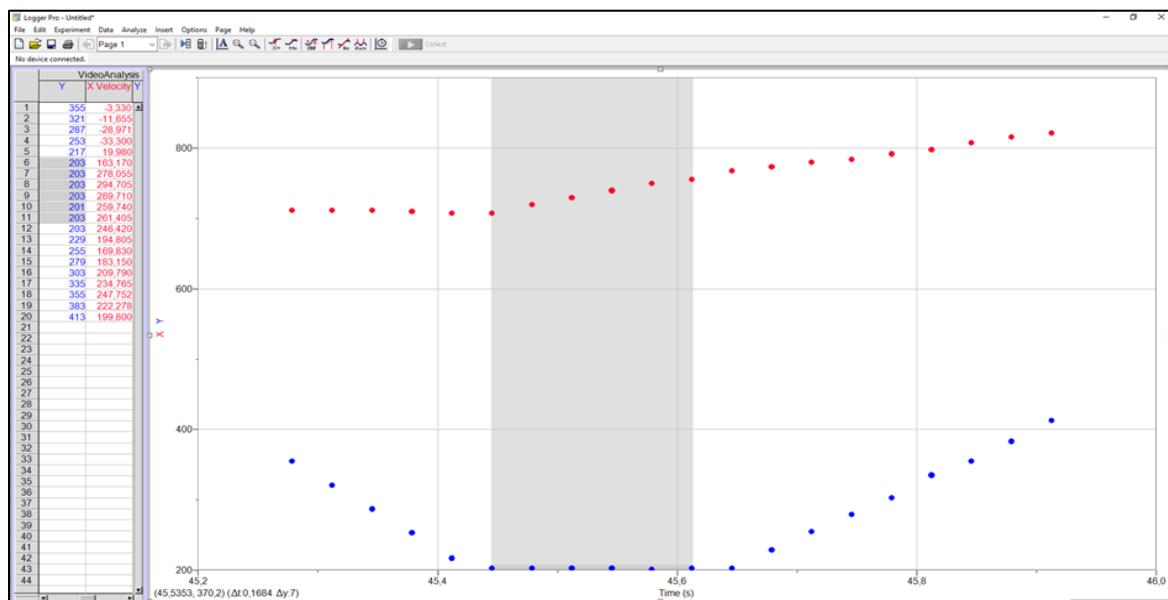
**Loptica skočica- 0,015 sekundi**

**Ping pong loptica- 0,0079 sekundi**

**Tenis loptica- 0,16 sekundi**

Za čeličnu lopticu nema konstante vremena trajanja jer se vrijeme sudara nepravilno smanjuje.

## 5.2 Rezultati dobiveni snimanjem sudara digitalnom kamerom



Slika 15

Graf dobiven snimanjem pada kamerom

## **6. Zaključak**

Za većinu loptica pokazano je da vrijeme trajanja sudara ne ovisi o brzini kojom loptica udari. Za čeličnu lopticu (kuglični ležaj) primjetno je da se vrijeme sudara smanjuje s povećanjem brzine loptice pri sudaru. To možemo objasniti činjenicom da lopticu ne možemo savršeno zamijeniti našim modelom. S povećanjem brzine loptice pri sudaru dolazi do jače deformacije, loptica dodiruje podlogu većom površinom zbog čega raste i konstanta elastičnosti  $k$ . Zbog toga je prosječna sila, a time i akceleracija loptice veća nego u našem jednostavnom modelu pa je i ukupno vrijeme interakcije kraće.

## **7. Zahvale**

Na kraju bi htjela zahvaliti svome mentoru profesoru Tomislavu Horvatu koji me potaknuo da sudjelujem u ovom natjecanju i pomagao mi kada sam naišla na poteškoće u mjerenu ili razumijevanju. Također zahvaljujem profesoru Damiru Kličeku koji me motivirao u radu. Ne bih smjela zaboraviti ni svoje prijatelje, Helenu Strniščak i Sebastiana Tukača koji su mi uvijek bili u blizini kada mi je trebala pomoći, uz njih su cjelokupan rad i učenje bili uvijek zabavni.

## **Literatura**

U mome radu najviše mi je koristila knjiga: Mladen Paić: Osnove fizike (1.dio, 2. Izdanje; gibanja-sile- valovi), 1987., Sveučilišna naklada Liber- Zagreb

## Problem 1. Buffonova igla

Autor: Andrej Todić

Mentor: Ana Ujčić, prof. matematike

1. razred, Gimnazija Pula, Pula, Hrvatska

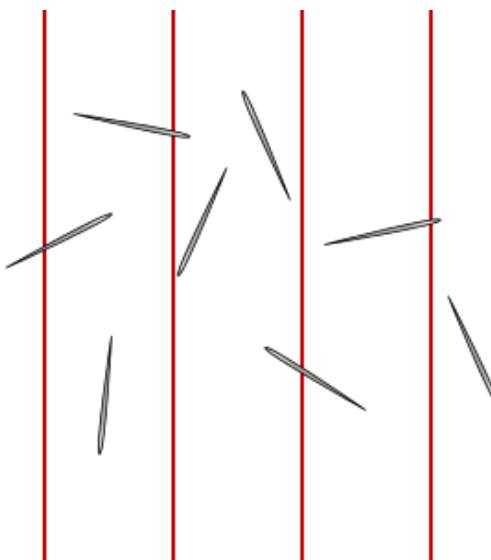
### 1 Uvod

Buffonov pokus ili pokus Buffonove igle prvi je postavio 1777. godine francuski prirodoslovac i botaničar Georges Louis - Leclerc. Kasnije se prozvao grofom od Buffona i otud ovaj problem dobiva svoj naziv. Problem je detaljnije obrazložio u svom radu "*Sur le jeu de franc-carreau*" ("U igri s francuskim pločicama").

Buffon je promatrao slučaj novčića koji je nasumično bačen na podlogu obilježenu usporednim linijama koje odvajaju različita polja. Zapitao se je li moguće utvrditi koja je vjerojatnost da će pasti unutar granica jednog polja i koja je vjerojatnost da će pasti na liniju koja odvaja dva polja.

U Buffonovom razmišljanju javljaju se osnove geometrijske vjerojatnosti. Nastoji utvrditi vjerojatnost nekog događaja ovisno o omjeru dimenzija geometrijskih likova ili tijela, a ne brojanju povoljnijih ishoda nasumičnih događaja. Buffon je u svom radu, osim primjera s novčićem, naveo i primjer nasumičnog bacanja nekih nepravilnih likova.

Nasumično bacanje igle najpoznatiji je primjer Buffonovog pokusa. Igla se baca na podlogu na kojoj su iscrtane paralelne linije. Bilježi se broj presjeka linija i ukupan broj bacanja.

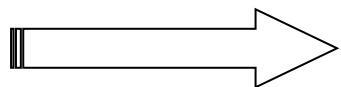


## 2 Teorijska razrada problema

Između svake dvije paralelne linije razmak je jednake duljine i obilježen je slovom  $a$ . Duljina igle manja je ili jednaka razmaku između linija. Označena je slovom  $l$ . U odnosu na liniju, štapić pada pod kutom  $\alpha$ . Zbog jednostavnosti kut  $\alpha$  nalazi se u rasponu od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ . Postoji mnogo ishoda od kojih su povoljni oni u kojima igla presijeca jednu od linija i svi ostali su oni u kojima pada između dvije linije bez kontakta s njima. Tako nastaju dva skupa, P1 (kojeg čine svi povoljni ishodi) i P2 (kojeg čine svi mogući ishodi).

Ako je:

