

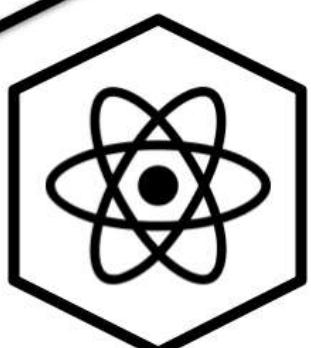


ZBORNIK RADOVA

DRŽAVNOG TURNIRA

MLADIH  
PRIRODOSLOVACA

2019.



**Voditelji Hrvatskog tima**

Zoe Jelić Matošević, Domagoj Pluščec

**Donatori i sponzori**



MINISTARSTVO ZNANOSTI  
I OBRAZOVANJA  
REPUBLIKE HRVATSKE



OPĆINA  
DONJI KRALJEVEC



ŠK Školska knjiga

ELEMENT

LJEVAK

Zagreb  
HRVATSKA

Studio  
antikvarijat-knjigara

DAVOR ŠKRLEC  
Zastupnik u Europskom parlamentu

**Slike**

sudionici Državnog turnira mladih prirodoslovaca 2019. i IYNT 2019.

**Zbornik izradili**

Dora Špoler, Elena Lukačević i Domagoj Pluščec

**Lipanj 2021., Zagreb**

# SADRŽAJ

<b>O TURNIRU.....</b>	<b>3</b>
Međunarodni turnir mladih prirodoslovaca .....	4
Hrvatski turnir mladih prirodoslovaca .....	6
<b>TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA 2019 .....</b>	<b>9</b>
Problemi za IYNT 2019 .....	10
Izjave članova tima o iskustvu s međunarodnog turnira mladih prirodoslovaca 2019. ....	13
<b>RADOVI POZVANI NA DRŽAVNI TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA 2019 .....</b>	<b>15</b>
Popis učenika i mentora pozvanih na državno natjecanje.....	16
Problem 12. Mjesec – Borna Cesarec .....	17
Problem 4. Suncokretove spirale – Marija Čok .....	33
Problem 8. Mirisi – Marko Drozdek .....	44
Problem 16. Izumi sam: Kratkotrajno pamćenje – Marita Machata .....	51
Problem 10. Elastične kosti – Matej Miklin .....	62
Problem 14. Izumi sam: Pokreti oka – Rea Pešušić .....	73
Problem 6. Zvučna izolacija – Ozren Pevec .....	85
Problem 3. Slana tla – Patricija Plantak .....	99
Problem 6. Zvučna izolacija – Roko Šestak.....	109
Problem 16. Izumi sam: Kratkotrajno pamćenje – Dora Špoler.....	122
Problem 2. Planine – Andrej Todić.....	141
Problem 3. Slana tla – Magdalena Žokalj .....	160
<b>ZAHVALE .....</b>	<b>185</b>
Zahvale recenzentima .....	186
Zahvale sponzorima i donatorima.....	187

that are being counted

# O TURNIRU



## MEDUNARODNI 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 još uvijek vođeni znatiteljom 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“.

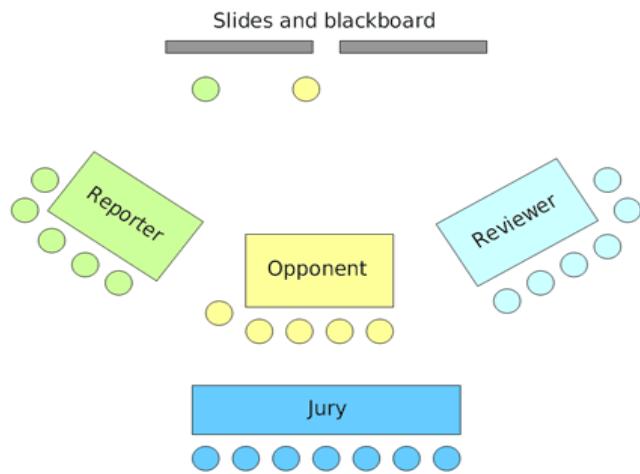
IYNT problem nitko ne može riješiti unutar nekoliko sati ili unutar jednog dana, što ga čini potpuno drugačijim od ispita, svih ostalih natjecanja u rješavanju zadatka, ali i olimpijada. Problemi zahtijevaju upornost, eksperimentiranje, kritičko razmišljanje, učenje, pretraživanje literature, samostalno 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 riješiti 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 od „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. Osporavatelj izaziva tim koji izlaže sa određenim problemom. Tim koji izlaže prezentira svoje rješenje odabranog problema unutar 8 min. Osporavajući 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 natjecanja 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 seminarskog 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 reczenzata i svakom se učeniku pribraja prosjek ocjena svih reczenzata.

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 seminarskih 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 2019. se održao u Minsku, glavnom gradu Bjelorusije, od 18. do 24. kolovoza 2019. 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, <http://icm.hr/>). 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 2019.



# PROBLEMI ZA IYNT 2019.

*Na području promatranja,  
slučaj je naklonjen samo pripravnome umu.*

Pasteur

## **1. 2D pjena**

Sapunica formirana između dvije staklene plohe izgleda kao mreža poligona. Takva se sapunica mijenja u vremenu, kako se pojedini mjehurići kreću i sjedinjuju, a tekućina cijedi. Istražite strukturu i evoluciju 2D pjena.

## **2. Planine**

Koje su najviše planine u Sunčevom sustavu? Predložite i analizirajte teorijske modele koji omogućuju predviđanje najvećih visina planina na različitim nebeskim tijelima.

## **3. Slana tla**

Slanost tla može utjecati na rast biljaka. Kako soli utječu na rast i razvoj biljaka?

## **4. Suncokretove spirale**

Uzorci koje čine sjemenja u glavi suncokreta imaju vrlo specifičnu geometrijsku strukturu. Kako se takva struktura može opisati i objasniti? Koje druge biljke imaju slične geometrijske uzorke u svojim listovima ili sjemenjima?

## **5. Potraga za olujom**

Uzmite dvije posude s vodom i žlicom miješajte vodu, u jednoj posudi u smjeru kazaljke na satu te suprotno od kazaljke na satu u drugoj. Promatrajte posude nakon dovoljno dugog vremena za kojeg se tok vode umirio. Može li se odrediti prvotni smjer gibanja vode nakon jednog sata? Jednog dana? Jednog tjedna?

## **6. Zvučna izolacija**

Ponekad je nužno smanjiti neželjenu buku u zatvorenu prostoru. Ispitajte različite načine za zvučno izoliranje svoje sobe.

## **7. Goruće staklo**

Predložite i ispitajte različite metode za paljenje vatre pomoću povećala.

## **8. Mirisi**

Mirisi se prenose zrakom, no ljudskom je njuhu potrebno neko vrijeme da ih opazi. Proučite različite aspekte difuzije mirisa i osjeta mirisa kod ljudi.

## **9. Nestajanje na sunčevom svjetlu**

Tiskane stranice izbljeđuju na izravnom sunčevom svjetlu, osobito ako je korištena određena vrsta tinte i papira. Predložite kvantitativne parametre za proučavanje produljene izloženosti tinte i papira sunčevoj svjetlosti.

## **10. Elastične kosti**

Pileće kosti, ostavljene nekoliko dana u kiselim uvjetima, postaju elastične. Izvedite takav pokus u kontroliranim uvjetima i istražite koji gradivni elementi kostiju pridonose njihovim mehaničkim svojstvima.

## **11. Kvasac**

Istražite brzinu množenja kvasaca na različitim temperaturama.

## **12. Mjesec**

Prividna veličina Mjeseca ovisi o više čimbenika. Istražite te čimbenike i njihovu ulogu.

## ***Izumi sam problemi***

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

## **13. Izumi sam: Pečenje kruha**

Različite vrste kruha dobivaju se promjenom metoda pečenja, omjera sastojaka i vrste brašna. Predložite eksperimentalno i teorijsko istraživanje o načinu pečenja jedne ili više vrsta kruha.

## **14. Izumi sam: Pokreti oka**

Kad ljudsko oko dobije vizualne podražaje, koji dolaze od promatranja neke scene, čitanja ili praćenja objekta u kretnji, nađe se u stalnom gibanju, bilo namjernom, bilo nehotičnom. Korištenjem podataka o kretanju oka odaberite i istražite zanimljiv psihološki efekt o percepciji slika i kretanja kod ljudi ili životinja.

## **15. Izumi sam: Fraktali**

Predložite zanimljivo eksperimentalno i teorijsko istraživanje vezano uz fraktalnu geometriju.

**16. Izumi sam: Kratkotrajno pamćenje**

Koliki je kapacitet i trajanje kratkotrajnog pamćenja kod ljudi? Predložite eksperimentalno istraživanje kojim bi se ocijenili kratkotrajno pamćenje i faktore koji bi mogli imati značajan utjecaj.

**17. Izumi sam: Atmosferski elektricitet**

Električno polje prisutno je u atmosferi čak i za dobrog vremena. Pronađite zanimljiv problem vezan uz atmosferski elektricitet.

Probleme su napisali Dzmitry Karpiečanka, Alena Kastenka, Tatyana Korneeva, Ilya Martchenko i Evgeny Yunosov. Odabrali, pripremili i uredili Ilya Martchenko i Evgeny Yunosov. Na hrvatski jezik preveo Dominik Barbarić (Istraživački centar mladih). Ovaj službeni skup problema za 7. IYNT 2019 odobrilo je Vijeće IYNT-a te se može koristiti samo na događajima koje podupire Vijeće IYNT-a.

Izdano u Tbilisiju 11. srpnja 2018. Prevedeno na hrvatski 22. srpnja 2018.

# IZJAVE ČLANOVA TIMA O ISKUSTVU S MEĐUNARODNOG TURNIRA MLADIH PRIRODOSLOVACA 2019.

## Dora Špoler

*IYNT je u svakom pogledu bio izazov svima nama. Većina nas se po prvi put upustila u izradu istraživačkih radova, a uz samu izradu svog rada morali smo i procjenjivati i izazvati tuđe. Nije uvijek bilo lako, no definitivno mogu reći da se sve isplatilo. Nakon svih napornih sati rada na grafovima, teoriji, rezultatima i uvježbavanju govornih vještina naš trud je urođio uspjehom. Sam put u Bjelorusiju meni je bila dovoljna nagrada. Upoznavanje novih ljudi i kulture te stjecanje dugoročnih prijateljstava s ostatkom tima. U cijelom ovom iskustvu razvila sam mnoge vještine poput prezentiranja, planiranja i provođenja znanstvenog rada, obrade podataka, komunikacija na engleskom jeziku te svakako timski rad. Sva ova iskustva pomoći će mi u dalnjem školovanju i profesiji, a sjećanje na Bjelorusiju će mi zauvijek ostati kao jedan od najljepših tjedana.*

## Marko Drozdek

*Sudjelovanje na IYNT-u nije mi samo pomoglo u znanstvenom pogledu na svijet oko sebe, već mi je i donijelo mnoga neprocjenjiva prijateljstva. Tijekom dvije godine sudjelovanja upoznao sam i družio se s izvrsnim ljudima iz cijele Hrvatske. Pripreme, turniri, putovanje... Siguran sam da će mi sve to još dugo godina ostati u sjećanju.*

## Magdalena Žokalj

*Sudjelovanje na IYNT-u bilo je divno te vrlo poučno iskustvo. Naučila sam mnogo o znanstvenoj metodi, proširila svoje znanje o područjima koja me zanimaju te se zainteresirala za područja koja su mi prije bila manje privlačna. Shvatila sam koliko rad na znanstvenom projektu može biti frustrirajući, ali opet predavan ukoliko radiš nešto što zaista voliš te koliko se u par mjeseci emocionalno povežeš s temom svoga istraživanja, bilo pozitivno ili negativno. Kao najbitnije što sam naučila pripremajući se za ovo natjecanje izdvojila bih ustrajnost i strpljivost, vještine korisne u bilo kojem aspektu života, a osobitu u bavljenju znanstvenim radom, pogotovo tada kada se čini da je sve krenulo krivim putem. Posjet Minsku je bio jedno unikatno iskustvo jer nisam sigurna bih li se ikad usudila samostalno turistički posjetiti tako zatvorenu zemlju s nedorečenom političkom situacijom kao što je Bjelorusija. Na samom natjecanju imala sam priliku vidjeti primjere dobrih, ali i loših istraživačkih radova te iz njih puno naučiti za buduće vlastite radove. Najljepša komponenta sudjelovanja u ovom natjecanju mi je ipak bilo upoznavanje vršnjaka sličnih interesa te sklapanje lijepih prijateljstava. IYNT bih preporučila svim učenicima koje interesira prirodoslovje te su voljni žrtvovati brojne sate slobodnog vremena i živce za bavljenje znanstvenim radom. Mogu garantirati da se isplati svaka suza i kap znoja : ). I nakon sudjelovanja na natjecanju nastavila sam se baviti istraživačkim projektima te su mi iskustva stečena na natjecanju bila vrlo korisna i bavljenje istraživačkim radom iz prirodoslovnog područja mogu vidjeti kao svoju buduću profesiju.*

### **Rea Pešušić**

*International Young Naturalists' Tournament bio je jedno od najpamtljivijih iskustava u mom životu. Nakon mjeseci pripremanja, provođenja eksperimenata i istraživanja, sve je urodilo plodom kada smo osvojili zlato. A ipak, meni najdragocjeniji trenuci bili su oni mali, intimni. Kada mi je djevojka iz jednog od ruskih timova poželjela sreću prije finala i našalila se da se mi Slaveni moramo držati skupa. Kada smo se svi zezali pripremajući prezentacije i vježbajući. Kada smo u dva i pol ujutro igrali Uno s bugarskim timom na podu aerodroma čekajući naš let. Trenutci kada nismo bili predstavnici svojih država u stranoj zemlji, već djeca koja su se spajala i radovala unatoč svim kulturnim razlikama.*

# RADOVI POZVANIH UČENIKA NA DRŽAVNI TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA 209



# POPIS UČENIKA I MENTORA POZVANIH NA DRŽAVNO NATJECANJE

Učenik	Problem	Mentor	Škola
Borna Cesarec	12. Moon	Valentina Lež-Trgovec	SŠ Krapina
Matej Čok	4. Sunflower spirals	Marija Čok	Prva gimnazija Varaždin
Marko Drozdek	8. Smells	Mateja Šustić, Nevena Matijašić	OŠ Gornja Vežica
Marita Machata	16. Invent Yourself: Short-term memory	Mirna Kerestes	OŠ Tina Ujevića
Matej Miklin	10. Elastic bones	Leo Kranjec	OŠ Ljudevita Modeca
Rea Pešušić	14. Invent Yourself: Eye movements	Karlo Horvatin	Prirodoslovna škola Vladimira Preloga
Ozren Pevec	6. Soundproofing	Karmen Holenda	6. Osnovna škola Varaždin
Patricia Plantak	3. Salty soils	Zdenka Ribić Dugandžić	Graditeljska, prirodoslovna i rudarska škola
Roko Šestak	6. Soundproofing	Damir Kliček	Elektrostrojarska škola Varaždin
Dora Špoler	16. Invent Yourself: Short-term memory	Magdalena Srdarević	Gimnazija Požega
Andrej Todić	2. Mountains	Ivan Popčević	Gimnazija Pula
Magdalena Žokalj	3. Salty soils	Lara Kralj	Gimnazija Josipa Slavenskog Čakovec

## **Problem 12. MJESEC**

**Autor: Borna Cesarec**

**Mentor: Valentina Lež-Trgovec**

**1. razred, Srednja škola Krapina, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Odabrao sam problem „12. Mjesec: Prividna veličina Mjeseca ovisi o više čimbenika. Istražite te čimbenike i njihovu ulogu.“ Stoljećima ljudi promatraju Mjesec i pitaju se zašto se ponekad Mjesec čini većim ili manjim. Ovim radom istražit ću šest čimbenika koji utječu na prividnu veličinu Mjeseca. Objasnit ću utjecaj atmosfere, atmosferskih prilika, oblika Mjesečeve orbite, geografskog položaja, nadmorske visine i ljudske percepcije veličine na prividnu veličinu Mjeseca.

### **2 Teorijska razrada problema**

#### **2.1 Utjecaj atmosfere na prividnu veličinu Mjeseca**

Prilikom izlaska ili zalaska Mjeseca refrakcija je više izražena na nižim krajevima Mjeseca, disk Mjeseca poprima ovalnu formu tj. prividno se izobličuje oblik, a samim tim i prividna veličina. Do refrakcije dolazi zbog različitog loma svjetlosti u različitim slojevima atmosfere koji imaju različitu gustoću i indeks loma. Slika 1 prikazuje izlazak Mjeseca koju je snimio Donald Pettit s Međunarodne svemirske postaje 16. travnja 2003. godine. Vidljivo je da Mjesec prilikom zalaska zbog astronomске refrakcije biva okomito spljošten, dok je vodoravno nepromijenjen.



**Slika 1 Prividna veličina Mjeseca uslijed atmosferske refrakcije [1]**

## **2.2 Utjecaj atmosferskih prilika na prividnu veličinu Mjeseca**

Pojava oblaka u atmosferi može promijeniti prividnu veličinu Mjeseca omekšavajući obrise pa se Mjesec može činiti većim (Slika 2). Kada je vrijeme vedro, obrisi su jasno izraženi pa je prividna veličina Mjeseca manja (Slika 3).



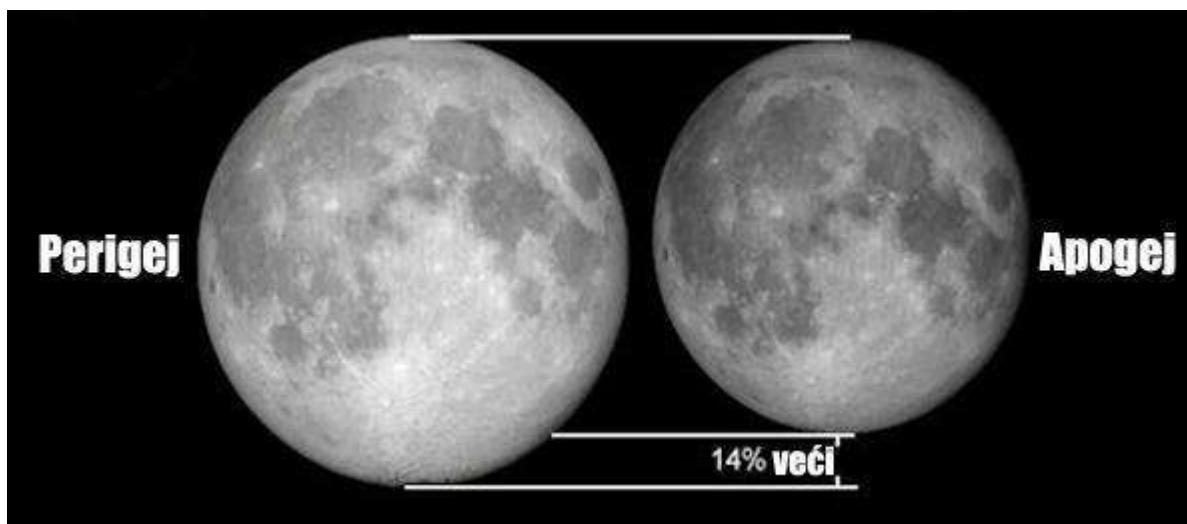
**Slika 2 Fotografija Mjeseca za oblačnog vremena**



**Slika 3 Fotografija Mjeseca za vedra vremena**

### **2.3 Utjecaj oblika Mjesečeve orbite na njegovu prividnu veličinu**

Mjesec oko Zemlje kruži u eliptičnoj orbiti pa se u određeno vrijeme nalazi bliže ili dalje od Zemlje. Najbliža točka na mjesečevoj orbiti do Zemljina središta naziva se perigej i prosječno iznosi 363 295 km, a najdalja točka je apogej koja prosječno iznosi 405 503 km. Prividna veličina Mjeseca je veća u perigeju, jer je Mjesec bliže Zemlji, dok je Mjesec prividno manji u apogeju. što pokazuje Slika 4.



**Slika 4 Slika Mjeseca u apogeju i perigeju [2]**

### **2.4 Utjecaj geografskog položaja na prividnu veličinu Mjeseca**

Zbog centrifugalne sile Zemlja je spljoštena na polovima, a izbočena na ekvatoru pa je tako i atmosfera deblja na ekvatoru, a tanja na polovima. Gledajući Mjesec s ekvatora svjetlost se više lomi jer prolazi kroz deblji sloj atmosfere, stoga je prividna veličina Mjeseca manja. Na polovima zbog inklinacije Mjesečeve orbite i tanjeg sloja atmosfere prividna veličina Mjeseca je veća. Također na polovima je Mjesec uvijek blizu horizonta pa zbog ljudske percepcije Mjesec izgleda većim.

### **2.5 Utjecaj nadmorske visine na prividnu veličinu Mjeseca**

Na većim nadmorskim visinama(planinama) Mjesec se nalazi bliže promatraču pa je prividna veličina Mjeseca veća, dok je u nizinama Mjesec udaljeniji od promatrača pa se Mjesec čini manjim.

## 2.6 Utjecaj ljudske percepcije na prividnu veličinu Mjeseca

Prividna veličina Mjeseca je veća na horizontu nego u zenitu zbog ljudske percepcije. Mjesec na horizontu je okružen objektima manje veličine pa stoga on izgleda veći, dok se u zenitu nalazi u golemom prostranstvu pa ga vidimo manjim. Slika 5 prikazuje Ponzovu iluziju Mjeseca. Mario Ponzo je 1913. objasnio da prividna veličina objekta(Mjeseca) ovisi o okolini u kojoj se nalazi. Mozak zna da ako je objekt udaljeniji i jednake veličine kao i bliži objekt, dalji objekt mora biti veći.



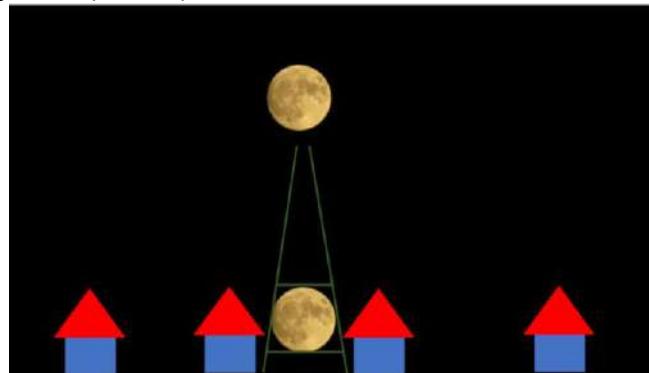
Slika 5 Ponzova iluzija veličine Mjeseca [3]

Anketirajući učenike prirodoslovno-matematičke i opće gimnazije o Ponzovoj iluziji Mjeseca postavio sam sljedeće hipoteze:

1. Veći broj učenika opće gimnazije vidjet će iluziju Mjeseca u odnosu na učenike prirodoslovno-matematičke gimnazije,
2. Stres utječe na ljudsku percepciju pa tako i na iluziju Mjeseca,
3. Učenici koji nose naočale ili leće zbog kratkovidnosti ili dalekovidnosti jednako će vidjeti iluziju Mjeseca kao i učenici koji normalno vide,
4. Spol utječe na vidljivost iluzije Mjeseca.

### 3 Eksperimentalni postav

Za izradu fotografija koristio sam fotoaparat Canon PowerShot SX710 HS na stativu pri žarišnoj duljini 135 mm, otvoru blende f/6,9 i ekspoziciji 1/30 s. Eksperiment o optičkoj iluziji prividne veličine Mjeseca proveo sam testirajući učenike prirodoslovno-matematičke ( 61 učenik) i opće gimnazije ( 60 učenika) u Krapini tako što sam u mračnoj prostoriji projicirao dva slajda Ponzove iluzije, prvi slajd koji prikazuje Mjesec između tračnica s vidljivim horizontom(Slika 5), drugi s prikazom kućica i tračnica bez vidljivog obzora (Slika 6), treći sa smanjenim vidokrugom i vidljivim horizontom Ponzove iluzije (Slika 7) i na četvrtom slajdu projicirao sam slike dva jednaka Mjeseca na crnoj podlozi (Slika 8). Učenici su na anketnom listiću odgovarali o veličini tih dvaju Mjeseca (Slika 9).



Slika 6 Illuzija Mjeseca s prikazom kućica i tračnica



Slika 7 Illuzija Mjeseca sa smanjenim vidokrugom



Slika 8 Dva jednaka Mjeseca na crnoj podlozi

Dob: \_\_\_\_ Spol: M Ž

Nosim naočale: DA NE Ako je odgovor da, zaokruži STRABIZAM DALEKOVIDNOST KRATKOVIDNOST

Pišeš li danas ispit ili usmeno odgovaraš? DA NE

Jesi li pod utjecajem stresa? DA NE

1. Čini li vam se Mjesec na 1. slajdu veći na nebu nego između tračnica?

a) da

b) ne

c) ne znam

2. Čini li vam se Mjesec na 2. slajdu veći između kuća nego iznad?

a) da

b) ne

c) ne znam

3. Čini li vam se Mjesec na 3. slajdu veći na nebu nego između tračnica?

a) da

b) ne

c) ne znam

4. Čini li vam se Mjesec na 4. slajdu veći gore nego dolje?

a) da

b) ne

c) ne znam

#### Slika 9 Anketni upitnik

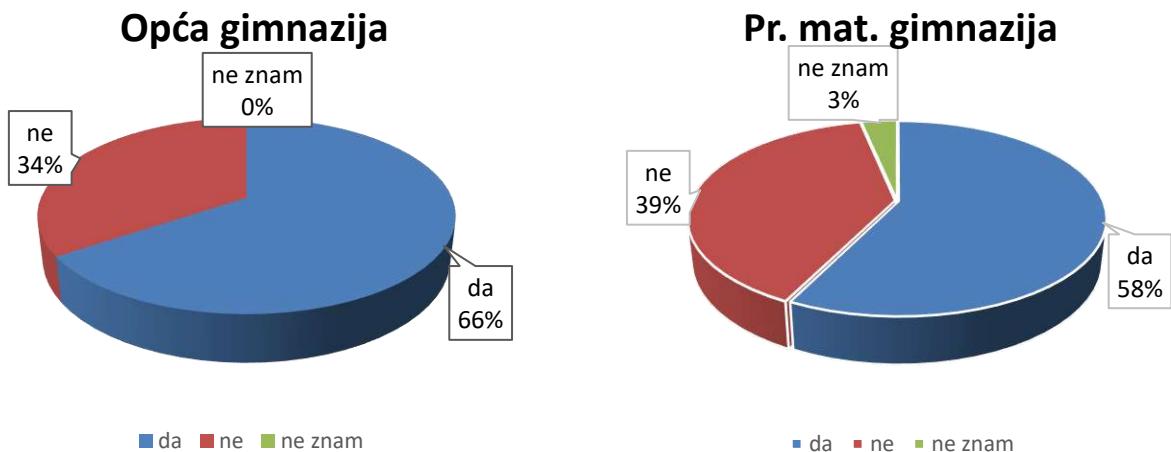
## 4 Metode i mjerjenje

Anketu sam proveo na ukupno 121 učeniku prirodoslovno-matematičke i opće gimnazije u Krapini od prvog do trećeg razreda od toga 38 mladića i 83 djevojke. Svi ispitanici bili su testirani u jednakim uvjetima (ista zamračena prostorija, isti projektor Epson). Ispunjavali su najprije podatke o spolu, dobi, stanju vida i stresu kako bih dobivene podatke mogao usporediti po naprijed navedenim varijablama. Zatim je slijedila projekcija slajdova, a ispitanici su zaokruživali jedan od ponuđenih odgovora za svaki pojedini slajd (Slika 9).

## 5 Rezultati i rasprava

1. hipoteza: Veći broj učenika opće gimnazije vidjet će iluziju Mjeseca u odnosu na učenike prirodoslovno-matematičke gimnazije.

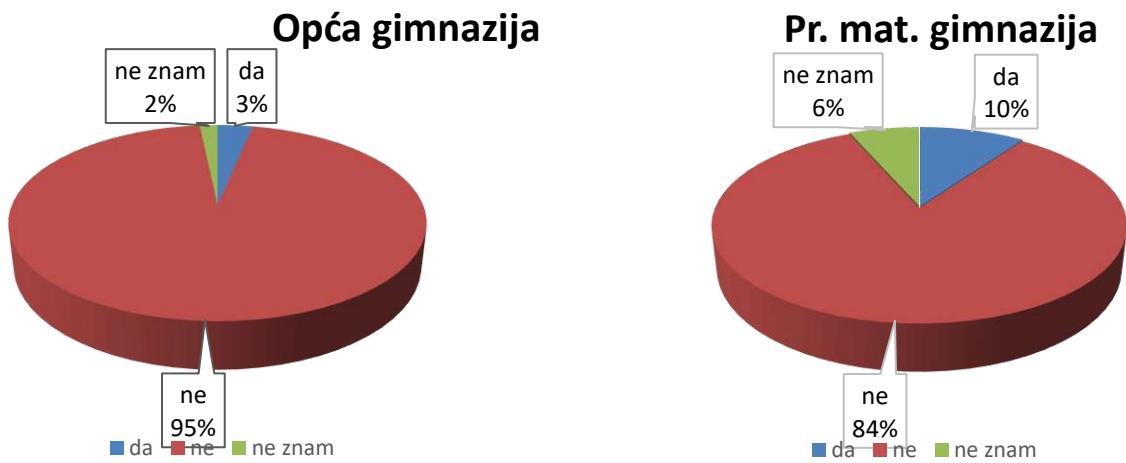
### 1. Čini li vam se Mjesec na 1. slajdu veći na nebu nego između tračnica?



Grafikon 1 Odgovori na prvo pitanje

Iz Grafikona 1 vidljivo je da 66% učenika opće gimnazije i 58% učenika prirodoslovno-matematičke gimnazije vidi Ponzovu iluziju. Time sam potvrdio prvu hipotezu da će veći broj učenika opće gimnazije vidjeti iluziju (5 učenika više, odnosno 8%).

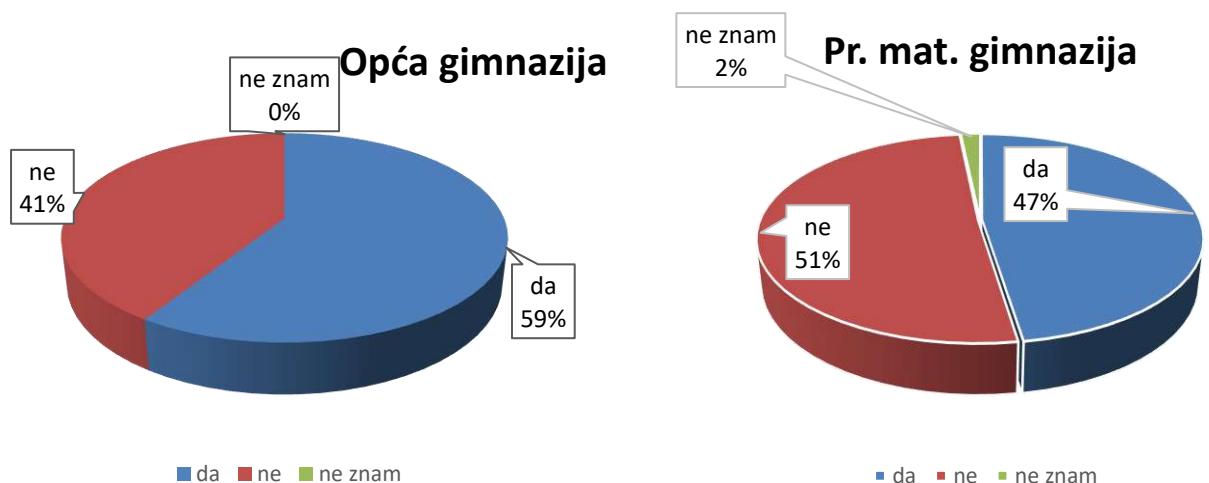
### 2. Čini li vam se Mjesec na 2. slajdu veći između kuća nego iznad?



Grafikon 2 Odgovori na drugo pitanje

Na drugom slajdu prikaz iluzije Mjeseca bez vidljivog obzora s iscrtanim tračnicama i kućicama većina učenika obje gimnazije ne vidi iluziju (95% učenika opće i 84% učenika prirodoslovno-matematičke gimnazije)(Grafikon 2). Iluzija se ne vidi zato što nema vidljivog obzora.