$a$  - razmak između paralelnih linija

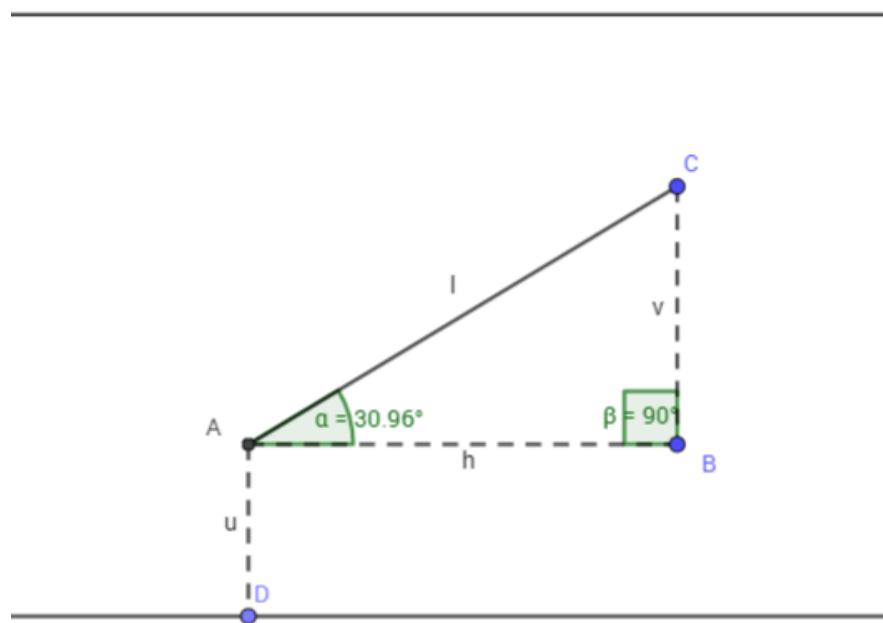


$$l \leq a$$

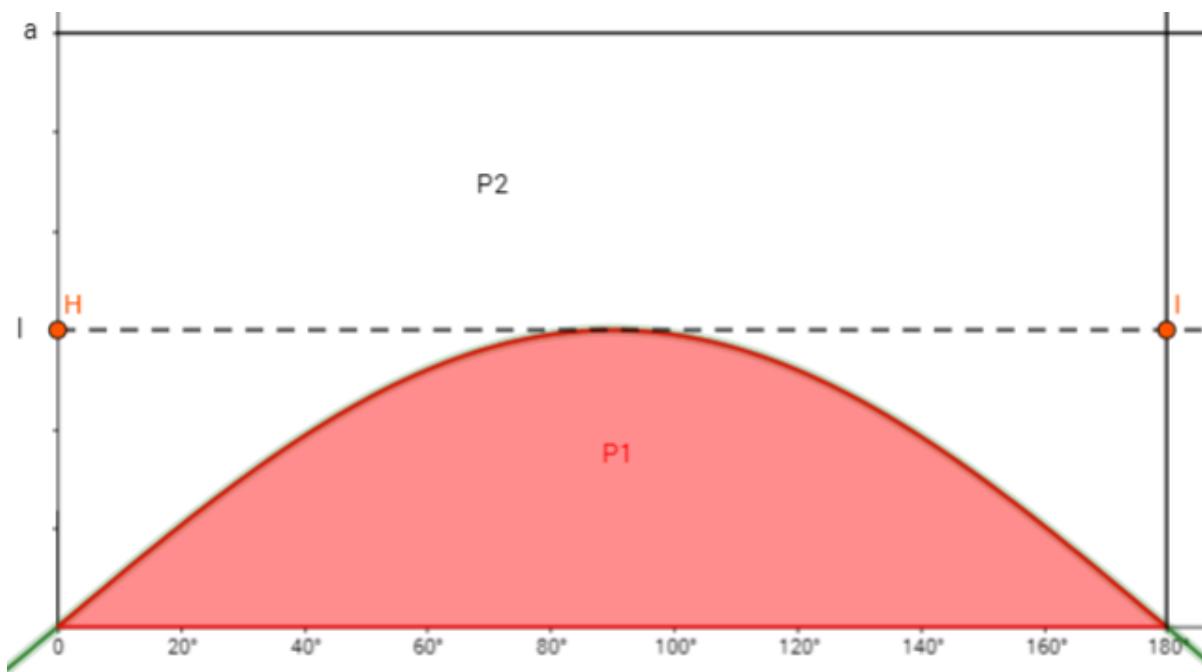
$l$  - duljina igle

$\alpha$  - kut kojeg zatvaraju štapić i paralela s jednom od linija

Primjer položaja igle unutar dvije linije:



Može se nacrtati graf:



Ovaj graf pokazuje da je najveća vjerojatnost da igla presijeca jednu od linija kad je njezina duljina  $l$  (koja u ovom slučaju nije posebno definirana) i kad je kut koji zatvara s paralelom jednak  $90^\circ$ . Ta činjenica da se i logično zaključiti jer u tom slučaju igla je međusobno okomita s linijama i ima najveću vertikalnu duljinu  $v$ . Znanje iz matematike prvog razreda srednje škole nije dovoljno da se objasni pravilan oblik krivulje (sinusoida).

Iznos vjerojatnosti je količnik površine skupa  $P_1$  i površine skupa  $P_2$ . Kako je  $P_1$  složeni geometrijski lik čija se površina ne može izvesti sa znanjem matematike prvog razreda srednje škole, samo će biti navedena u nastavku. Ukupna površina ( $P_2$ ) je površina pravokutnika s dimenzijama  $a$  i  $180^\circ$ . Osim toga vjerojatnost se može izračunati mjerenjem i dijeljenjem broja igala koje presijecaju jednu od linija s ukupnom brojem bacanja.

$$p = \frac{m}{n}, \quad n \neq 0$$

p - vjerojatnost

m - broj igala koje presijecaju jednu od linija

n - ukupan broj bacanja

Kod veličine kutova  $180^\circ$  ekvivalentno je s  $\pi$  radijana. To je vrlo bitno jer se u ovom eksperimentu pretpostavlja da je iznos broja  $\pi$  nepoznat, treba se što točnije izračunati. Zbog toga umjesto stupnjeva u dalnjem izvodu formule je upotrijebljena veličina kuta u radijanima. Površina ispod krivulje izvedena je pomoću vanjskih izvora jer je to dio matematičke analize koja se nalazi u predviđenom programu četvrtog razreda i znanje je koje nemaju učenici prvog razreda srednje škole.

$$A(P1) = 2 \cdot l$$

$$A(P2) = a \cdot \pi$$

$$p = \frac{A(P1)}{A(P2)}$$

$$p = \frac{2l}{a\pi}$$

Uvrstimo li već postojeću formulu za iznos vjerojatnosti dobivamo:

$$\frac{m}{n} = \frac{2l}{a\pi} \quad / \cdot \pi n$$

$$m\pi = \frac{2ln}{a} / \cdot \frac{1}{m}$$

$$\boxed{\pi = \frac{2ln}{am}; \quad m, a \neq 0}$$

Ovo je osnovna formula za aproksimaciju broja  $\pi$  i upotrebljava se kroz cijeli eksperimentalni dio ovog rada.

### **3 Hipoteza i cilj eksperimenta**

Eksperiment je odrađen kako bi se utvrdilo je li broj presjeka linija povezan s brojem  $\pi$  i kako broj bacanja i broj linija na papiru ovise o aproksimaciji tog broja. Postavlja se hipoteza da se povećanjem broja mjerena dobiveni rezultat približava broju  $\pi$  i za velik broj mjerena se podudara s njim u nekoliko decimala. Također se pretpostavlja da se povećanjem duljine igle u odnosu na širinu razmaka između linija rezultat dostiže broj  $\pi$ , ali daljnijim povećavanjem se taj broj se sve više približava beskonačnosti.

### **4 Materijali i metode**

Za izvođenje eksperimenta upotrijebljena su četiri papira A3 formata. U ulozi igle bile su čačkalice i štapići za ražnjiće. Osim toga se pored eksperimenta nalazio i papir A4 formata na kojem je napisan "1" ako određeni štapić ili čačkalica presječe jednu od linija i "0" ako padne potpuno u prazninu između linija. Nakon toga zbrojeni su svi rezultati.

Papiri A3 formata izrađeni su u programu Bojanje (Paint.NET). Ovaj program je sasvim dovoljan za potrebu ovog projekta i zbog toga je uporaba boljih i profesionalnih programa za izradu skica nepotrebna. Upotrijebljena su četiri papira (jednim prolazi jedna linija, drugim dvije, trećim tri i četvrtim četiri). Linije dijele papir na više dijelova jednakih površina, usporedne su s duljom stranicom papira i imaju jednaku duljinu.

Rezultati mjerena ovise o omjeru duljine štapića i širine razmaka između dvije linije. Omjer se mijenja promjenom broja linija na papiru, odnosno upotrebom različitih papira i izvršena su posebna mjerena za svaki papir. Kroz cijeli proces podrezivanja pazi se na to da štapić ne smije biti duži od razmaka između linija na papiru na koji se navedeni štapić baca.

Štapići su za svako mjereno bačeni između 100 i 500 puta kako bi se broj  $\pi$  mogao što bolje aproksimirati iako ni to nije dovoljno za dobru aproksimaciju, već bi trebalo štapić baciti na tisuće puta.

Nakon što je samostalno proveden pokus, htio sam proovjeriti kako nei za tu svrhu su u projekt bili uključeni i nezavisni ispitičači. U sklopu Dana matematike koji se održava u školi, nekolicini učenika podijeljeni su papiri i štapići tako da su i oni vršili svoja mjerena. Najbolje dobiveno rješenje iznosi 3.14 iako postoji mogućnost da je rezultat izmijenjen kako bi se postigao točniji rezultat. Većina mjerena završila je tako što su ispitičači dobili brojeve između 2.9 i 3.25. Događaj je bio veoma uspješan i ispitičači su ispunili svoj zadatak s mnoštvom entuzijazma i kooperacije.