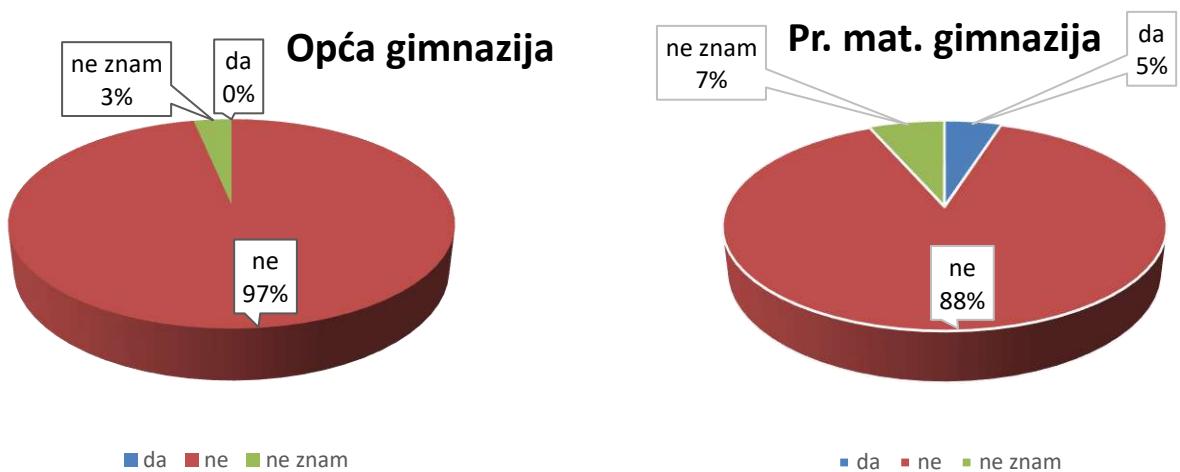
**3. Čini li vam se Mjesec na 3. slajdu veći na nebu nego između tračnica?**



**Grafikon 3 Odgovori na treće pitanje**

Smanjenjem vidokruga Ponzove iluzije s trećeg slajda manji broj učenika opće i prirodoslovno-matematičke gimnazije vidi iluziju, točnije 7% manje učenika opće gimnazije i 11% manje učenika prirodoslovno-matematičke gimnazije. Samo 59% učenika opće i 47% prirodoslovno-matematičke gimnazije je vidjelo iluziju(Grafikon 3). Iluzija Mjeseca ovisi o vidljivom obzoru. Ako je on manji, teže je uočiti iluziju Mjeseca.

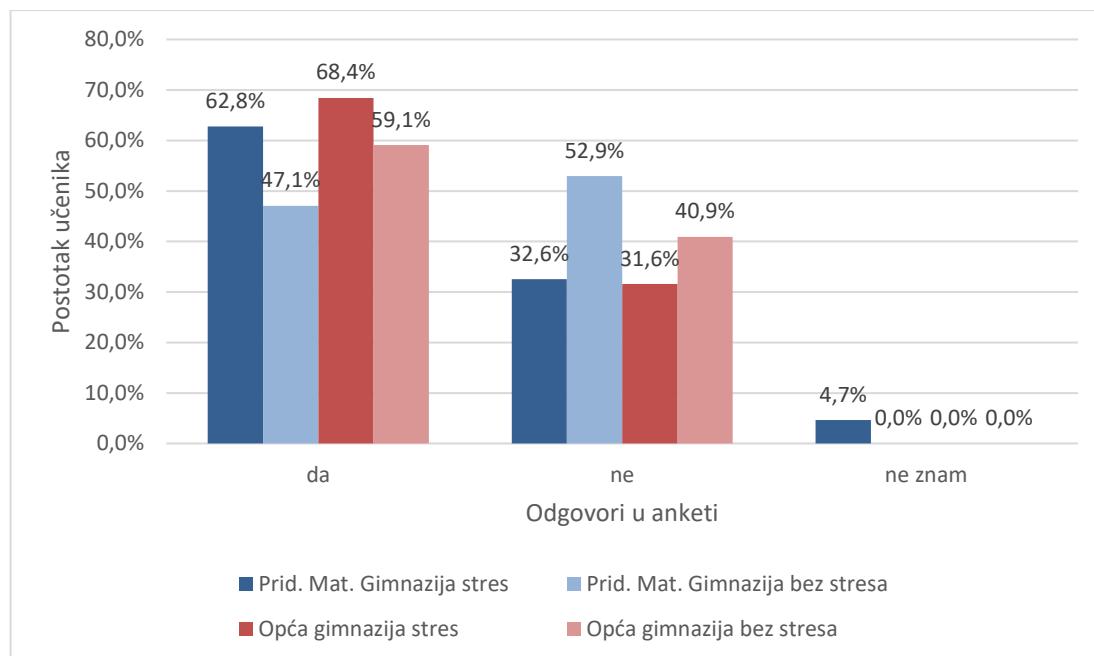
**4. Čini li vam se Mjesec na 4. slajdu veći gore nego dolje?**



**Grafikon 4 Odgovori na četvrto pitanje**

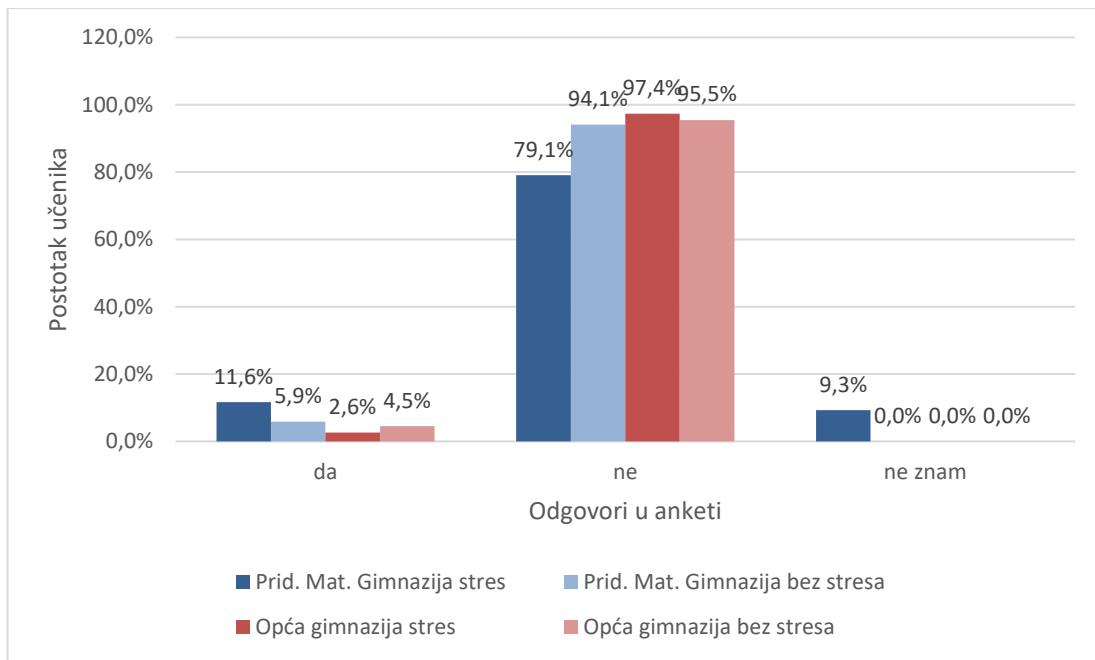
2. hipoteza: Stres utječe na ljudsku percepciju pa tako i na iluziju Mjeseca.

Na četvrtom slajdu 97% učenika opće i 88% prirodoslovno-matematičke gimnazije ne vidi iluziju Mjeseca (Grafikon 4). To je zato što na prikazanom slajdu nema nikakvih drugih objekata osim dvaju Mjeseca na crnoj podlozi. Ljudska percepcija teško može procijeniti veličine udaljenih objekata ukoliko u blizini nema objekata poznate veličine.



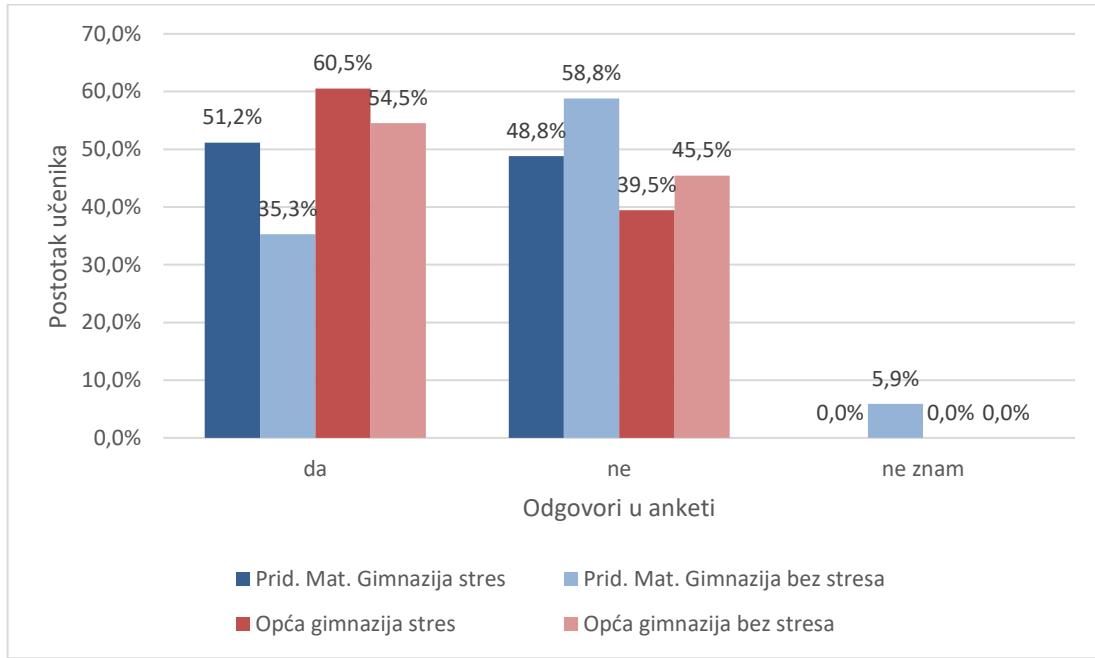
**Grafikon 5 Utjecaj stresa 1. pitanje**

Iz Grafikona 5 vidljivo je da učenici iz obje gimnazije pod utjecajem stresa odgovaraju potvrđno, tj. da vide Ponzovu iluziju Mjeseca (postotak potvrđnog odgovora je veći nego bez stresa). Učenici prirodoslovno-matematičke gimnazije pod utjecajem stresa vide iluziju, a kada nisu pod utjecajem stresa logički razmišljaju te zaključuju da su Mjeseci na slajdu jednaki.



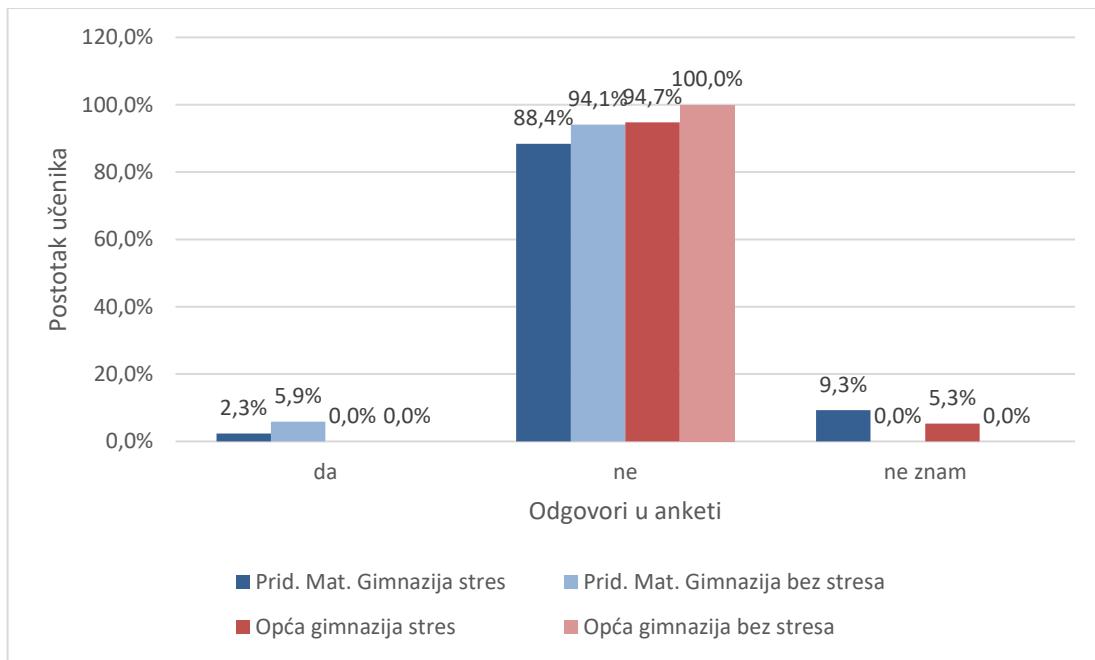
**Grafikon 6 Utjecaj stresa 2. pitanje**

Na Grafikonu 6 vidljivo je da unatoč stresu učenici obje gimnazije ne vide razliku u veličini Mjeseca na drugom slajdu jer nema vidljivog horizonta.



**Grafikon 7 Utjecaj stresa 3. pitanje**

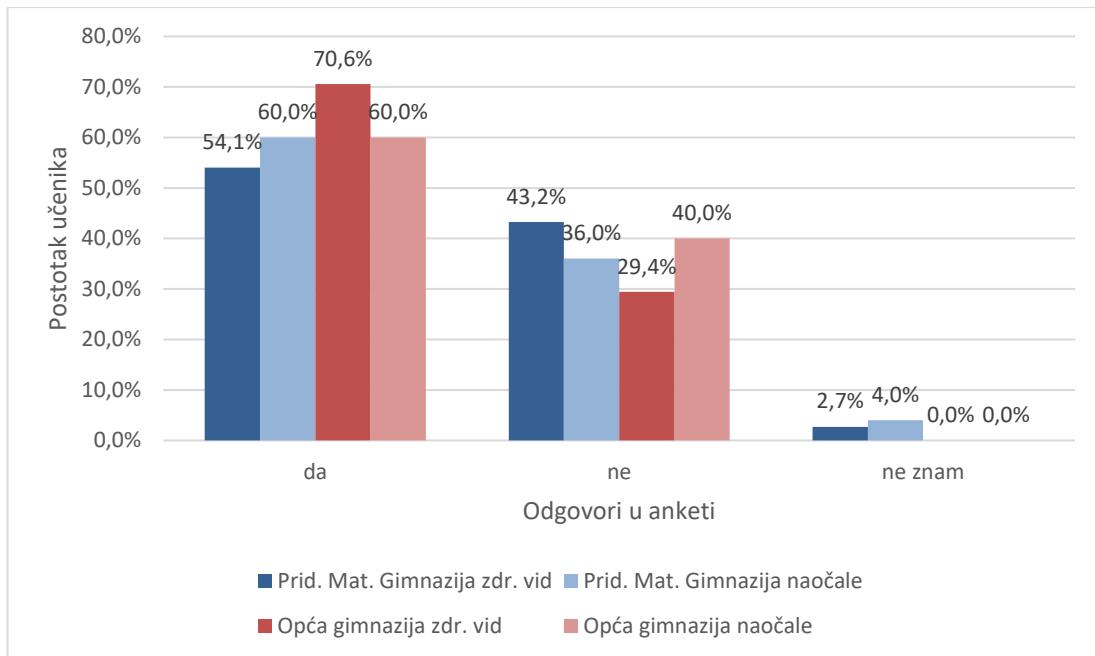
Na Grafikonu 7 vidljivo je da učenici obje gimnazije pod utjecajem stresa u većem postotku vide Ponzovu iluziju sa smanjenim vidokrugom. Ponovno se vidi razlika da učenici prirodoslovno-matematičke gimnazije koji nisu pod utjecajem stresa većinom ne vide iluziju, dok učenici opće gimnazije većinom vide iluziju.



**Grafikon 8 Utjecaj stresa 4. pitanje**

Iz Grafikona 8 vidljivo je da učenici pod utjecajem stresa ne vide iluziju na četvrtom slajdu kao i bez stresa. Iluzija se ne može vidjeti jer nema drugih, vidljivih, poznatih objekata.

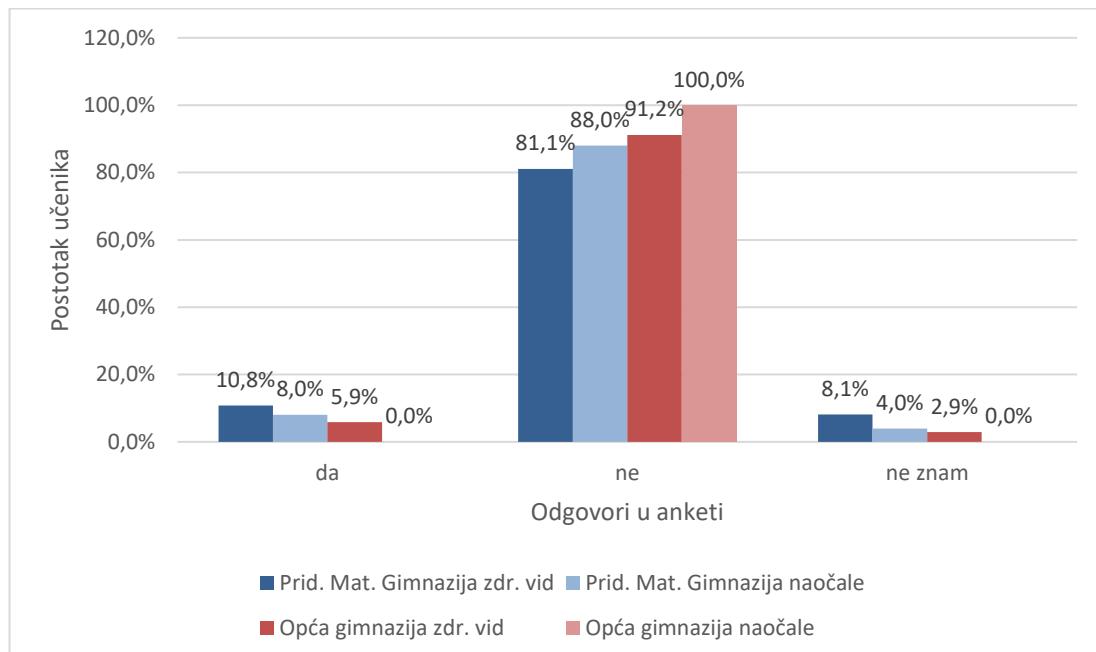
3. hipoteza: Učenici koji nose naočale ili leće zbog kratkovidnosti ili dalekovidnosti jednako će vidjeti iluziju Mjeseca kao i učenici koji normalno vide.



**Grafikon 9 Utjecaj bolesti oka 1. pitanje**

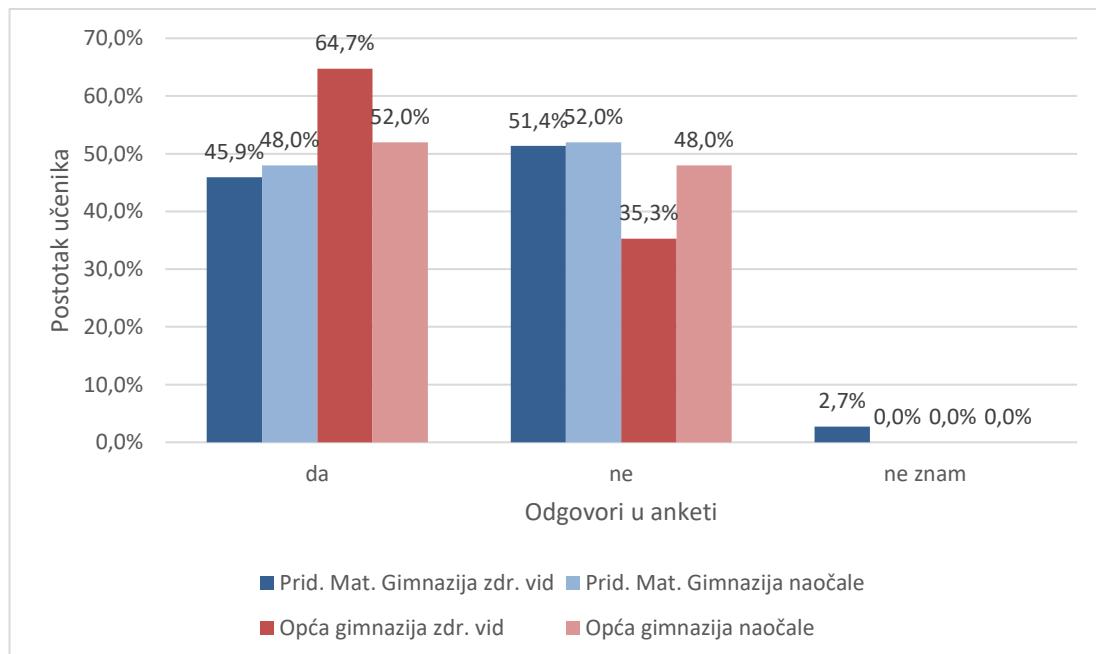
Na Grafikonu 9 vidljivo je da učenici prirodoslovno-matematičke gimnazije koji nose naočale zbog kratkovidnosti ili dalekovidnosti u većem postotku (60%) vide iluziju u odnosu na učenike koji ne nose naočale (54,1%). Učenici opće gimnazije koji ne nose naočale (70,6%) u većem

postotku vide iluziju u odnosu na učenike koji ih nose (60%). Možemo zaključiti da kratkovidnost i dalekovidnost utječu na percepciju Ponzove iluzije. Time odbacujem postavljenu hipotezu da kratkovidnost i dalekovidnost ispravljena naočalama ne utječe na percepciju.



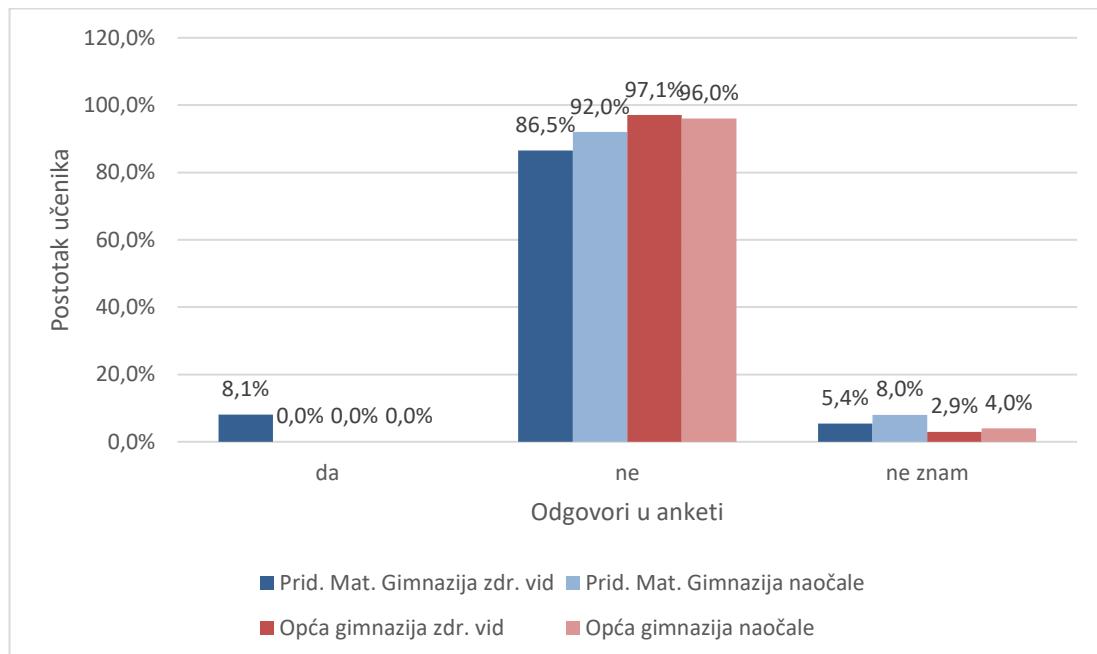
**Grafikon 10 Utjecaj bolesti oka 2. pitanje**

Iz Grafikona 10 vidljivo je da učenici obje gimnazije koji nose naočale u većem postotku odgovaraju negativno na drugo pitanje. Iluziju ne vide zbog naprijed objašnjjenih razloga.



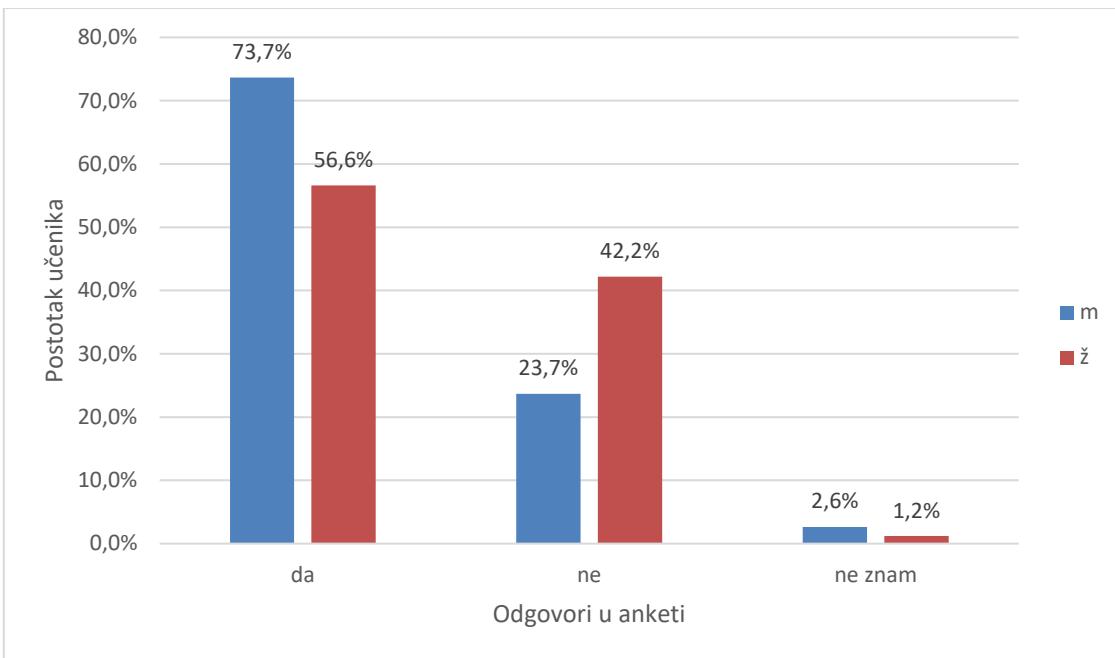
**Grafikon 11 Utjecaj bolesti oka 3. pitanje**

Na Grafikonu 11 vidljivo je da je razlika u negativnom odgovoru na treće pitanje kod učenika prirodoslovno-matematičke gimnazije koji nose i ne nose naočale zanemarivo mala (svega 0,6%), dok je razlika kod učenika opće gimnazije izraženija (13%). Učenici opće gimnazije zdravog vida u većem postotku (64,7%) vide Ponzovu iluziju sa smanjenim vidokrugom u odnosu na učenike koji nose naočale (52%).



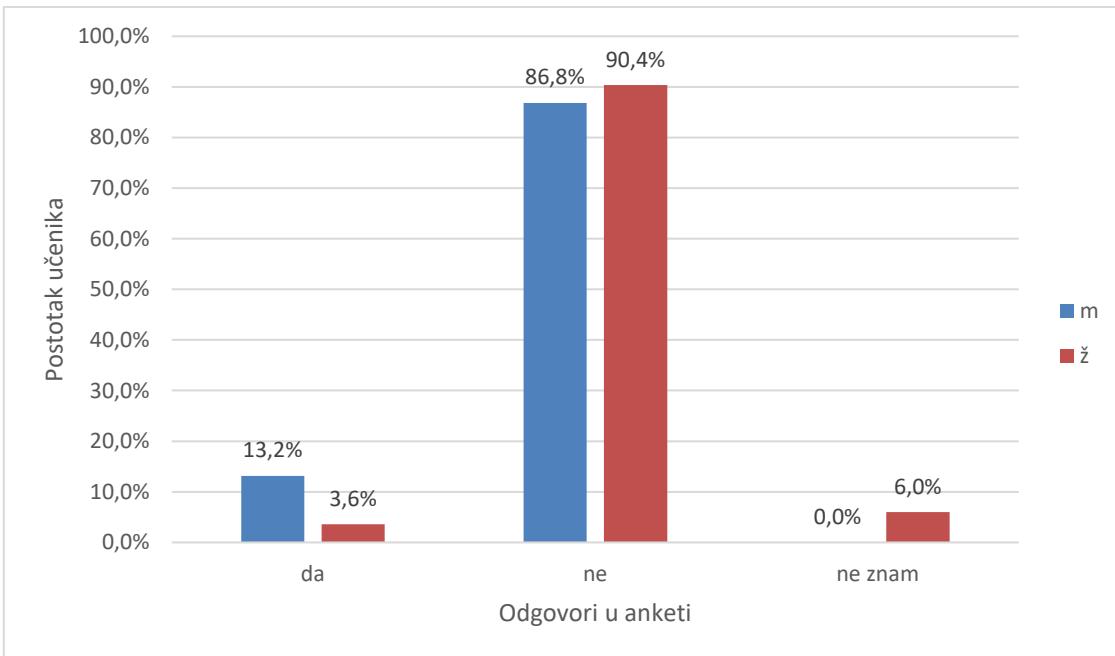
**Grafikon 12 Utjecaj bolesti oka 4. pitanje**

Na Grafikonu 12 vidljivo je da učenici opće gimnazije podjednako ne vide iluziju Mjeseca na četvrtom slajdu kako oni koji nose naočale, tako i oni koji ih ne nose. Učenici prirodoslovno-matematičke gimnazije koji nose naočale u višem postotku (92%) ne vide iluziju u odnosu na one koji ne nose naočale (86,5%).



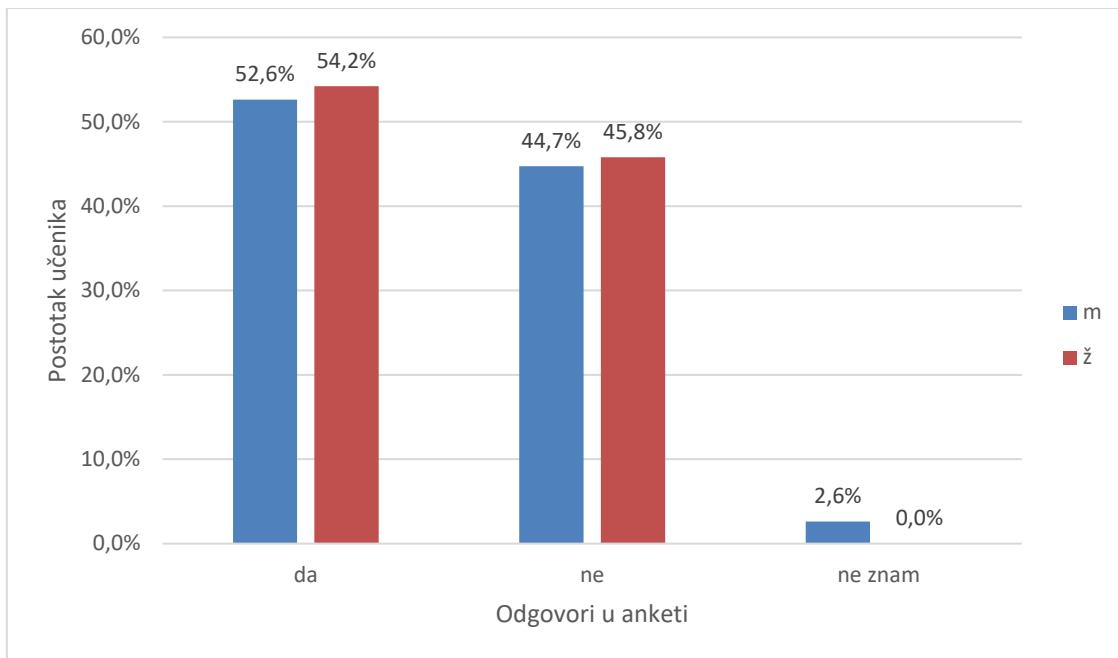
**Grafikon 13 Utjecaj spola 1. pitanje**

Na Grafikonu 13 uočljivo je da mladići u većem postotku (73,7%) vide Ponzovu iluziju u odnosu na djevojke (57%). Time sam pokazao da spol utječe na vidljivost iluzije Mjeseca.