## 5 Rezultati i rasprava

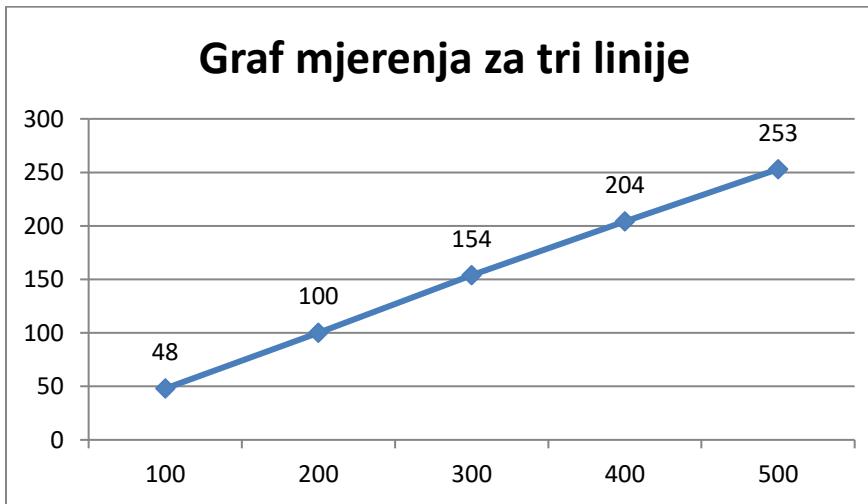
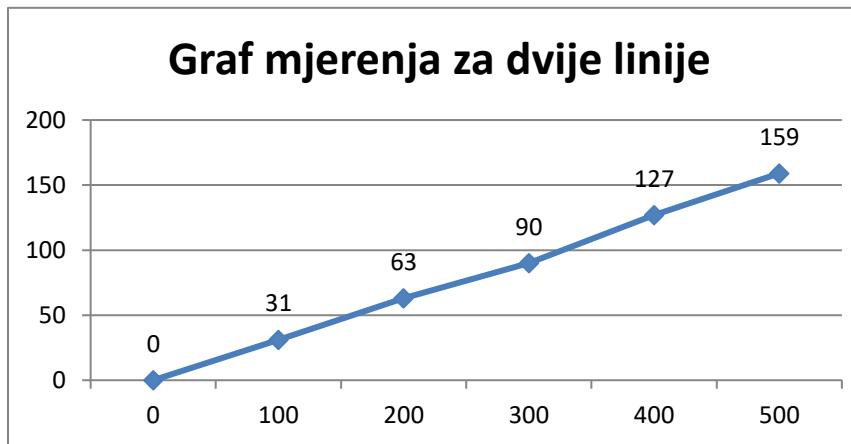
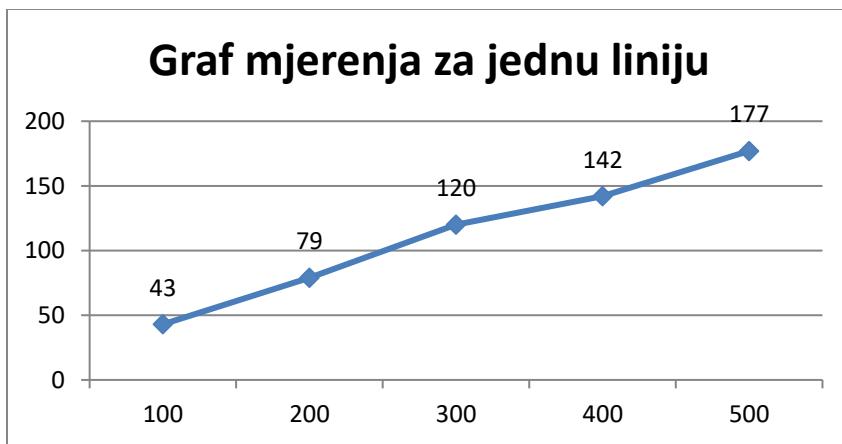
Obavljena su mjerena i provjerena ovisnost točnosti aproksimacije o dva različita parametra (faktora). Prvi od njih je sam broj bačenih štapića. Kako bi se provjerila točnost tvrdnje, upotrijebljeni su štapići jednakih duljina koja iznosi polovicu širine razmaka između dvije linije. Pri pregledu rezultata, pretpostavka da će se rezultat približavati točnoj vrijednosti broja  $\pi$  je bila ispunjena.

	m	n	$\pi$ (po formuli)
1. mjerjenje	31	100	3,225806
2.mjerjenje	63	200	3,174603
3. mjerjenje	90	300	3,333333
4. mjerjenje	127	400	3,149606
5. mjerjenje	159	500	3,144654

Nakon što su rezultati bili smješteni u tablici, za bolje dočaravanje trebalo ih je prikazati grafički tako da se prikažu u obliku točaka u koordinatnom sustavu i međusobno spoje. Ovaj postupak je ponovljen i za ostala mjerjenja.

Sljedeći parametar koji je bilo potrebno provjeriti je ovisnost točnosti aproksimacije o omjeru duljina štapića i širine razmaka između dvije linije. Ovisnost je provjerena za četiri različite vrijednosti omjera. Za svaku mjerjenje izvršeno je 500 bacanja.

	q(broj crta)	$l / [\text{cm}]$	$a / [\text{cm}]$	m	n	$\pi$ (po formuli)
1. mjerjenje	1	4,7	7	142	400	1,775034
2.mjerjenje	2	4,7	9,4	127	400	3,149606
3. mjerjenje	3	4,7	14,6	204	400	1,960784

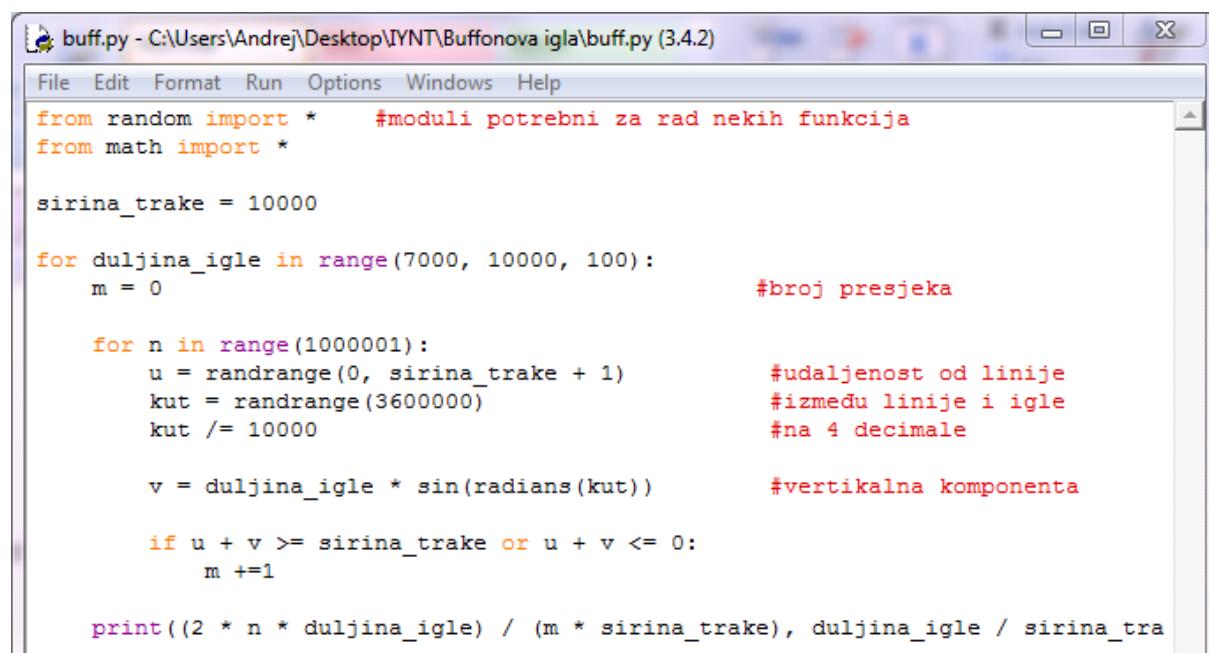


Grafovi su napravljeni u Microsoft Office Excelu 2007 i nagib grafa prikazuje vjerojatnost da će igla presjeći liniju prikazom broja presjeka i ukupnog broja bacanja.

## 6 Moj program

Kako bi prirodni utjecaji (kao što su vibracije, temperaturni utjecaj i općenito svi vanjski faktori koji bi mogli izmijeniti ishod eksperimenta) bili izbačeni, napisan je program programskim jezikom i interpreterom Python verzije 3.4.2. i njegovim grafičkim sučeljem GUI Idle. Jedan od osnovnih dijelova programa je naredba `randrange()` koja je sastavni dio modula random. Točnost rješenja ovisi o djelovanju te naredbe (o tome kako ona simulira nasumičnu generaciju brojeva jednake vjerojatnosti).

Programski kod:



```
buff.py - C:\Users\Andrej\Desktop\IYNT\Buffonova igla\buff.py (3.4.2)
File Edit Format Run Options Windows Help
from random import *      #moduli potrebni za rad nekih funkcija
from math import *

sirina_trake = 10000

for duljina_igle in range(7000, 10000, 100):
    m = 0                  #broj presjeka

    for n in range(1000001):
        u = randrange(0, sirina_trake + 1)          #udaljenost od linije
        kut = randrange(3600000)                      #između linije i igle
        kut /= 10000                                  #na 4 decimale

        v = duljina_igle * sin(radians(kut))        #vertikalna komponenta

        if u + v >= sirina_trake or u + v <= 0:
            m +=1

    print((2 * n * duljina_igle) / (m * sirina_trake), duljina_igle / sirina_trake)
```

Ispis:

The screenshot shows a Windows application window titled "Python 3.4.2 Shell". The menu bar includes File, Edit, Shell, Debug, Options, Windows, and Help. The main window displays the Python interpreter's welcome message and a series of floating-point numbers followed by their probabilities. The sequence starts with 3.1426281799468896 and ends with 3.1418447706532655. The probabilities range from 0.7 to 0.99.

```
Python 3.4.2 (v3.4.2:ab2c023a9432, Oct  6 2014, 22:16:31) [MSC v.1600 64 bit (AM  
D64)] on win32  
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.  
>>> ===== RESTART =====  
>>>  
3.1426281799468896 0.7  
3.142740159571525 0.71  
3.141505173666333 0.72  
3.135253998522565 0.73  
3.138818489337561 0.74  
3.1455311439038556 0.75  
3.1467503591849915 0.76  
3.145836057000915 0.77  
3.144622393339851 0.78  
3.139137293547086 0.79  
3.1434431704767816 0.8  
3.1427568185213137 0.81  
3.1457337903598606 0.82  
3.1409709384502147 0.83  
3.1417313557879853 0.84  
3.136178400585912 0.85  
3.13984925072609 0.86  
3.144318812242604 0.87  
3.1422567473714844 0.88  
3.1433546304439193 0.89  
3.1383215210398308 0.9  
3.1435080513531766 0.91  
3.1444337541292056 0.92  
3.144893352608486 0.93  
3.1484775101571896 0.94  
3.1425216255106596 0.95  
3.1410580457711053 0.96  
3.1429983231941936 0.97  
3.1414737037814686 0.98  
3.1418447706532655 0.99  
>>> |
```