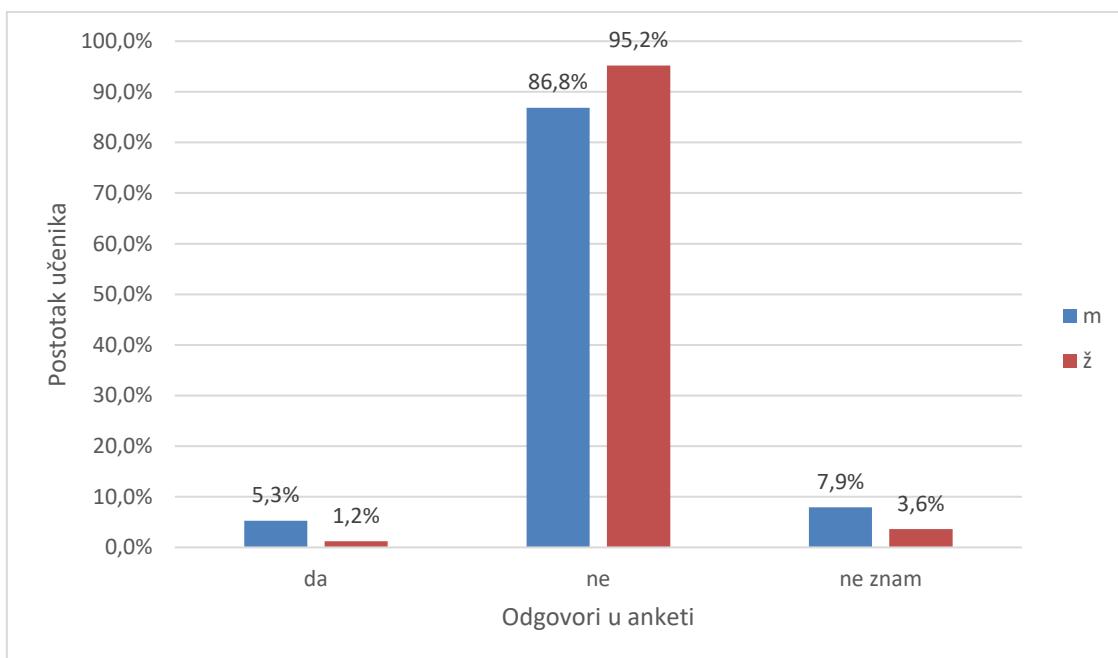
**Grafikon 14 Utjecaj spola 2. pitanje**

Na Grafikonu 14 vidljivo je da podjednako djevojke i mladići ne vide iluziju bez vidljivog horizonta.



**Grafikon 15 Utjecaj spola 3. pitanje**

Na Grafikonu 15 uočava se da je vidljivost Ponzove iluzije sa smanjenim vidokrugom podjednaka kod djevojaka i mladića. Možemo zaključiti da u ovom slučaju iluzija ne ovisi o spolu već o smanjenom vidokrugu.



**Grafikon 16 Utjecaj spola 4. pitanje**

Na Grafikonu 16 je vidljivo da se iluzija Mjeseca ne vidi iz razloga nepostojanja okolnih objekata osim dvaju Mjeseca te da ona ne ovisi o spolu.

## **6 Zaključak**

Ovim radom pokazao sam da ljudska percepcija ima veliki utjecaj na prividnu veličinu Mjeseca. Učenici opće gimnazije kojima je dominantna desna strana mozga kreativniji su i bolje vide iluziju prividne veličine Mjeseca, dok učenici prirodoslovno-matematičke gimnazije kojima je dominantna lijeva strana mozga više logički zaključuju, stoga ne vjeruju u iluziju Mjeseca pa ju većinom i ne vide. Stres utječe na ljudsku percepciju pa tako i na iluziju prividne veličine Mjeseca, kao i kratkovidnost i dalekovidnost. Ljudska percepcija iluzije Mjeseca ovisi također o spolu gdje sam pokazao da mladići u većem postotku vide Ponzovu iluziju u odnosu na djevojke. Također sam pokazao da prividna veličina Mjeseca ovisi o atmosferi, atmosferskim prilikama, obliku Mjesecove orbite, geografskom položaju i nadmorskoj visini. Rad bih mogao poboljšati većim uzorkom u anketi i fotografiranjem punog Mjeseca u apogeju i perigeju, no nažalost vremenski mi uvjeti to nisu omogućili. Anketiranje bih mogao provesti još u osnovnoj školi pa bih tada mogao ispitati i utjecaj dobi na percepciju.

## **7 Zahvala**

Zahvaljujem profesorici Valentini Lež-Trgovec na nesebičnoj pomoći u provođenju eksperimentalnog rada. Velika hvala i mojim roditeljima te djedu Veselku što me ohrabruju, potiču u radu i ostvarivanju mojih želja.

## **Literatura**

- [1.] <https://cseligman.com/text/sky/atmosphericrefraction.htm> [12.11.2018.]
- [2.] <https://matrixworldhr.com/2013/06/22/veceras-imamo-super-mjesec-sto-li-to-zapravoznaci> [12.11.2018.]
- [3.] <https://www.skyandtelescope.com/observing/moon-illusion-confusion11252015/> [12.11.2018.]
- [4.] <https://www.space.com/31287-giant-moon-illusion-all-in-your-head.html> [12.11.2018.]

## Problem 4. SUNCOKRETOVE SPIRALE

Autor: Matej Čok

Mentor: Marija Čok, prof. matematike

1. razred, Prva gimnazija Varaždin, Varaždin, Hrvatska

### 1 Uvod

Odabrao sam problem „Suncokretove spirale“ koji glasi: „Uzorci koje čine sjemenja u glavi suncokreta imaju vrlo specifičnu geometrijsku strukturu. Kako se takva struktura može opisati i objasniti? Koje druge biljke imaju slične geometrijske uzorke u svojim listovima ili sjemenjima?“

U ovom radu sam promatrao geometrijske strukture koje čine sjemenke suncokreta. Suncokrete sam prikupio, poslikao i slike obrađivao pomoću programa Geometer's Sketchpad. Geometrijske strukture sam promatrao i crtao na suncokretima različitih veličina. Kada sam shvatio pravilnost geometrijskih struktura koje se pojavljuju kod odabranih suncokreta, izradio sam model rasta sjemenja suncokreta u programu MS Excel, pomoću tablice i raspršenog grafa te sam na tom modelu crtao geometrijske strukture koje sam uočio te na taj način dokazivao zakonitosti koje vrijede. Kako bih potvrdio da se isti geometrijski oblici javljaju i na drugim biljkama, promatrao sam i strukturu ananasa, češera i čuvarkuće.

### 2 Teorijska razrada problema

#### 2.1 Fibonaccijev niz

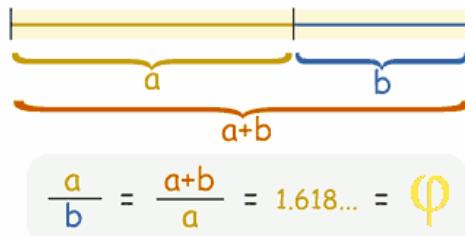
Fibonaccijev niz je niz prirodnih brojeva kod kojeg je svaki član dobiven kao zbroj prethodna dva člana niza. Takve brojeve nazivamo Fibonaccijevi brojevi (slika 1.). Dobili su ime po jednom od najistaknutijih matematičara srednjeg vijeka, Leonardu Fibonacciju (1170. – 1250.).

Fibonaccijev niz brojeva	1	1	Približavanje broju $\Phi$ (1,6180333988)
1	1/1	1,000000000000	
1	2/1	2,000000000000	
2	3/2	1,500000000000	
3	5/3	1,666666666667	
5	8/5	1,600000000000	
8	13/8	1,625000000000	
13	21/13	1,615384615384	
21	34/21	1,619047619047	
34	55/34	1,617647058823	
55	89/55	1,618181818181	
89	144/89	1,617977528089	
144	233/144	1,618055555556	
233	377/233	1,618025751072	
377			

Slika 1. Fibonaccijev niz i omjer susjednih članova

#### 2.2 Zlatni rez ili Božanski omjer

Dvije veličine su u zlatnom rezu ako je njihov omjer jednak omjeru njihove sume i većeg dijela. Kraće, veći dio prema manjem odnosi se kao cjelina prema većem dijelu. (Slika 2.)



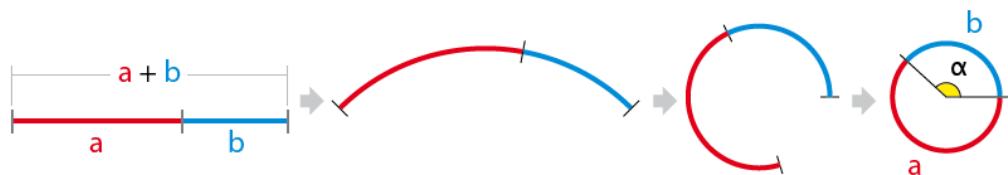
Slika 2. Zlatni rez

$$\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$$

$$\varphi = 1.618033989\dots$$

### 2.3 Zlatni kut

Zlatni kut je kut koji puni kut dijeli u omjeru zlatnog reza. Na slici 3. to je kut  $\alpha$  određen kružnim lukom b.

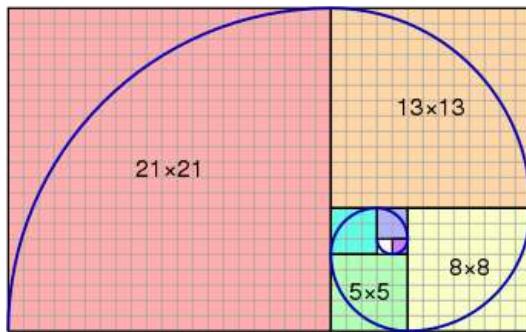


$$\frac{a}{b} = \frac{a+b}{a} = \varphi (\text{Phi}) = 1.61803399\dots \Rightarrow \alpha = 137.507764^\circ \dots \sim 137.5^\circ$$

Slika 3. Dobivanje zlatnog kuta

### 2.4 Fibonaccijeva ili zlatna spirala

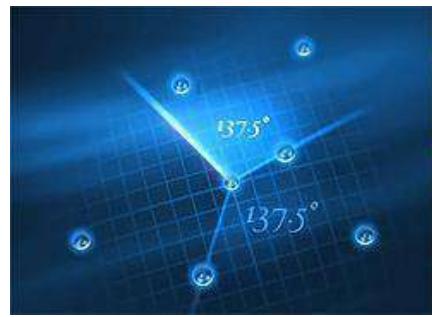
Fibonaccijeva ili zlatna spirala je spirala koja se dobije tako da se u kvadrate Fibonaccijevih brojeva upisuje luk na način prikazan na slici 4.



Slika 4. Zlatna spirala

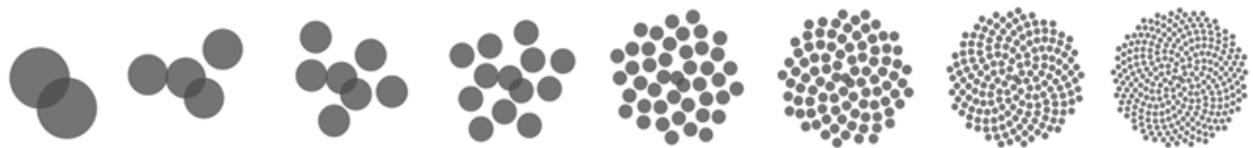
## 2.5 Rast suncokretovih sjemenki

Sjemenje suncokreta raste na način da svako sjeme ima dovoljno prostora, a opet da ga ne zauzima previše. Svaka nova sjemenka raste iz sredine cvijeta udaljena od prethodno izrasle sjemenke za točno vrijednost zlatnog kuta i zauzima poziciju gdje ima najviše mjesta, a postojeće sjemenje gura prema van. (slika 5.)



Slika 5. Rast nove sjemenke

Na taj način nastaju prepoznatljive Fibonaccijeve spirale na cvjetu suncokreta. (slika 6.)



Slika 6. Od sjemenke do spirale

Ovakvi uzorci nisu uočeni samo kod sjemenki suncokreta. Isto se vidi i kod rasta latica, lišća i ljuški mnogih drugih biljaka. Lišće i latice rastu u spiralama kako jedni drugima ne bi prekrivali i blokirali sunčevu svjetlost.

## 2.6 Hipoteze

Sjemenke suncokreta, bez obzira na veličinu cvijeta, uvijek rastu na način da oblikuju zlatne spirale zakrenute u smjeru kazaljke na satu ili smjeru suprotnom od kazaljke na satu. Najviše navedenih spirala ima uz vanjski rub cvijeta i to zakrenutih u smjeru suprotnom od kazaljke na satu dok ih prema središtu cvijeta ima sve manje. Broj spirala zakrenutih u istom smjeru je uvijek Fibonaccijev broj, a brojevi „susjednih spirala“ (brojeći od vanjskog ruba cvijeta prema središtu) su uvijek dva susjedna Fibonaccijeva broja. Nadalje, opisana struktura ne ovisi o veličini suncokreta, no broj spirala se mijenja proporcionalno veličini suncokreta.

Osim navedenog, ananas, češer i čuvarkuća imaju istu strukturu u svojoj građi te se i kod njih mogu uočiti zlatne spirale u smjeru kazaljke na satu i smjeru suprotnom od kazaljke na satu čije prebrojavanje opet daje susjedne članove Fibonaccijeva niza. Osim navedenih postoji mnogo drugih primjera u prirodi koji su građeni poštujući Božanski omjer.

### 3 Eksperimentalni postav

#### 3.1 Crtanje spirala

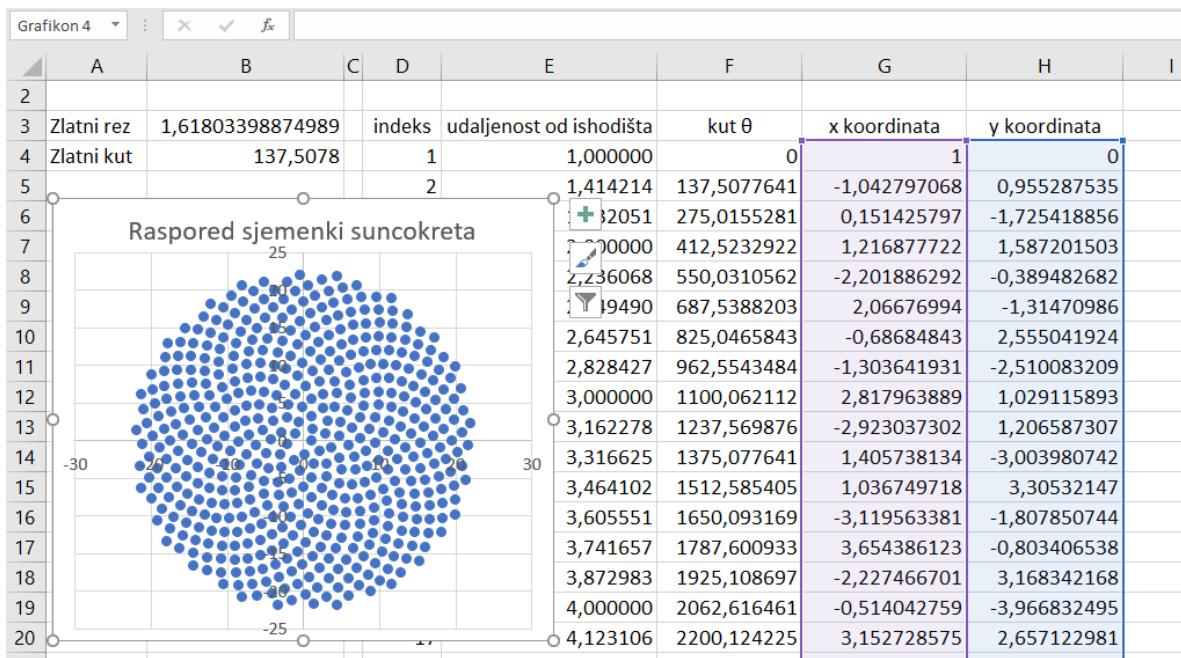
Prikupljeni materijal najprije sam pregledao i fotografirao te ga kopirao u program Geometer's Sketchpad pomoću kojeg sam crtao spirale koje sam uočio. (Slika 7.)



Slika 7. Crtanje spirala

#### 3.2 Izrada modela rasta sjemenki suncokreta

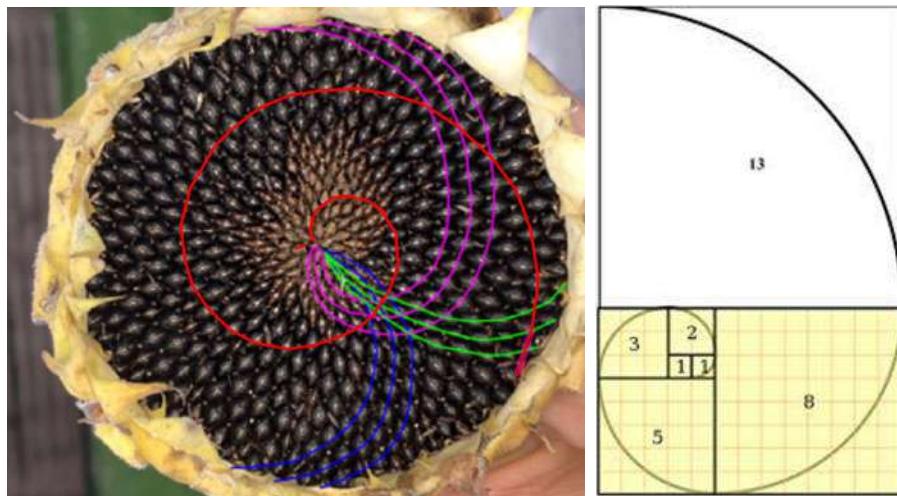
U programu MS Excel sam izradio model rasta sjemenki suncokreta. U tablicu sam unio zakonitosti rasta sjemenki suncokreta te sam na temelju tih podataka nacrtao raspršeni graf koji predstavlja model rasporeda suncokretovih sjemenki u idealnim uvjetima te sam na tom modelu prikazao svoje rezultate. Kod izrade modela prvo sam popunio tablicu na temelju zakonitosti rasta sjemenki suncokreta. Kut  $\theta$  je kut pod kojim nastaje svaka nova sjemenka s obzirom na os x. x koordinatu sam računao tako što sam množio udaljenost od ishodišta s kosinusom kuta  $\theta$  (u ćeliju sam upisao  $=E5*\cos(\text{radians}(F4))$ ), a y koordinatu sam izračunao tako što sam množio udaljenost od ishodišta s sinusom kuta  $\theta$  (u ćeliju sam upisao  $=E4*\sin(\text{radians}(F4))$ ). Pomoću tih podataka nacrtao sam raspršeni graf koji predstavlja model rasta sjemenki suncokreta. (Slika 8.)



Slika 8. Tablica i graf – dobivanje modela rasta sjemenki suncokreta

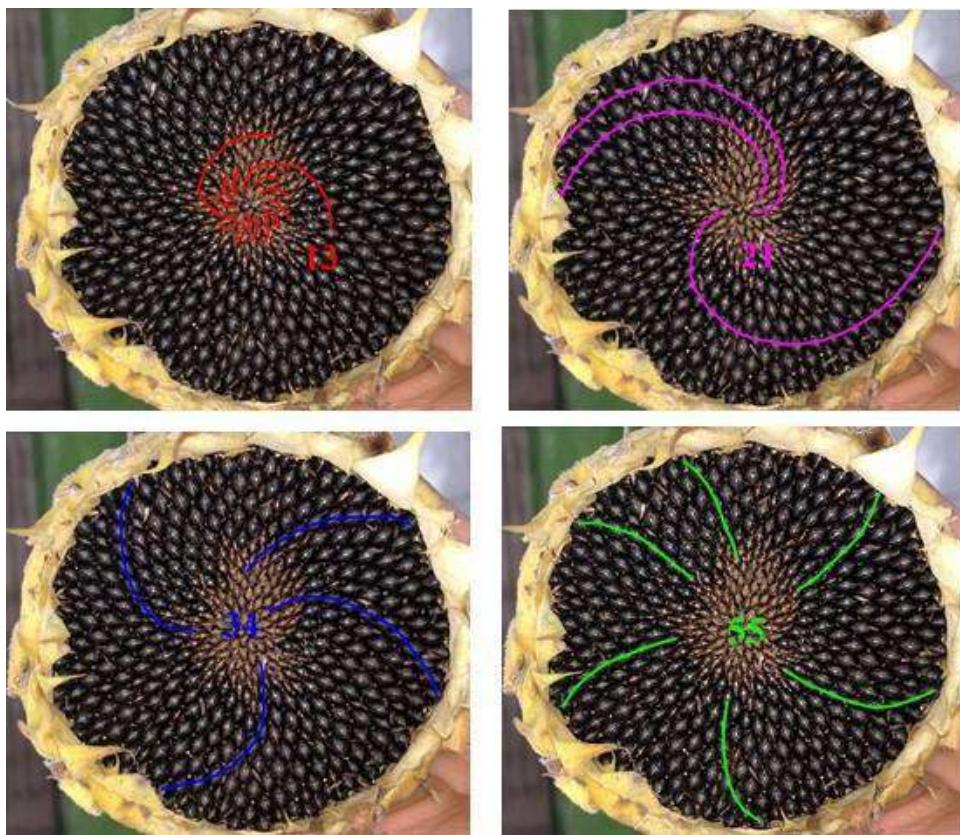
#### 4 Metode i mjerene

Za potrebe ovog rada prikupio sam cvjetove suncokreta različitih veličina, ananas, par češera i biljku čuvarkuću. Svaki suncokret sam poslikao i kopirao u Geometer's Sketchpad i odredio koliko različitih spirala oblikuju sjemenke te ih nacrtao različitim bojama. Pronašao sam četiri različite spirale. Usporedio sam ih sa zlatnom spiralom. (Slika 9.)



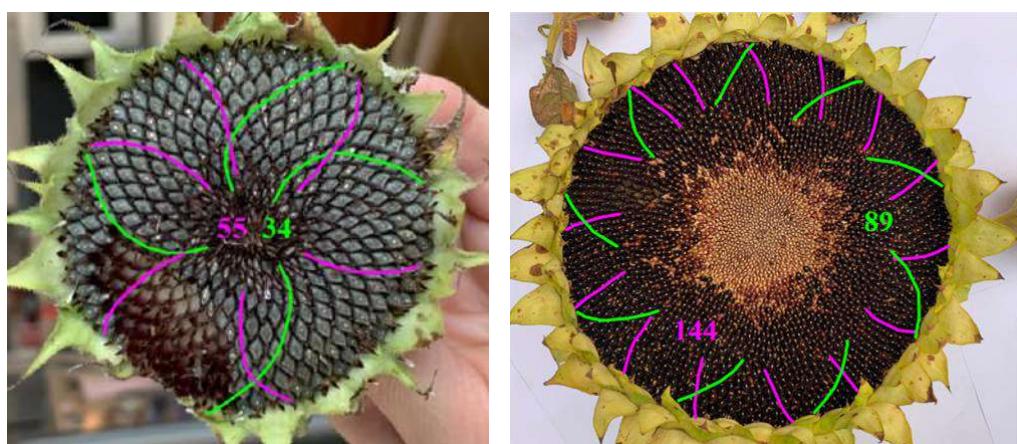
Slika 9. Spirale u suncokretu

Nakon toga sam prebrojavao spirale na svakom od cvjetova na identičan način. Svaku desetu spiralu sam obojao bojom kako bi si olakšao prebrojavanje. To sam proveo za sve vrste spirala koje sam uočio na cvjetovima. Nabrojao sam 13 crvenih, 21 rozu, 34 plave i 55 zelenih spirala (Slika 10.)

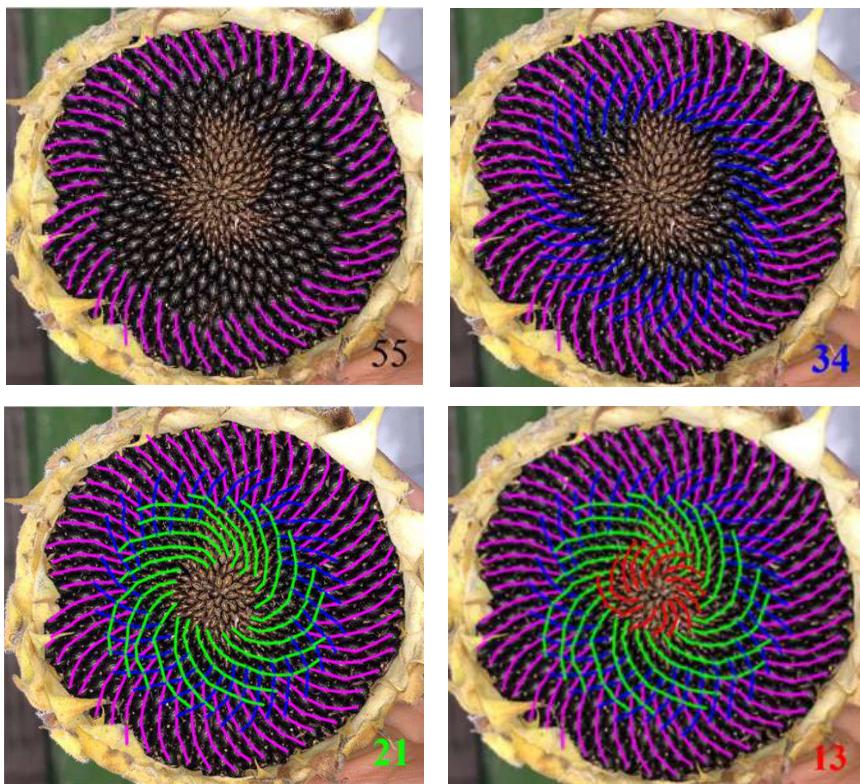


Slika 10. Prebrojavanje spirala

Zatim sam prebrojio spirale kod cvjetova različite veličine. Na manjem cvijetu prebrojio sam 34 spirale u smjeru kazaljke na satu i 55 u suprotnom smjeru, dok sam kod većeg cvijeta nabrojio 89 u smjeru kazaljke na satu i 144 u suprotnom smjeru. (slika 11.) Promatrao sam i u kakvom su međusobnom odnosu spirale koje se pojavljuju na pojedinom cvjetu. Kako bi to bilo moguće na cvjetu sam različitim bojama označio sve spirale koje sam uočio i promatrao zakonitosti. (slika 12.)



Slika 11. Prebrajanje spirala kod manjeg i većeg cvijeta



Slika 12. Presjek spirala na cvijetu

Nadalje, promatrao sam i na kojem dijelu cvijeta ima najviše spirala, a gdje najmanje, koji cvijet ima najmanje, a koji najviše spirala. Sve uočene spirale na cvjetu označio sam različitim bojama kako bi se uočilo preklapanje i smjer zakretanja. Brojeći spirale na vanjskom rubu cvijeta, postoji ih 55 zakrenutih suprotno od kazaljke na satu (obojane roza bojom), 34 spirale zakrenute u smjeru kazaljke na satu (obojane plavom bojom). Pomaknemo li se malo prema sredini, brojimo 21 zelenu spiralu zakrenutu suprotno od kazaljke na satu i 13 obojanih u crveno, zakrenutih u smjeru kazaljke na satu. (slika 12.)



Slika 13. Spiralna građa kod ananasa

Na kraju sam proučio i građu ananasa, kod kojeg sam uočio da je građen od polja koja imaju oblik šesterokuta. Ti šesterokuti oblikuju spirale koje se opet nižu u 8 lijevo nagnutih spiralama, 11 desno nagnutih spiralama i 19 vertikalnih spiralama. (slika 13.)

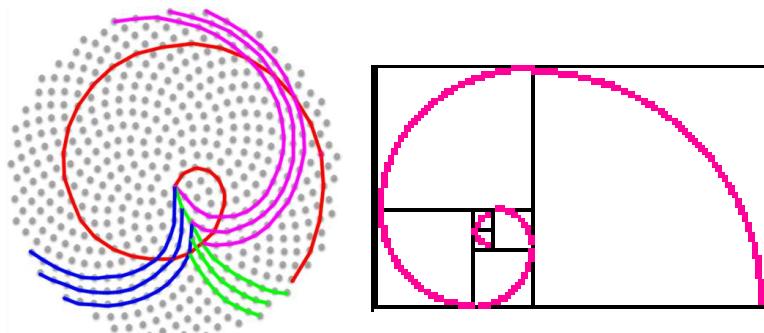
Prebrojavanjem spiralala kod češera (većeg i manjeg) dobio sam da se spiralala pojavljuju u dva smjera te da ih ima ili 8 ili 13. Kod čuvarkuće uočio sam da listovi rastu također u spiralama, 5 u smjeru kazaljke na satu i 8 u suprotnom smjeru od kazaljke na satu. (slika 14.)



Slika 14. Spirale kod češera i čuvarkuće

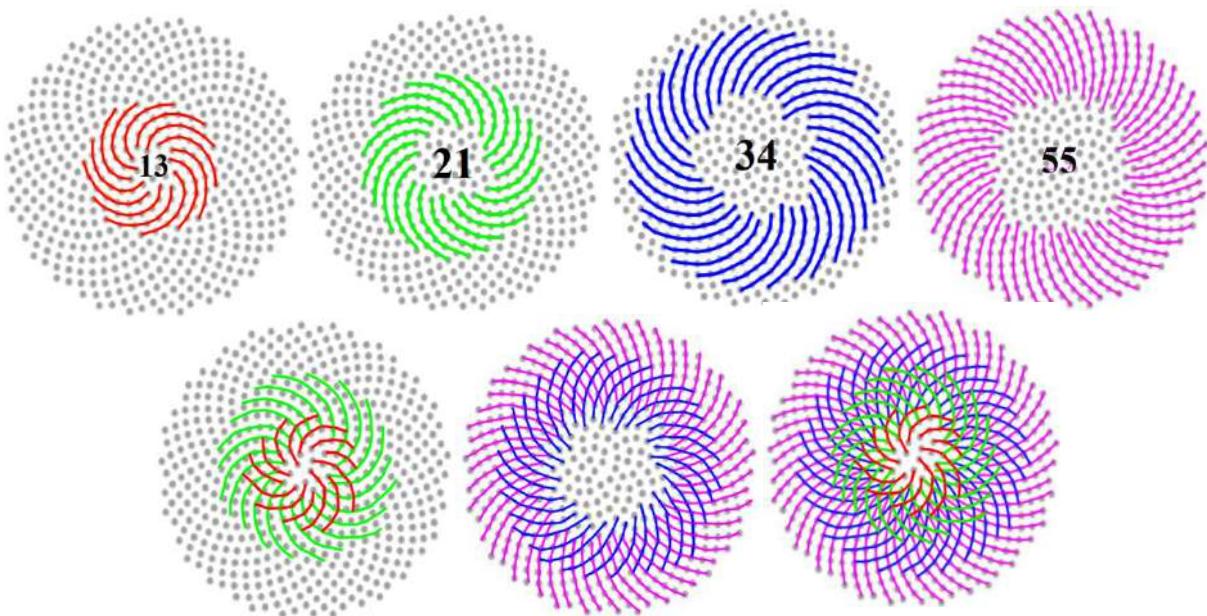
## 5 Rezultati i rasprava

Na temelju svega navedenog zaključio sam da sjemenke suncokreta rastu u spiralama poštujući omjer zlatnog reza. Svaka spirala je Fibonaccijeva ili zlatna spirala. Sjemenke oblikuju četiri vrste spirala. Dvije u smjeru suprotnom od kazaljke na satu i dvije u smjeru kazaljke na satu. (slika 15.)



Slika 15. Zlatne spirale na modelu sjemenki cvijeta

Dakle, u sredini cvijeta ima najmanje spirala, njih 13, zakrenutih u desno, zatim prema vanjskom rubu ih ima sve više, 21 zakrenuta u lijevo, 34 zakrenute u desno i 55 zakrenutih opet u lijevo. Kod većih cvjetova niz se nastavlja s 89 spirala zakrenutih u desno, pa opet 144 spirale zakrenute u lijevo itd. Spirale se međusobno preklapaju. Čim veći cvijet to više spirala ima. Broj spirala slijedi Fibonaccijev niz. Sve navedeno se slaže s početnom pretpostavkom i teorijom navedenom ranije. (Slika 16.)



Slika 16. Prikaz svih spirala i njihovi presjeci

Osim kod suncokreta, spiralna struktura koja prati omjer zlatnog reza potvrđena je i kod češera i čuvarkuće. I njihove spirale su zlatne spirale, a broj spirala u suprotnim smjerovima su susjedni Fibonaccijevi brojevi. Kod češera su to 8 i 13, a kod čuvarkuće 5 i 8. Dakle, i ovdje se nalaz slaže s teorijom.

Proučavajući ananas također sam primijetio spiralnu strukturu, no prebrojavajući spirale dobio sam da je broj spirala 8, 11 i 19, a 11 i 19 nisu članovi Fibonaccijevog niza. Taj dio se razlikuje od teorije navedene u razradi problema. Prepostavljam da je to iz razloga što ni priroda nije savršena, uvijek postoje odstupanja i iznimke, ali trudi se biti savršena. Jedno od takvih odstupanja je i djatelina s četiri lista, vjerojatno ju je i zato toliko teško pronaći.