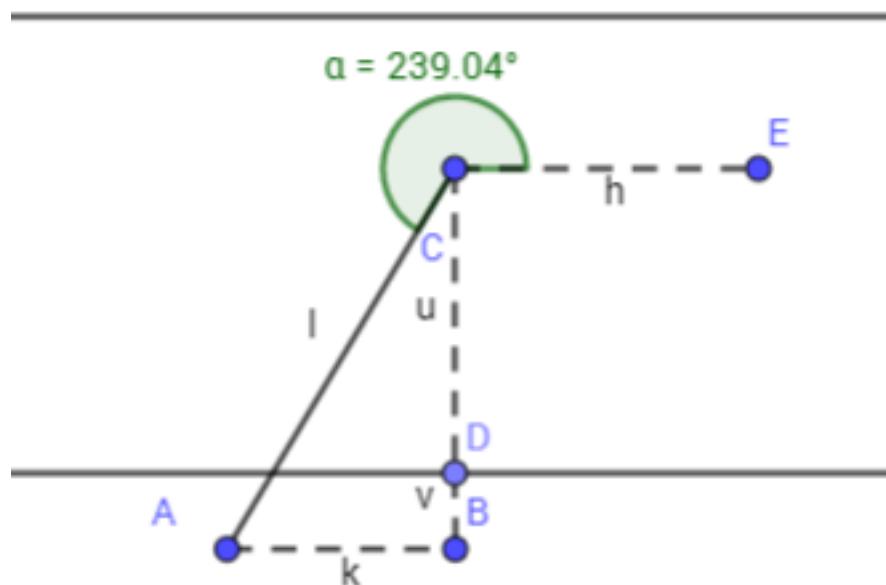
Objašnjenje programa:

Na početku programa umeću se funkcije koje ne postoje u izvornom obliku Pythona, a nalaze se u paketima koji se zovu moduli. Modul random potreban je za upotrebu funkcije randrange(), a modul math sadrži naredbu sin() koja računa sinus kuta i naredbu radians() koja preračunava iznos kuta u stupnjevima u radijane. Sinus kuta je omjer duljine nasuprotne stranice u pravokutnom trokutu i hipotenuze tog pravokutnog trokuta.

Nakon toga širina trake postavlja se na 10000 jedinica kako bi povećali vjerojatnost da igla ne padne na dva jednaka mjesta. Program ulazi u petlju koja simulira bacanja s različitim duljinama igle (od 7000 do 10000 je najbolja aproksimacija po ispisu) i postupno se povećava za 100

jedinica. Za svaku duljinu igla se baca 1000000 puta. Kao argument se piše broj za 1 veći od onog do kojeg naredba mora ići. Generira se nasumičan kut od  $0^\circ$  do  $359,9999^\circ$  i pomoću pravila za sinus kuta računa se duljina vertikalne komponente. Tada se provjerava presijeca li igla liniju i ukoliko je tvrdnja istinita, povećava se brojač m za 1, a u sljedećoj iteraciji postavlja se na 0. Ispisuju se aproksimacija broja  $\pi$  na 15 decimala i omjer za koji je taj rezultat postignut.

Program je napisan i za slučajeve u kojima je kut veći od  $180^\circ$ :



## 7 Zaključak

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da aproksimacija broja  $\pi$  ovisi o broju bacanja jer se približava broju za svakih 100 odrađenih bacanja. Osim toga, ovisi i o omjeru duljine igle i širine razmaka između linija. Najbolji rezultati dobiveni su za omjer od 0,5 tj. za duljinu igle koja je jednaka polovici širine razmaka između linija. Time je potvrđena prva hipoteza. Što se tiče druge hipoteze, istina je da se dosegne određena točka u kojoj je rezultat najbliži broju  $\pi$ , ali nakon toga rezultat ne raste već se ponovno smanjuje.

Buffonov pokus nije jedan od boljih načina utvrđivanja broja  $\pi$ . Postoji mnogo algoritama koji su precizniji i temeljitiji od njega, ali odlično je poznavati i druge.

## Literatura

- [1] <https://www.cut-the-knot.org/fta/Buffon/buffon9.shtml>
- [2] <https://somematicalmusings.wordpress.com/tag/buffons-needle>
- [3] <http://mathworld.wolfram.com/BuffonsNeedleProblem.html>
- [4] <https://www.mathsisfun.com/activity/buffons-needle.html>
- [5] [http://www.math.leidenuniv.nl/~hfinkeln/seminarium/stelling\\_van\\_Buffon.pdf](http://www.math.leidenuniv.nl/~hfinkeln/seminarium/stelling_van_Buffon.pdf)

Slike:

- [1] <https://somematicalmusings.files.wordpress.com/2016/02/buffon.png?w=620>
- [2] <https://www.geogebra.org/classic>

## **Problem 3. Iritirajući objekt u prvom planu**

**Autor: Erik Vukašinović**

**Mentor: prof. Ivana Kuzmić**

**7. razred, OŠ Špansko Oranice, Zagreb, Hrvatska**

### **1 Uvod**

#### **1.1. Povijest fotografije**

[5] Prva temeljna primitivno opisana pojava koja dovodi do koncepta fotografije je bila spomenuta negdje oko 350 godina prije Krista. Aristotel je opisao kako se pojavljuje slika na zidu u zamračenoj sobi, ako je na suprotnom zidu postojao mali otvor kroz koji je svjetlost propuštena.

Leonardo da Vinci je 1500. godine napravio prvi primitivni projektor nazvan *lat. camera obscura* (mračna komora) koja se temeljila na Aristotelovim zapažanjima.

U 16. stoljeću *cameri obscuri* je dodana konvergentna leća nazvana objektivom. Objektiv služi izoštravanju slike koja se projicira na mutno staklo.

Nicéphore Niépce je umjesto mutnoga stakla postavio materijal osjetljiv na svjetlost (fotoosjetljivi materijal) i tom zamjenom napravio je prvi primitivni fotoaparat 1816. godine, a 1826. godine napravio je prvu uspješnu fotografiju. Louis-Jacques-Mandé Daguerre je zamjenio stari fotoosjetljivi materijal za drugi koji brže reagira na svjetlost. Tvrтka Sony je 1981. godine napravila prvi digitalni fotoaparat. Nakon velikog uspjeha sa digitalnim fotoaparatima digitalna fotografija se počela razvijati i razvija se još i danas.

*Slika 1. Primjer DSLR fotoaparata*



#### **1.2. Leće**

Da bismo razumjeli problematiku određivanja udaljenosti predmeta do leće u fotografiji, prvo moramo razumjeti leće koje se nalaze u svim fotoaparatima. Optičke leće (u dalnjem tekstu skraćeno leće) su predmeti napravljeni u svrhu utjecanja na putanje zraka svjetlosti. Leće su najčešće napravljene od stakla ili plastike, a mogu biti napravljene od bilo kojeg čvrstog i prozirnog materijala.

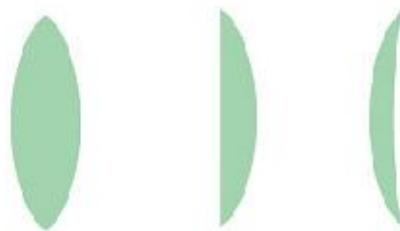
Postoje dvije vrste leće a to su konvergentna (sabirna) i divergentna (rastresena).

Konvergentne leće su uske na rubovima i najdeblje u sredini (*Slika 2.*). Takva struktura omogućava da se zrake svjetlosti lome pod većim kutem što su dalje od centra leće. [1] [2] [3] [4]

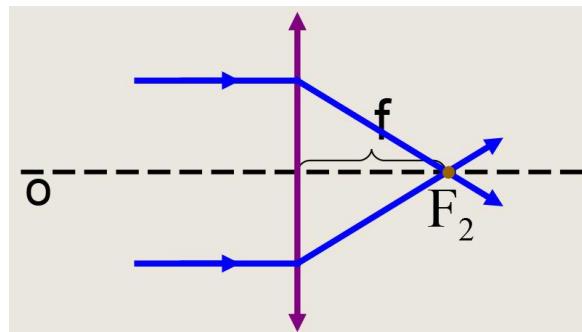
Optička os je zamišljeni pravac koji prolazi vodoravno kroz središte leće i koristimo ga za određivanje karakterističnih točaka leće. Svaka konvergentna leća na svojoj optičkoj osi ima točku F kojom označavamo žarište (fokus). Ako pustimo nekoliko svjetlosnih zraka paralelnih s optičkom osi kroz leću, one će se sabrati u točki F (*Slika 3.*). To svojstvo leće omogućava zbarajanje intenzitete svjetlosnih zraka u žarištu, što najjednostavnije možemo vidjeti prilikom paljenja papira pomoću povećala i Sunčevih zraka. Udaljenost od leće do njezinog žarišta označavamo malim slovom f i nazivamo je žarišna duljina. [1] [3] [4]

Divergentne leće su leće kojima su rubovi najdeblji dok im je centar najuži (*Slika 4.*) i imaju suprotan efekt od konvergentnih leća. Divergente leće lome svjetlost dalje od smjera optičke osi. Ako na divergentnu leću padne nekoliko zraka svjetlosti paralelnih sa optičkom osi one će se lomiti pod većim kutem što su dalje od centra leće. To znači da će promatrač vidjeti lažnu sliku zato što će izgledati kao da svjetlosne zrake izlaze iz žarišta, takvo žarište nazivamo virtualno žarište.

Jakost leće se određuje računanjem recipročne vrijednosti žarišne duljine leće i iskazuje se dioptrijom, jedinicom  $1/m$  (recipročnim metrima) jer je iznos žarišne duljine izražen u metrima. Konvergentne leće imaju pozitivnu optičku jakost, dok divergentne leće imaju negativnu optičku jakost.



*Slika 2. Konvergentne leće*



*Slika 3. Paralelni snop svjetlosti nakon prolaska kroz konvergentnu leću*



*Slika 4. Divergentne leće*

## 2 Teorijska razrada problema

### 2.1. Projekcije i slike svjetlosti kroz leće

[1] Virtualna slika predmeta je lažna sliku predmeta koju promatrač vidi ako pogleda kroz leću, a realna slika predmeta je njegova projekcija na suprotnoj strani leće.

Postoji način kojim ćemo moći predvidjeti kako će se ponašati zrake svjetlosti kada opisuju objekt kao virtualnu sliku i kao realnu sliku.

Da bi smo predvidjeli sliku predmeta kroz divergentnu/konvergentnu leću koristimo se crtežom. Na crtežu imamo označen položaj leće, optičku os, dva žarišta (na suprotnim stranama optičke osi) i dva središta zakrivljenosti (također na suprotnim stranama optičke osi). Centar zakrivljenosti je centar kružnice koja se siječe sa kružnicom na suprotnom centru zakrivljenosti, isječeni dio tih kružnica je divergente leća. Koristimo tri najvažnije simulirane svjetlosne zrake na vrhu našeg predmeta i prema poziciji vrha određujemo kako će izgledati ostatak predmeta. Prva zraka koju koristimo je zraka koja dolazi na leću paralelno s optičkom osi i lomi se kroz žarište. Druga je zraka ona koja prolazi kroz optičko središte leće i ona se ne lomi, već prolazi kroz leću bez promjene smjera. Treća zraka je ona koja prolazi kroz žarište i lomi se paralelno s optičkom osi.

Pozicije točaka žarišta leće F i točke zakrivljenosti C su jako važne za određivanje virtualne i realne slike predmeta. Ako je predmet iza središta zakrivljenosti leće, onda će slika predmeta biti realna, obrnuta i umanjena.

Ako je pak predmet ispred centra zakrivljenosti leće onda će slika predmeta biti realna, povećana i obrnuta.

Ako se predmet nalazi na točki F nećemo dobiti sliku.

Ako je predmet između leće i njezinog žarišta više nećemo dobiti realnu nego virtualnu sliku. Zrake se raspršuju iz područja u kojem su jako blizu zbog čega će slika biti povećana, ali isto tako i uspravna jer se radi o virtualnoj slici.

Ovim znanjem možemo odrediti udaljenost predmeta od fotoaparata, ne možemo odrediti točnu udaljenost, ali možemo odrediti redoslijed predmeta po udaljenosti od fotoaparata. Što je predmet bliže fotoaparatu biti će veći na slici, a što je dalje bit će manji. Predmet bliži fotoaparatu će prikriti dijelove drugih predmeta iza sebe, isto tako će imati veću svjetlosnu reflekciju ako je izvor svjetlosti iza fotoaparata.

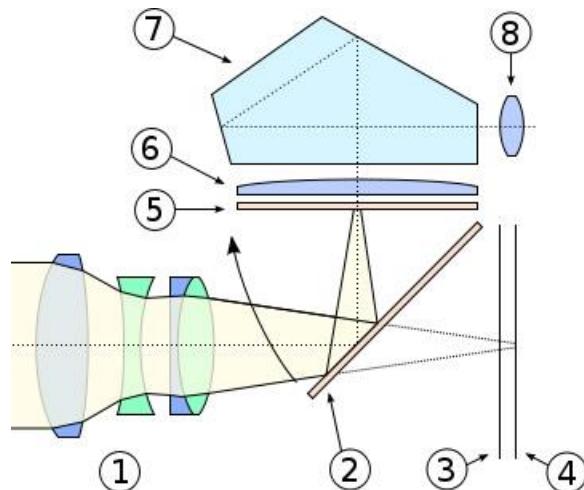
Ovo je prva metoda određivanja duljine predmeta od fotoaparata, tj. od njegovog objektiva.

## 2.2. Fotoaparati [4]

Fotoaparat je uređaj koji uzima snimku vizualne slike u obliku fotografija i digitalnih datoteka. Postoje dvije vrste fotoaparata, SLR i DSLR fotoaparati.

SLR je kratica za Single Lens Reflex (*hrv. zrcalni refleks*), a DSLR za Digital Single Lens Reflex (*hrv. digitalni zrcalni refleks*). Obje vrste imaju jedno zrcalo i jedan objektiv (leću).

SLR fotoaparati imaju objektiv koji služi kao ulazna leća iza koje se nalazi zrcalo pod kutem od 60 stupnjeva koje se podiže pri slikanju, iza kojeg se nalazi zatvarač koji se otvara samo na djelić sekunde i propusti svjetlost koja pada na fotoosjetljivi materijal na kojem se stvara slika. Iznad zrcala se nalazi autofocus koji regulira količinu svjetlosti koja prolazi kroz pentaprizmu. Zadatak pentaprizme je da sliku prenese do male leće okulara koja pokazuje kako će slika izgledati na fotoosjetljivom materijalu (*Slika 5. i Slika 6.*).



*Slika 5. Dijelovi SLR fotoaparata zaslužni za stvaranje slike*



*Slika 6. Presjek SLR fotoaparata*

[4] DSLR fotoaparati (*Slika 7.*) imaju objektiv kao zaseban dio koji se može odvojiti od fotoaparata, objektivi u DSLR fotoaparatima se zovu EL-Electro Focus (Električni Fokus)

objektivima. Takve vrste fokusa imaju ugrađene motore koji automatski pokreću staklene leće i izoštravaju sliku.

Objektiv se sastoji od više leća, pokretnih motora i blende. Blenda je napravljena od malih metalnih listića koji se otvaraju i zatvaraju pomoću malog pokretnog motora. Otvaranjem i zatvaranjem blende možemo efektivno izoštravati sliku. Ako je blenda otvorena ulaziti će puno svjetlosti, ali pod širim kutevima, a ako je blenda pritvorena svjetlost će ulaziti pod oštrijim kutem što sliku čini oštrijom. Tu žrtvujemo veličinu slike za oštrinu i obrnuto.

Postoje zoom objektivi koji mogu mijenjati svoju žarišnu daljinu, što je važno jer mijenjanjem žarišne duljine možemo mijenjati veličinu svih predmeta na slici što zovemo zumiranje (eng. zooming).

Rad fotoaparata: svjetlost ulazi kroz blendu i reflektira se o podizno zrcalo potom ulazi u pentaprizmu i reflektira se sa vršnog dijela pentaprizme na stranu zrcalnu kutu loma svjetlosti od koje se opet reflektira i ulazi u malu leću zvanom tražilo. Tražilo je otvor na fotoaparatu koji pokazuje fotografu u stvarnom vremenu kako će slika izgledati kada ju uslika. Kada fotograf klikne gumb za uslikavanje slike podizno ogledalo se podigne i dopusti svjetlosti da uđe i padne na fotoosjetljivi materijal (SLR fotoaparati) ili senzore svjetlosti (DSLR)

Za ovaj rad odlučio sam koristiti prisiljenu perspektivu u fotografiji zbog eksperimenta kojeg sam osmislio, iako postoje i drugi načini stvaranja optičke iluzije veličine u slikama.



*Slika 7. Presjek DSLR fotoaparata*

### 3 Eksperimentalni dio

#### 3.1. Eksperiment s lećama

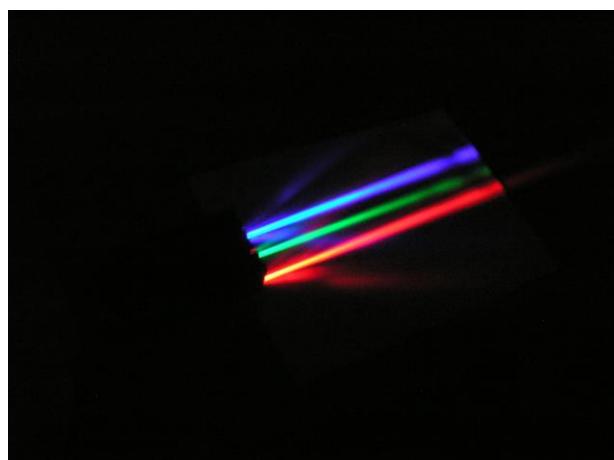
**Pribor:** crvena svjetiljka, zelena svjetiljka, plava svjetiljka, pravokutna prozirna plastična pločica, plastična konvergentna leća, plastična divergentna leća

**Opis:** Stavljamo 3 svjetiljke usporedno jednu do druge i ispred njih stavljamo pravokutnu prozirnu plastičnu pločicu te ih upalimo i to učinimo sa konvergentnom lećom i divergentnom lećom.