## 6 Zaključak

Sjemenke suncokreta rastu tako da oblikuju zlatne spirale. U svakom suncokretu razlikujemo četiri različite zlatne spirale, a broj pojedinih spirala je kod svakog suncokreta Fibonaccijev broj, najviše ih ima na vanjskom rubu cvijeta, zakrenutih u lijevo. Čim je suncokret veći to više spirala ima. Zlatne spirale pojavljuju se i kod drugih biljaka, ne samo u položaju sjemenja nego i u rastu listova, latica i ljuski te i njihov broj prati Fibonaccijev niz. Očiti primjeri su češer i čuvarkuća. Kod crtanja ananasa dobio sam rezultate koji se razlikuju od pretpostavke pa zbog toga mislim da bi bilo zanimljivo istražiti postoje li ta odstupanja i kod suncokreta i koliko su česta.

## Literatura

- [1] <http://www.scienceonthenet.eu/content/article/nature-numbers> (4.12.2018.)
- [2] <https://orthodoxnet.com/blog/2014/04/mathematics-of-life-and-nature/> (4.12.2018.)
- [3] <http://www.maths.surrey.ac.uk/hosted-sites/R.Knott/Fibonacci/fibnat.html#section3> (4.12.2018.)
- [4] <https://timwolverson.wordpress.com/2014/02/08/plot-a-fibonacci-spiral-in-excel/>
- [5] (4.12.2018.)
- [6] <http://fotoklub-cakovec.hr/wp/2012/02/geometricnost-fotografije-ii> (4.12.2018.)
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Fibonacci\\_number](https://en.wikipedia.org/wiki/Fibonacci_number) (4.12.2018.)
- [8] <https://www.agroklub.com/sumarstvo/fibonaccijev-niz-u-sumi/28485/> (4.12.2018.)

## **Problem 8. Mirisi**

**Autor: Marko Drozdek**

**Mentor: Mateja Šušić, Nevena Matijašić**

**8. razred, Osnovna škola Gornja Vežica, Rijeka, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Odabrao sam problem "Mirisi" koji glasi: "Mirisi se prenose zrakom, no ljudskom je njuhu potrebno neko vrijeme da ih opazi. Proučite različite aspekte difuzije mirisa i osjeta mirisa kod ljudi."

Budući da u opisu problema nije direktno rečeno što moram mjeriti, odlučio sam postaviti svoje ciljeve i istražiti ih. Prvi mi je cilj bio ustanoviti utječe li temperatura tijela na brzinu putovanja mirisnih čestica tog tijela. Kao drugi cilj postavio sam istraživanje utječe li spol na sposobnost osjeta mirisa. Odlučio sam oba cilja postići u jednom pokusu.

### **2 Teorijska razrada problema**

#### **2.1 Miris i njegov osjet**

Miris je kemijsko svojstvo mnogih tvari za koje kažemo da mirišu. Iz takvih tvari hlapaju sitne čestice pare ili plina. Te se čestice difuzijom šire dok ne dođu do nosa. Difuzija plina je širenje čestica plina od mjesta veće koncentracije do mjesta manje koncentracije tih čestica. Kada čestice mirisa dođu do nosa one se ovlaže na nosnoj sluzi. Tada je moguće osjetiti miris.

U sluzi se nalaze kratki ogranci živčanih stanica. Kada mirisne čestice dođu u kontakt sa živčanim stanicama, stvaraju podražaj i stanica električnim signalom šalje informaciju o mirisu u dio mozga za prepoznavanje mirisa.

#### **2.2 Osjetilo njuha**

Osjetilo njuha jedno je od pet osjetila čovjeka, ali i osjetilo mnogih živih bića. Ono osjeća mirise i najvažniji organ za to osjetilo jest nos. Razvijenost osjetila njuha ovisi o broju živčanih stanica za osjet mirisa u nosu. Kao primjer možemo usporediti njuh psa i njuh čovjeka. Poznata je činjenica da psi imaju mnogo razvijeniji osjet njuha nego ljudi, a to je zato jer imaju više živčanih stanica u nosu. Psi imaju dvadeset puta više živčanih stanica za osjet mirisa nego ljudi. Bolest također može biti uzrok ograničenosti ovog osjetila. Kada smo prehladeni, u nosu nastaje previše sluzi i mirisne čestice ne mogu doći do živčanih stanica. Postoje i bolesti koje u potpunosti sprečavaju njuh. Te bolesti najčešće sprečavaju osjet jedne vrste mirisa, ali moguće je da i u potpunosti spriječi osjetilo njuha. Te se bolesti nazivaju anosmijama.

Također, osjetilo njuha u životinjskom svijetu može značiti orientaciju, komunikaciju, označavanje teritorija i obrambeni mehanizam.

### 2.3 Očekivanja

Prije izvođenja pokusa u kasnije navedenoj literaturi sam pronašao da mirisne čestice hlapaju iz tijela. To me navelo na razmišljanje i prepostavku da će iz tijela više temperature mirisne čestice najbrže ishlapiti i doći do ispitanika, a osobno iskustvo odvelo me u očekivanje da će djevojke brže osjetiti miris od dječaka.

## 3 Eksperimentalni postav

Za izvedbu pokusa koristio sam: dvije staklenke ,porculanski tanjur, sportski gel za tuširanje, plastičnu špricu, termometar, staklenu čašu, stakleno zvono, plamenik, postolje, vodovodnu vodu i Petrijevu zdjelicu. (slika 1.)

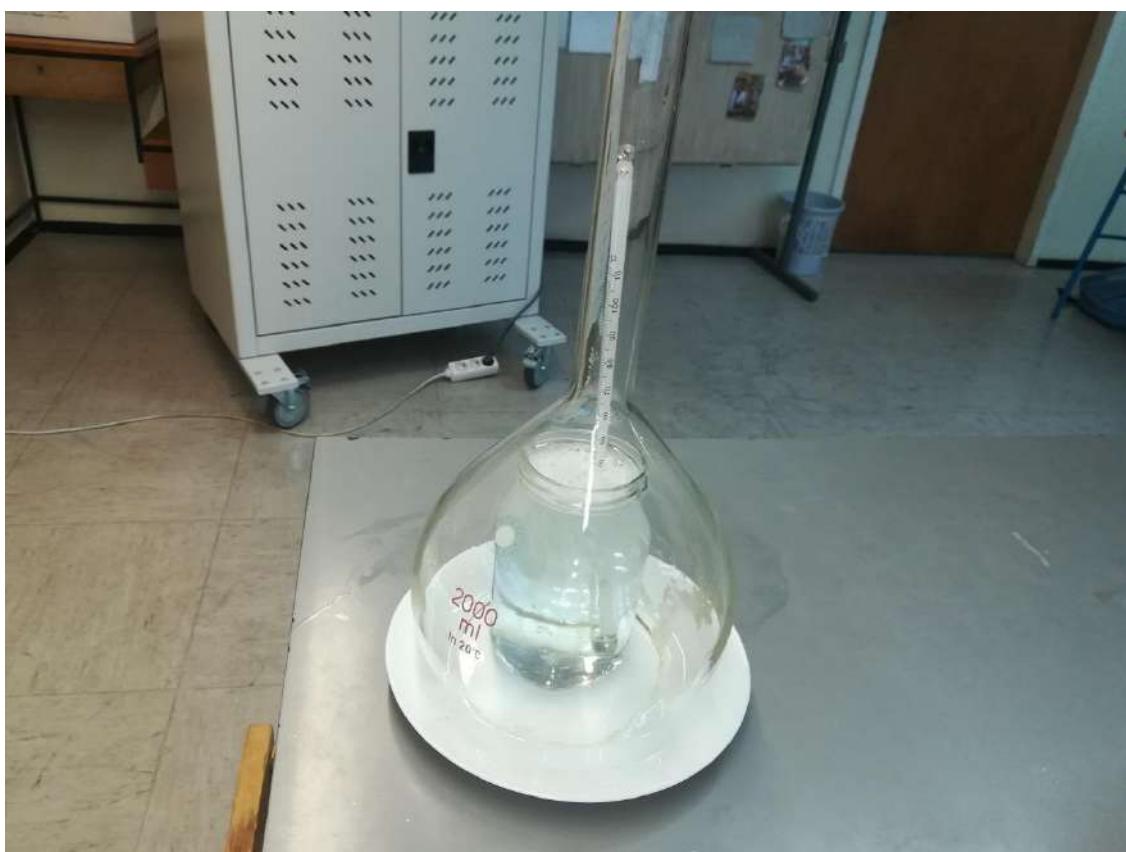


(Slika 1. Neki od korištenog pribora)

#### 4 Metode i mjerene

Ispitivanje sam proveo na desetero učenika iz mog razreda. Tih deset tvorilo je pet dječaka i pet djevojaka. Svi ispitanici imaju 13 ili 14 godina. U školskoj učionici kemije posložili smo tri klupe tako da tvore približan kvadrat. Odredio sam središte kvadrata, od tamo ću puštati miris. Oko stolova posložili smo deset stolica svaku 1 metar udaljenu od središta.

Nakon toga krenuo sam raditi otopinu koja će puštati miris. Za otopinu sam odabrao vodenu otopinu sportskog gela za tuširanje. U staklenu čašu ulio sam 400ml vode i to prelio u jednu od staklenki. Potom sam u Petrijevu zdjelicu istisnuo nešto gela i iz zdjelice izvukao špricom 7ml gela te sam ga prebacio u staklenku. Staklenku sam zatvorio pripadajućim poklopcom i tresući pomiješao sastojke. Kada sam to učinio, stavio sam staklenku na tanjur, otvorio je i u nju ubacio termometar i sve pokrio začepljenim staklenim zvonom. Takvu sam konstrukciju ostavio 7 minuta na sobnoj temperaturi (slika 2.).



(Slika 2. Pripravljena otopina u konstrukciji puštena na sobnoj temperaturi)

Za to vrijeme ispitanici su se proizvoljno posjeli za stolice oko prije pripravljenog stola te sam postavio mobitel da snima stol i učenike. Ispitanicima je rečeno da će se iz sredine stola pustiti miris te će oni morati mirno sjediti i samo lagano podignuti ruku kada osjete miris.

Nakon isteklih sedam minuta stavio sam staklenku na već prije određeno središte stolova te sam podigao stakleno zvono i izvadio termometar. Odmah sam započeo odbrojavati dvije minute, što je bilo određeno vrijeme prikupljanja podataka. Svi podaci koji su zabilježeni u

istraživanju jesu zabilježeni u te dvije minute. Istovremeno kada sam krenuo odbrojavati vrijeme, pogledao sam termometar koji je bio u staklenki sedam minuta i očitao s njega da temperatura otopine iznosi  $25^{\circ}\text{C}$ .

Kada su zadane dvije minute istekle, odmaknuo sam staklenku na učiteljski stol te izlio otopinu iz nje, a ispitanike sam zamolio da otvore prozore učionice (koji su dosad bili zatvoreni) kako bi se učionica mogla provjetriti da se miris koji je pušten ranije ukloni kako ne bi smetao dalnjim ispitivanjima.

Prvi test bio je uspješno obavljen. Tada sam jednakim postupkom napravio novu otopinu u drugoj staklenki s istom količinom vode i gela za tuširanje te sam nju stavio na tanjur, ubacio termometar i pokrio sve staklenim zvonom. Ovaj put otopinu sam odnio u hladnjak zbornice naše škole. Nakon 7 minuta izvadio sam je i opet postavio na stol učionice. Ispitanici su me već čekali na istim mjestima na kojima su sjedili prije desetak minuta, a i prozori su bili zatvoreni. Podigao sam stakleno zvono, izvadio termometar i opet počeo štopati dvije minute. Ovaj put termometar je pokazivao  $12^{\circ}\text{C}$ .

Preostao mi je još samo jedan test, a to je puštanje mirisa dok se otopina zagrijava. Umjesto da otopinu zagrijavam u još jednoj staklenki, odlučio sam je ovaj put napraviti u staklenoj čaši predviđenoj za zagrijavanje zbog sprečavanja velikog rizika pucanja stakla pri zagrijavanju. Otvorili smo prozore i ponovio sam postupak radnje otopine kao i za prijašnje dvije smjese, samo što sam ovaj put umjesto trešnjom pomiješao sastojke miješanjem staklenim štapićem. Pokloplio sam otopinu sa staklenim zvonom bez ubacivanja termometra. Za vrijeme u kojem sam pustio poklopljenu otopinu na sredinu stola postavio sam plamenik iznad kojeg je bio tronožac s azbestnom mrežicom stavljenom na vrh.

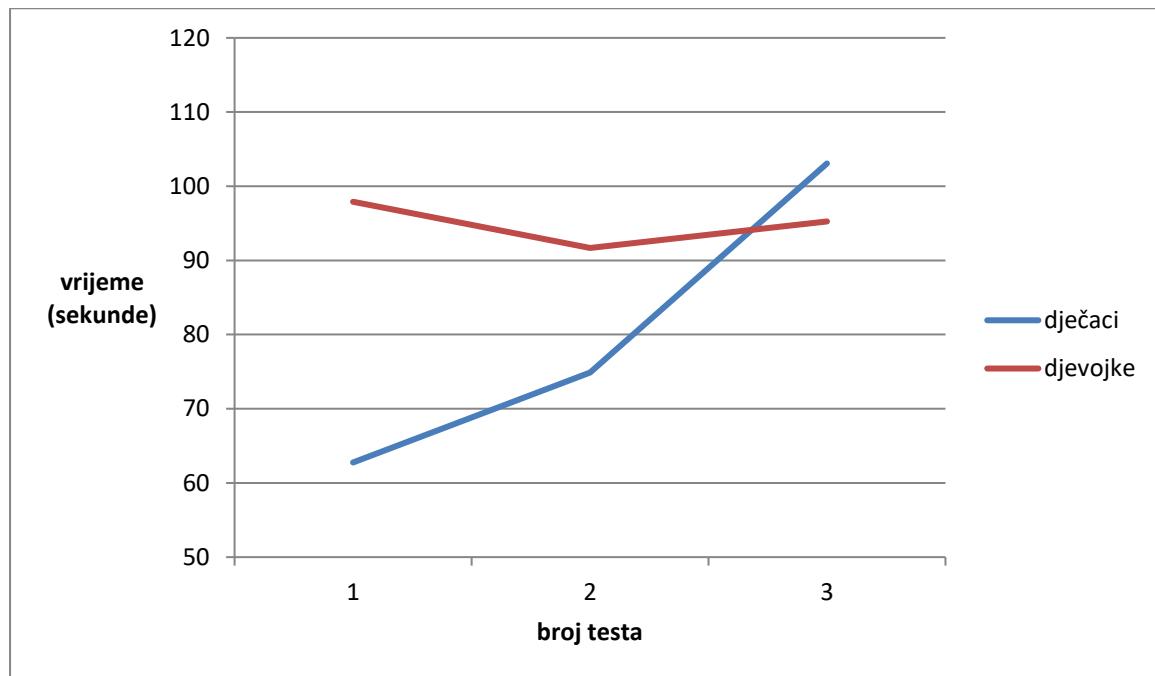
Kada je 7 minuta prošlo zatvorili smo prozore, upalio sam plamenik, maknuo stakleno zvono i stavio staklenu čašu s otopinom na azbestnu mrežicu. Nakon odbrojene dvije minute ugasio sam plamenik i stavio termometar u otopinu. Očitao sam  $35^{\circ}\text{C}$ .

Budući da su sva ispitivanja bila izvršena, pustio sam ispitanike kući dok su neki ostali i pomogli mi s vraćanjem učionice u red. Očistio sam pribor i zaputio se kući gdje sam analizirao rezultate.

## 5 Rezultati

Već sam spomenuo da sam eksperiment snimao mobitelom. Snimke sva tri ispitivanja ubacio sam u besplatni program za uređivanje videozapisa "Filmora" kako bih točno odredio kada je koji učenik podigao ruku. Izmjerio sam vrijeme svakog dizanja ruke, a ako učenik nije podigao ruku u zadanom vremenu računao sam da mu je bilo potrebno 120 sekundi. Za svako od tri mjerenja uzeo sam aritmetičku sredinu vremena za osjet mirisa kod dječaka i aritmetičku sredinu vremena za osjet mirisa kod djevojaka.