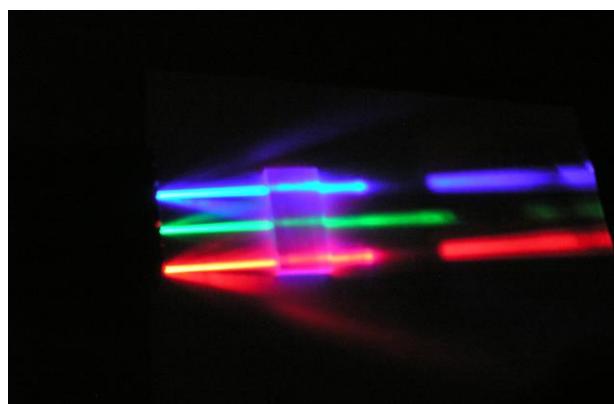
**Utjecajni parametri:** količina svjetlosti, zakrivljenost ulazne svjetlosne površine i izlazne svjetlosne površine

**Pretpostavka:** Svjetlost se neće lomiti prolazom kroz pravokutnu pločicu. Svjetlost će se lomiti kroz konvergentnu leću i zrake će se sabirati u žarištu. Svjetlost će se lomiti kroz divergentnu leću i raspršiti se.

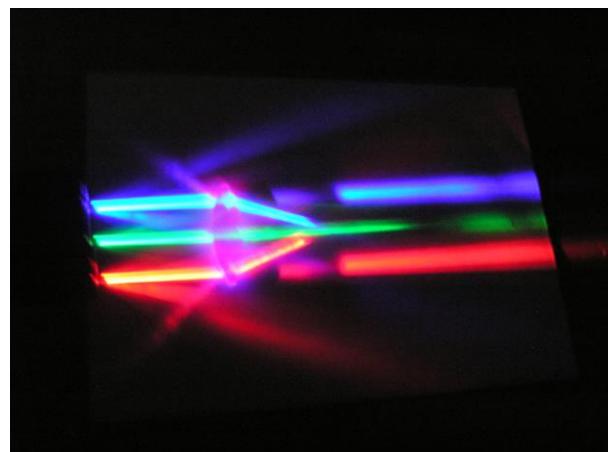
**Zaključak:** Divergentne leće raspršuju svjetlost, konvergentne je sakupljaju/sabiru, dok ravne prozirne površine ne utječu na smjer svjetlosti.



*Slika 8. Tri svjetiljke i njihova svjetlost bez utjecaja drugih predmeta*



*Slika 9. Svjetlost prolazi kroz pravokutnu pločicu*



*Slika 10. Svjetlost prolazi kroz konvergentnu leću*



*Slika 11. Svjetlost prolazi kroz divergentnu leću.*

### 3.2. Eksperiment udaljenosti

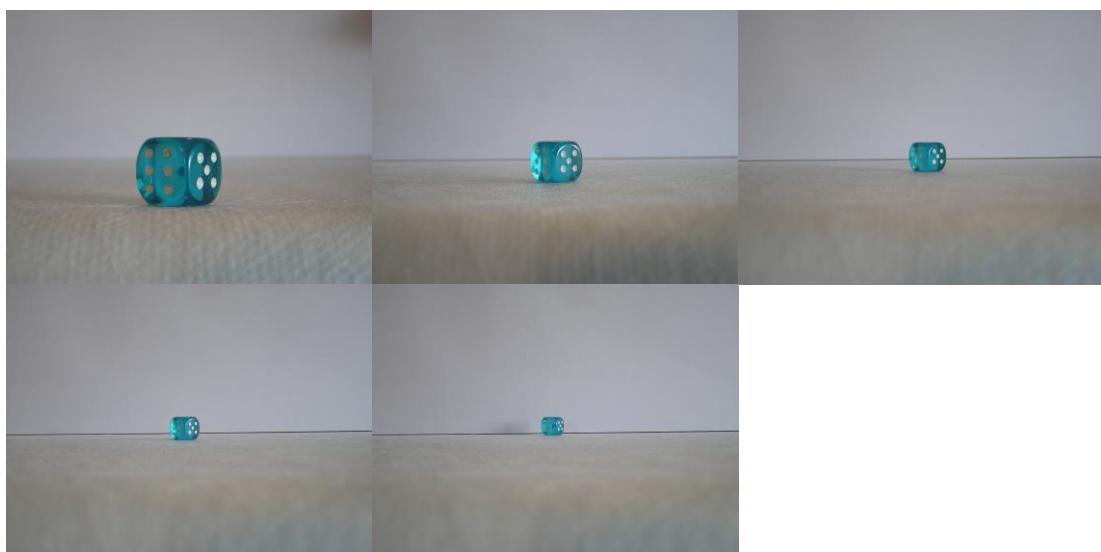
**Pribor:** plava plastična kocka (predmet)

**Opis:** Stavljamo predmet blizu objektiva fotoaparata i uslikamo ga, zatim ga udaljimo nekoliko centimetara i ponovno uslikamo. To učinimo nekoliko puta.

**Utjecajni parametri:** udaljenost predmeta od fotoaparata

**Pretpostavka:** Predmet će zauzimati veći dio slike ako je bliži objektivu, a manji dio slike ako je dalje od objektiva.

**Zaključak:** Predmet zauzima više mesta na slici što je bliže objektivu, a manje što je dalje od objektiva.



*Slika 12. Niz fotografija s predmetom koji se udaljava od objektiva*

### 3.3. Eksperiment zakrivanja

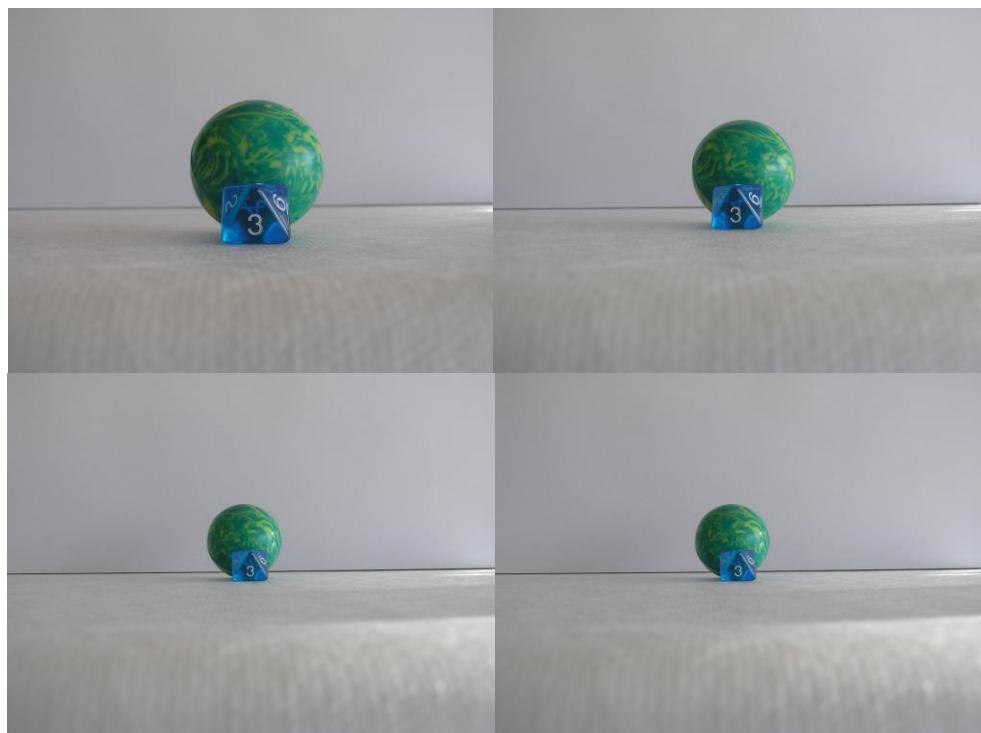
**Pribor:** plavi plastični dijamant (bliži predmet), zelena gumena loptica (zaklonjeni predmet)

**Opis:** Stavljamo jedan predmet bliže objektivu, a drugi predmet stavljamo iza prvog predmeta i uslikamo sliku.

**Utjecajni parametri:** udaljenosti predmeta od fotoaparata, veličina predmeta, odnos pozicije dvaju predmeta

**Pretpostavka:** Predmet iza bližeg predmeta će biti djelomično zaklonjen.

**Zaključak:** Predmeti zaklanjaju predmete iza sebe na slici.



*Slika 13. Niz fotografija koji prikazuje djelomično zakrivanje predmeta proporcionalno s udaljavanjem od objektiva.*

### 3.4. Eksperiment kršenja intuitivne prosudbe relativnih udaljenosti

**Pribor:** tamno zelena gumeni loptica (veći predmet), svjetlo zelena plastična loptica (manji predmet)

**Opis:** Stavljamo manji predmet blizu objektiva, veći pokraj manjeg i onda ga udaljujemo od objektiva.

**Utjecajni Parametri:** Udaljenost predmeta od fotoaparata, točka oštrine fotoaparata, varijacija u količini svjetlosti

**Pretpostavka:** Mali predmet će biti veći od većeg predmeta što ga više udaljavamo od objektiva.

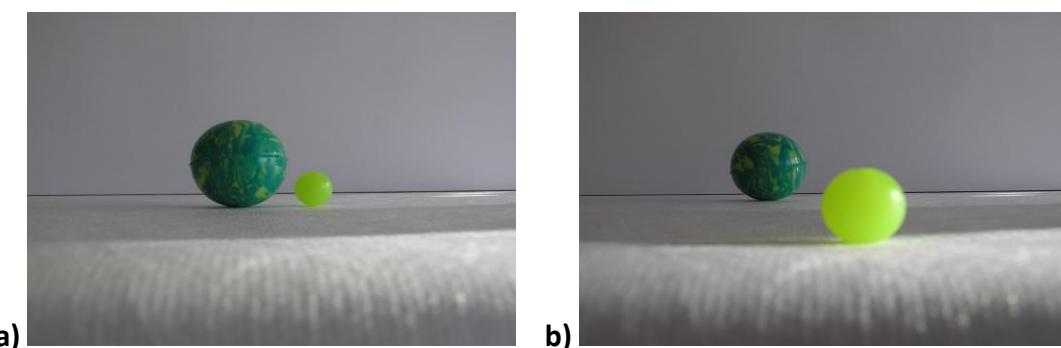
**Zaključak:** Veći predmeti mogu izgledati manji na fotografiji ovisno o udaljenosti od objektiva.

Najbolji primjer toga je kada možemo fotografirati čovjeka kako se oslanja na građevinu.



Slika 14. Ilustracija [7]

Međutim, postoji problem sa ovom iluzijom. Ako je površina na kojoj se nalaze predmeti ravna onda će udaljeni predmeti biti na prividno povišenom dijelu slike. Zbog toga ako želimo dobiti dobru iluziju moramo imati neravnu površinu ili staviti manji predmet blizu objektiva na način da mu se ne vidi vrh ili ga na neki drugi način poravnati sa visinom drugog objekta.



Slika 15. a) Predmeti koje koristimo poravnani za stvarnu veličinu; b) Manji predmet izgleda veće

### 3.5. Drugi eksperiment kršenja intuitivne prosudbe relativnih udaljenosti

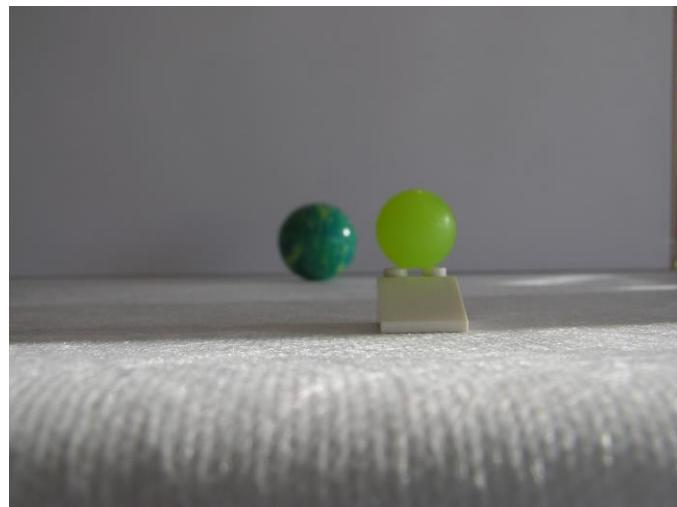
**Pribor:** tamno zelena gumeni optica (veći predmet), svjetlo zelena plastična optica (manji predmet), bijeli plastični lego komad (bijeli predmet)

**Opis:** Stavljamo manji predmet blizu objektiva ispod kojeg se nalazi bijeli predmet koji ga drži, veliki predmet stavljamo dalje od objektiva i poravnamo mali i veliki predmet da su približno na istoj visini na slici.

**Utjecajni parametri:** točka oštrine, količina svjetlosti, udaljenosti predmeta od fotoaparata, visina bijelog predmeta

**Pretpostavka:** Manji predmet će izgledati kao da ima istu veličinu kao i veći.

**Zaključak:** lako je pozadina bila bijela i manji predmet je bio poravnat sa većim, bijeli predmet se video na slici i uništio iluziju, što znači da metoda sakrivanja vrha manjeg predmeta bi bila najlaganija i efektivnija.



*Slika 16. Manji predmet postavljen na bijelom predmetu  
poravnat sa visinom većeg predmeta*

### 3.6. Eksperiment kršenja intuitivne prosudbe relativnih udaljenosti pomoću oštine

**Pribor:** manji uteg, veći uteg

**Opis:** Stavljamo veći uteg paralelno pokraj manjeg utega sa razmakom između njih od 3 cm, na fotoaparatu postavimo točku fokusa na veći uteg na način da mali uteg postane mutan.

**Utjecajni parametri:** točka oštine, udaljenost između dva predmeta, udaljenost predmeta od fotoaparata

**Pretpostavka:** Manji uteg će gubitkom fokusa postati jednak ili veći u odnosu na veći uteg.

**Zaključak:** Gubitkom fokusa gubimo stvarnu veličinu predmeta na slici.



*Slika 17. Mutan manji uteg koji izgleda jednak većem izoštrenom utegu*

### 3.7. Eksperiment apsolutnog i relativnog mjerena

**Pribor:** ravnalo, milimetarski papir, narančasti valjak, bijeli valjak, crvena kutijica, crveni valjak, plava kocka

#### Opis:

Stavljamo milimetarski papir na površinu i na njemu označimo i zapišemo udaljenost od objektiva u centimetrima. Zatim postavljamo valjke, kutijicu i kocku jedno pokraj drugoga paralelno na dužinu koja označuje udaljenost od 30 cm te pokraj njih držimo ravnalo i uslikamo sliku. Potom predmete pomaknemo 5 cm bliže fotoaparatu i opet uslikamo sliku. Nakon toga postavimo sve predmete na dužine koje kao duljinu imaju označen višekratnik broja 5.

Postavili smo crveni valjak na 35 cm, bijeli valjak na 30 cm, plavu kocku na 25 cm, narančasti valjak na 20 cm i crvenu kutijicu na 15 cm daleko od fotoaparata.

Pogledamo na ravnalo u prvoj slici i izbrojimo koliko piksela ima 1 cm, pa pogledamo ravnalo na drugoj slici i izbrojimo koliko piksela ima 1 cm i izračunamo razliku broja piksela 1 cm na prvoj slici i na drugoj slici.

Dobili smo razliku brojčane vrijednosti piksela na uzastopnim udaljenostima od po 5 cm. Da bismo dobili konstantu, tj. jediničnu razliku, podjelimo navedenu vrijednost sa brojem 5. Ako udaljimo neki predmet za 5 cm na slici od njega 5 puta oduzmemos konstantu vrijednosti piksela, a ako približavamo predmet onda zbrajamos konstantu 5 puta sa trenutačnom vrijednošću.

Sada možemo izračunati visinu svih predmeta na slici.

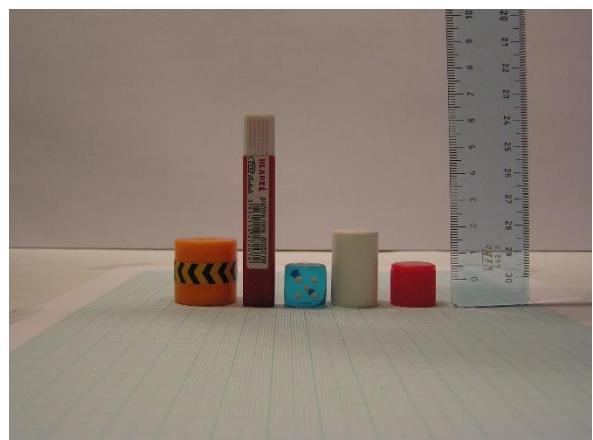
**Utjecajni Parametri:** točka oštine, mogućnost greške u prebrojavanju piksela,

**Prepostavka:** Izračunati ćemo visinu svih predmeta na slici ali će vjerojatno postojati manja odstupanja u rezultatu zbog nesavršenosti uvjeta u kojima je eksperiment izведен.

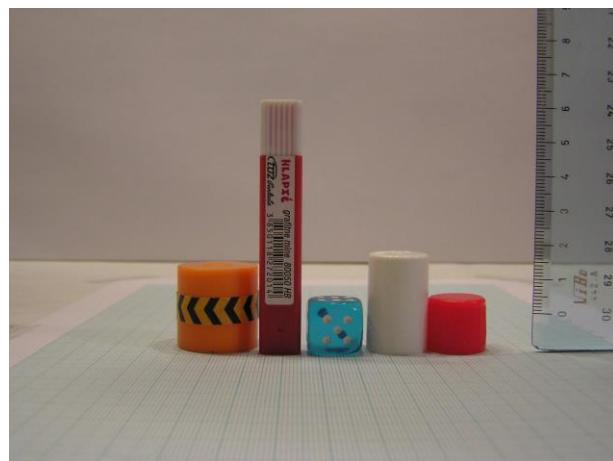
**Zaključak:** Izračunali smo konstantu i vrijednost joj je 5.6. Za potvrdu prepostavke napravimo tablicu sa veličinama predmeta u pikselima te izračunamo njihovu stvarnu veličinu:

predmet	račun	izračunata veličina
crveni valjak	$124 \text{ px} : (35 \text{ cm} * 5.6)$ (+1 cm, ispravak)	1.5 cm
bijeli valjak	$261 \text{ px} : (30 \text{ cm} * 5.6)$ (+1 cm, ispravak)	2.6 cm
plava kocka	$175 \text{ px} : (25 \text{ cm} * 5.6)$	1.3 cm
narančasti valjak	$314 \text{ px} : (20 \text{ cm} * 5.6)$	2.8 cm
crvena kutijica	$1267 \text{ px} : (15 \text{ cm} * 5.6)$ (- 8 cm ispravak)	7.1 cm

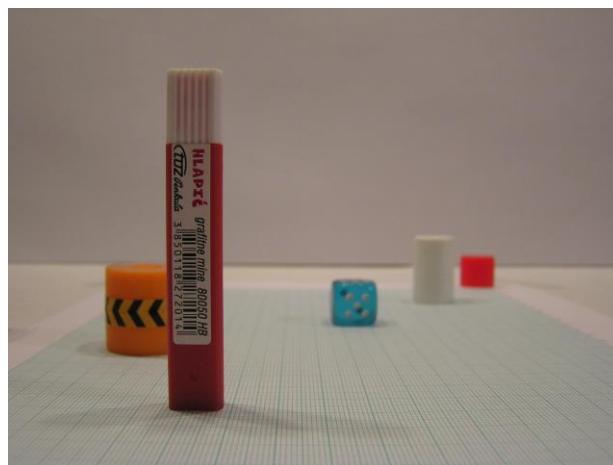
Postoje manja odstupanja u rezultatu kao što je i predviđeno zbog fokusa i drugih utjecaja na rezultate mjerena.



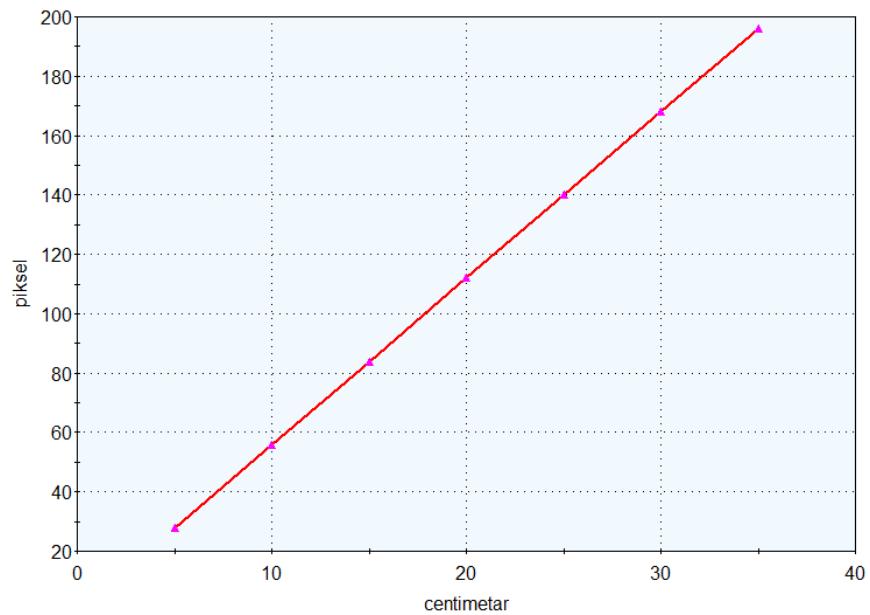
Slika 18. Svi objekti postavljeni paralelno na dubinu 30 cm



Slika 19. Svi predmeti postavljeni paralelno na dubinu 25 cm



Slika 20. Predmeti postavljeni na drugačije udaljenosti od fotoaparata



**Slika 21.** Ovaj graf prikazuje kako bi se, u idealnom slučaju, konstanta dubine trebala ponašati za vrijednost jednog piksela na svakih 5 cm dubine.

1. točka- 28 px = 1 cm visine na 5 cm dubine
2. točka- 56 px = 1 cm visine na 10 cm dubine
3. točka- 84 px = 1 cm visine na 15 cm dubine
4. točka- 112 px = 1 cm visine na 20 cm dubine
5. točka – 140 px = 1 cm visine na 25 cm dubine
6. točka – 168 px = 1 cm visine na 30 cm dubine
7. točka – 196 px = 1 cm visine na 35 cm dubine

## **4 Zaključak**

U prvom eksperimentu smo zaključili da se svjetlost koja prolazi kroz konvergentne leće sakuplja u žarištu, svjetlost koja prolazi kroz divergentne se raspršuje i svjetlost koje prolazi kroz nezakrivljeni prozirni materijal se ne lomi.

U drugom smo eksperimentu zaključili da se udaljavanjem predmeta od fotoaparata isti će predmet biti manji na slici i imati veći položaj na slici.

U trećem smo eksperimentu zaključili da predmeti zakrivaju druge predmete iza sebe.

U četvrtom smo eksperimentu pokušali kršiti intuitivnu prosudbu relativnih udaljenosti ali je površina na kojoj predmeti stoje odala iluziju, tako smo zaključili da trebamo povisiti predmet koji stvara iluziju.

U petom smo eksperimentu zaključili da podešavanjem udaljenosti predmeta od fotoaparata i podešavanja visine predmeta na slici možemo stvoriti optičku varku veličine predmeta i daljine predmeta od kamere.

U šestom smo eksperimentu zaključili da gubljenjem oštine predmet postaje veći.

U sedmom smo eksperimentu zaključili da poznavanjem udaljenosti predmeta od fotoaparata i broja piksela u 5 cm na toj udaljenosti možemo izračunati stvarnu veličinu predmeta na slici.

Sa svime što smo proučili i učinili možemo zaključiti da predmeti na slici će se smanjivati ili povećavati i pomicati prema višem dijelu slike proporcionalno sa udaljavanjem od fotoaparata, gubljenjem oštine gubimo predviđenu veličinu predmeta i možemo izračunati stvarnu visinu predmeta na slici ako znamo konstantu px/cm, udaljenost predmeta od fotoaparata i visinu predmeta u pikselima .

## **5 Zahvale**

Srdačno se zahvaljujem svojoj mentorici prof. fizike Ivani Kuzmić na poticajnim savjetima i pozitivnom usmjeravanju kako bi ovaj rad uspješno "ugledao svjetlo dana".

## **Literatura**

- [1] Vladimir Paar, Tanja Ćulibrk, Sanja Martinko: FIZIKA OKO NAS 8, udžbenik fizike u osmom razredu osnovne škole, Školska knjiga, Zagreb, 2014
- [2] Nada Brković, Planinka Pećina: Fizika u 24 lekcije, priručnik za pripremu državne mature, Element, Zagreb, 2013
- [3] [http://eprints.grf.unizg.hr/1546/1/DB288\\_Antolovic Andrej.pdf](http://eprints.grf.unizg.hr/1546/1/DB288_AntolovicAndrej.pdf)
- [4] [http://davorzerjav.from.hr/wp-content/uploads/2015/10/osnove\\_fotografije\\_davor\\_zerjav.pdf](http://davorzerjav.from.hr/wp-content/uploads/2015/10/osnove_fotografije_davor_zerjav.pdf)
- [5] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=20254>
- [6] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotografija>
- [7] <https://demu.gr/10026260908#post11> – Izvor ilustracije (*Slika 14.*) za eksperiment 3.4., autor nepoznat



ZAHVALE



## ZAHVALE RECENZENTIMA

Prije svega zahvaljujemo se svim recenzentima koji su dobrovoljno i to u kratkom roku pregledali, ocijenili te ponekad i veoma detaljnim uputama i savjetima dali ideje kako unaprijediti rad.

Recenzenti ove godine za probleme iz područja biologije i kemije su bili (abecednim redoslijedom):

Tomislav Barberić

Iva Buljan

Karla Carević

Nina Čorak

Domagoj Gajski

Tomislav Gojak

Josip Golomejić

Zoe Jelić Matošević

Jovana Katrinka

Željko Rađenović

Jelena Simić

Magdalena Valenta

Recenzenti iz područja fizike, matematike i tehničke su bili (abecednim redoslijedom):

Dominik Barbarić

Barbara Keran

Tomislav Lokotar

Petar Marković

Toni Marković

Danko Marušić

Daria Matković

Una Pale

Vasilije Perović

Goran Popović

Domagoj Tomić

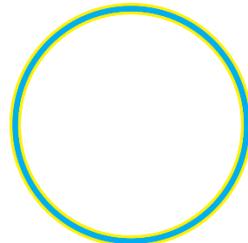
Dunja Vesinger

Leonard Volarić Horvat

# ZAHVALE SPONZORIMA I DONATORIMA

## DONACIJE U PROIZVODIMA

Donacijama u proizvodima ove godine Turnir su podržali (abecednim redom): Davor Škrlec, zastupnik u Europskom parlamentu, naklada Jesenski i Turk, VBZ knjižara.



**DAVOR ŠKRLEC**  
Zastupnik u Europskom parlamentu



**Jesenski i Turk**



**v|b|z**

## NOVČANE DONACIJE

Novčano su nas podržali mnogi te bez njih odlazak hrvatske ekipa na međunarodno natjecanje u Gruziji u Tbilisi ne bi bilo izvedivo. Iz toga razloga beskrajno smo im zahvalni.

Donatori koji su novčano potpomogli odlazak hrvatske ekipe na IYNT 2018. u Tbilisi, Gruziju su (abecednim redom): Comping d.o.o., Fakultet elektrotehnike i računarstva, Gimnazija Karlovac, Grad Slatina, Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Općina Ivankovo, Virovitičko-podravska županija, XV. gimnazija.



MINISTARSTVO ZNANOSTI  
I OBRAZOVANJA  
REPUBLIKE HRVATSKE



Grad  
Slatina

**comping-**  
LET IT BE PERFECT





# ISTRAŽIVAČKI CENTAR MLADIH