Rezultati su prikazani u grafu:



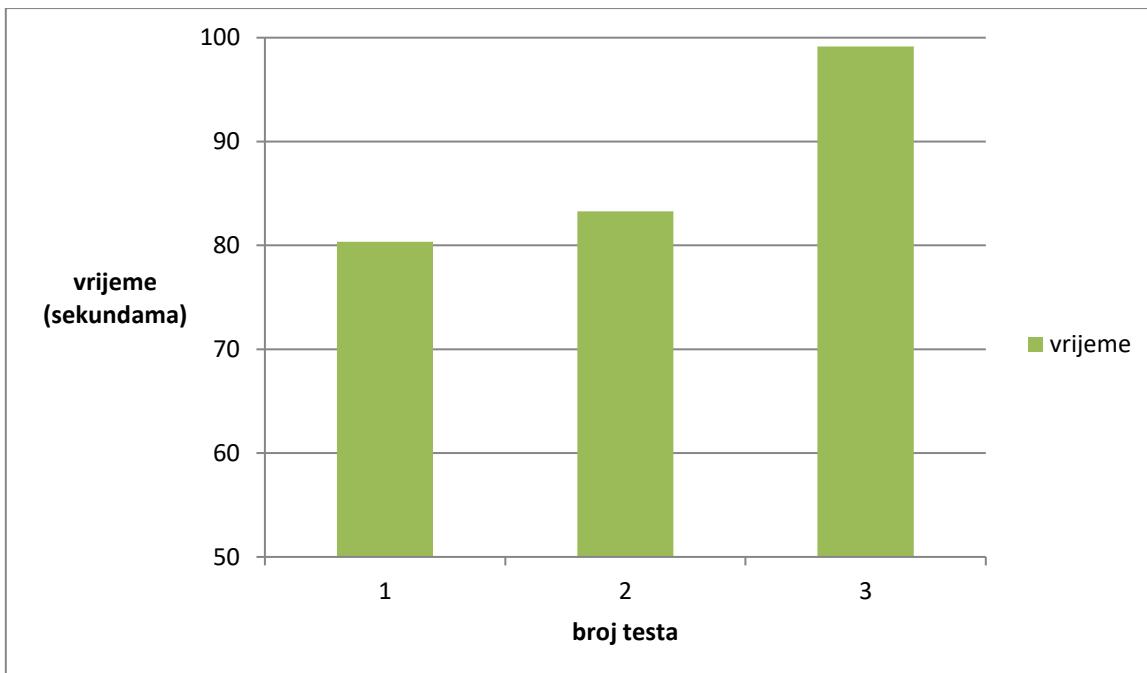
**Graf 1.Prikaz mijenjanja aritmetičke sredine vremena za osjet mirisa u sekundama**

Aritmetička sredina vremena za osjet mirisa kod dječaka u prvom testu, tj. s otopinom temperature  $25^{\circ}\text{C}$ , jest 62.762 sekunde, u drugom testu, s otopinom temperature  $12^{\circ}\text{C}$ , iznosi 74.894 sekunde. U trećem testu za koji se koristio plamenik tražena aritmetička sredina vremena je 103.07 sekundi.

Rezultati djevojaka nimalo se ne podudaraju. Aritmetička sredina vremena u prvom testu je čak 97.908 sekundi! Drugi test za sobom nosi traženu aritmetičku sredinu od 91.678 sekundi, a treći test pokazao je da je aritmetička sredina vremena za osjet mirisa iznosi 95.238 sekundi.

Nakon što sam odredio aritmetičke sredine vremena potrebnog da miris dođe do djevojaka i dječaka odvojeno, izračunao aritmetičku sredinu navedenih vrijednosti za svaki test. Na taj sam način dobio aritmetičku sredinu vremena potrebnog da eksperimentalni miris prođe 1 metar.

Dobiveni su rezultati predstavljeni u dijagramu:



**Graf 2. Prikaz mijenjanja aritmetičke sredine vremena za osjet mirisa na 1 metar udaljenosti u sekundama**

Prikljucnjima podacima dobio sam da je prosječna brzina mog eksperimentalnog mirisa 80.335 sekundi po metru kada je otopina temperature  $25^{\circ}\text{C}$ , 83.286 sekundi po metru kada je otopina temperature  $12^{\circ}\text{C}$  i 99.154 sekundi po metru kada je temperature otopine  $35^{\circ}\text{C}$ .

Rezultati koje sam dobio znatno se razlikuju od moje hipoteze na početku.

### 5.1 Usporedba hipoteze i rezultata

Moje je predviđanje na početku bilo da će miris zagrijane otopine do ispitanika doći najbrže, a da će miris otopine koja je provela 7 minuta u hladnjaku doći do ispitanika najsporije. Također sam predvidio da će djevojke osjetiti miris brže nego dječaci.

Istraživanje je pokazalo da miris otopine koja je ostala na sobnoj temperaturi najbrže dolazi do ispitanika, a miris otopine koju sam zagrijao (i za koji sam mislio da će se osjetiti najbrže) najsporije je došao do ispitanika. Također sam pogriješio u vezi hipoteze sa spolom. Dječaci su u prosjeku u dva slučaja od tri osjetili miris brže nego djevojke.

No, siguran sam da je na dobivene rezultate utjecao jedan jako velik faktor, a to je koncentracija ispitanika. Možemo primijetiti da se dobivena brzina širenja mirisa, odnosno koliko su brzo ispitanici osjetili miris, povećava kako prolaze testovi.

Na činjenicu da su ispitanici u svakom testu kasnije podizali ruke može utjecati taloženje mirisnih čestica u sluzi. Mirisne čestice otopine iz prvog testa ostale su u sluzi i mozak se navikao na njih, tako da je u drugom testu trebalo u sluz uči više mirisnih čestica kako bi mozak prepoznao veći intenzitet mirisa. Isto se to, samo u većem broju mirisnih čestica, pojavljuje i u trećem testu.

## **6 Zaključak**

Mjerio sam prosječnu brzinu mirisa jednakih otopina različitih temperature i istraživao sam utječe li spol na osjet mirisa. Očekivao sam da će djevojke brže osjetiti zadani miris, a najbrže onaj čiji sam izvor zagrijavao.

Nakon provedenog pokusa uvidio sam da mi hipoteza nije bila u potpunosti točna. Na temelju rezultata može se zaključiti da tijela više temperature puštaju miris sporije nego ona niže temperature.

Nisam u potpunosti siguran može li se osjet mirisa kategorizirati po spolu jer je svaki pojedinac, bio muškog ili ženskog spola, drukčiji od drugih s posebnim životnim navikama, zdravstvenim stanjem, mjestom stanovanja... No dobiveni rezultati upućuju na zaključak da dječaci bolje osjećaju miris od djevojaka.

Iako uza sav moj trud, ovaj je eksperiment imao još nešto mjesta za nadogradnju npr. Utječe li dob na kvalitetu osjetila njuha? Ima li ikakve veze s tim temperatura zraka kroz kojeg se miris širi? Bi li rezultati bili drukčiji da su ispitanici imali poveze na očima i nisu vidjeli ni smjesu ni druge ispitanike?

To su samo neki od mojih prijedloga kako unaprijediti buduća istraživanja na ovu temu. Sve sam te parametre i faktore htio ispitati i proučiti, ali nisam bio u mogućnosti.

## **7 Zahvale**

Ovim bih se putem zahvalio svojim profesoricama i mentoricama Mateji Šustić i Neveni Matijašić koje su odvojile svoje vrijeme i znanje kako bi me vodile i pomogle mi na putovanju ovog turnira.

Moje zahvale također idu knjižničarki naše škole prof. Danili Ferenčević koja mi je pomogla u traženju literature i svim prijateljima iz razreda koji su pristali biti dio ovog eksperimenta.

Zadnja osoba kojoj želim zahvaliti je razredni prijatelj i jedan od ispitanika Luciano Manuel Rukavina koji mi je svojevoljno pomagao tijekom pokusa u situacijama gdje je više ruku bilo potrebno.

## **8 Literatura**

- [1] Jurčić, Metzger, Vujaklija, Batinica : Čovjek, Mozaik knjiga, 2004.
- [2] Wilson : Čovječe tijelo, Školska knjiga, 1973.
- [3] Parsons : Ljudsko tijelo, Grafica Veneta, 2009.
- [4] Bastić, Begić, Novoselić, Popović : Biologija 8, Alfa, 2014.
- [5] <http://www.enciklopedija.hr>

## **Problem 16. Izumi sam: Kratkotrajno pamćenje**

**Autor: Marita Machata**

**Mentor: Mirna Keresteš**

**8. razred, OŠ Tina Ujevića, Zagreb, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Odabrala sam 16. problem: Kratkotrajno pamćenje iz kategorije Izumi sam problema. U rješavanju problema treba istražiti faktore koji utječu na kratkotrajno pamćenje, količinu informacija koje ono može sadržavati i njegovo trajanje. Kada sam čitala popis problema, zadatak me odmah zainteresirao jer me oduvijek zanima psihologija i pamćenje. Prošle godine sam radila istraživanje vezano za biologiju i prirodne znanosti, pa sam ove godine htjela probati nešto drugačije. Također sam pomislila da je „Kratkotrajno pamćenje“ tema na koju se može napraviti mnogo istraživanja, od kojih je svako jedinstveno i različito, s obzirom na to da postoje mnogi faktori i mogući utjecaji na zadržavanje informacija u kratkoročnom pamćenju. Budući da najuže odrednice rješavanja ovog problema nisu strogo određene, ja ću se u rješavanju problema fokusirati na istraživanje utjecaja dviju vrsta glazbe na količinu zapamćenih informacija i razliku između pamćenja apstraktnih i konkretnih imenica pri slušanju tih vrsta glazbe.

### **2 Teorijska razrada problema**

Pamćenje je kognitivna sposobnost koja uključuje primanje, pohranjivanje i pronalaženje informacija stečenih iskustvom ili aktivnim znanjem (Petz i sur, 2005; Vrančić i Tonković 2011). Postoje 3 vrste (faze) pamćenja: senzorno, kratkotrajno (kratkoročno) i dugotrajno (dugoročno) (Zarevski, 2002). Senzorno pamćenje sadrži nepromijenjene informacije iz okoliša koje su registrirali osjetni organi (Zarevski, 2002). Ono traje najkraće i ako nismo usmjereni na informaciju, zaboravljamo ju u roku od nekoliko sekundi. Kako bismo iz senzornog pohranili informacije u kratkotrajno pamćenje, moramo selektivno odabrati na koje ćemo informacije usmjeriti svoju pažnju (Lawson, Fernandes, Albuquerque i Lacey, 2016). Nepromijenjene informacije iz kratkotrajnog pamćenja možemo koristiti kratko vrijeme za obavljanje nekog zadatka. No, ako te informacije želimo pohraniti u dugotrajno pamćenje, koje ima neograničen kapacitet i u kojem informacije mogu biti pohranjene cijeli život, moramo na njih usmjeriti pažnju te ih na neki način izmijeniti, odnosno, obraditi (McLeod, 2013; Zarevski 2002). Takva vrsta obrade informacija naziva se kodiranje, koje se može definirati kao pretvaranje informacija u onaj oblik u kojem se kasnije mogu pohraniti i pronaći, odnosno, činjenje informacija smislenim za pojedinu osobu (Zarevski, 2002). Postoje različite vrste kodiranja informacija – fonološko, vizualno i semantičko. Prilikom fonološkog kodiranja informacije se kodiraju u obliku zvučnog zapisa i zadržavaju u pamćenju ponavljanjem. Verbalne čestice možemo, međutim, kodirati i u vizualnom obliku te na temelju njihova značenja, što predstavlja dominantan način reprezentiranja čestica u dugoročnom pamćenju

(Smith i sur., 2007). Istraživanja u psihologiji pokazuju da se konkretni pojmovi pamte u većoj količini i lakše se pronalaze u pamćenju, u odnosu na apstraktne pojmove. Razlog tome je to što informacije trebamo učiniti što smislenijima i povezati ih, na temelju njihova značenja, s onime što prethodno znamo kako bismo ih što trajnije pohranili u naše pamćenje i što lakše pronašli kada nam zatrebaju (Smith i sur., 2007). Istraživanja u psihologiji pokazuju da se konkretni pojmovi pamte u većoj količini i lakše se pronalaze u pamćenju, u odnosu na apstraktne pojmove. Razlog tome je način kodiranja čestica, pri čemu se za konkretnе pojmove, osim verbalnih tragova u pamćenju, znatno lakše stvaraju i vizualni tragovi, dok se za apstraktne pojmove uobičajeno stvara samo verbalni trag (Zarevski, 1997). Kapacitet kratkotrajnog pamćenja nije neograničen poput kapaciteta dugoročnog pamćenja, već prosječno iznosi 5 do 9 nepovezanih čestica, što se naziva „Millerovim magičnim brojem 7+/-2“ (Miller, 1956). Kratkotrajno pamćenje smatra se najpogodnjim za istraživanje jer omogućuje brzo iznošenje identičnih informacija svim sudionicima istraživanja te zatim i lako mjerjenje količine zapamćenih informacija, odnosno, kapaciteta kratkoročnog pamćenja. S druge strane, senzorno je pamćenje često prekratko da bi se zabilježilo te ga je, zbog količine i različitosti informacija koje neprestano u njega pristižu teško izraziti u nekoj mjernoj jedinici. Proces formiranja dugotrajnog pamćenja je pak predugačak i previše divergentan od osobe od osobe da bi se točno mjerio.

Ja u svom istraživanju mjerim razliku između količine zapamćenih čestica kod slušanja dva vrlo različita tipa glazbe. Utjecaj glazbe na pamćenje me zanima i zbog brojnih primjera iz stvarnog života. Neki ljudi, poput mene, ne mogu se tijekom učenja koncentrirati ako usput slušaju glasnu ili brzu glazbu, no mogu se koncentrirati kada je u pozadini mirna, klasična glazba. Zanimalo me mogu li dokazati ili provjeriti kakav zapravo utjecaj imaju i jedna i druga vrsta glazbe. Psihologiska istraživanja pokazuju da različite vrste glazbe mogu imati utjecaj na sposobnost zapamćivanja zadanog sadržaja (Andrews, Crowe i Sparks, 2009) Godinama se vjeruje da puštanje klasične glazbe maloj djeci dok spavaju ili se igraju pozitivno utječe na njihovu pamćenje, motoriku ili čak inteligenciju (Andrews, Crowe i Sparks, 2009). Ta je pojava poznata pod nazivom "Mozartov efekt" (Terzin-Laubin i Ivanec, 2012), no neki je istraživači nisu uspjeli potvrditi. Klasična glazba smatra se smirujućom i opuštajućom, što može dovesti do pozitivnog raspoloženja te imati pozitivan učinak na rad mozga i pamćenje (Blanchard, 1997; Bugter i Carden, 2012). Rock glazba se, za razliku od toga smatra brzom, "agresivnom" i emocionalno pobuđujućom.

## 2.1 Hipoteze

Kada sam planirala istraživanje i čitala literaturu, kod mene su se javile neke pretpostavke o rezultatima koje sam zatim postavila u obliku hipoteza čiju sam točnost provjerila svojim istraživanjem.

Utjecaj na to pamtimo li i dalje neku informaciju ima vrijeme koje je prošlo otkad smo tu informaciju primili, stoga mislim da će najviše sudionika na svojim listama zapamćenih riječi imati upravo zadnju riječ koju sam pročitala: *Ijutnja.* (Baddeley i Hitch, 1993). Prva hipoteza: **Zadnja riječ koju sam pročitala bit će najčešće zapamćena ili jedna od najčešće zapamćenih riječi na listama zapamćenih riječi.**

Također očekujem pojavu efekta primarnosti, tj. da će prva riječ *kišobran* biti zapamćena u velikom postotku. Ta se pojava često pojavljuje u istraživanjima koje sam proučavala. Druga hipoteza je: **Prva će riječ koju sam pročitala biti jedna od najčešće zapamćenih riječi.**

Koristim i apstraktne i konkretne imenice. Kod pamćenja konkretnih imenica osim fonološkog koristimo i vizualno kodiranje (Zarevski, 2002), što znači da će učenici lakše zamisliti i vizualizirati u pamćenju konkretni predmet u odnosu na apstraktnu riječ. S obzirom na to, moja treća hipoteza je: **Prosječan broj zapamćenih konkretnih riječi bit će veći od prosječnog broja zapamćenih apstraktnih riječi.**

Ispitujem dvije različite dobne skupine, učenike osmih razreda (14-14.5 godina) i učenike prvih razreda (7-7.5 godina). Dva čimbenika koji bi mogli utjecati na rezultate su koncentracija i iskustvo. S obzirom na to da su stariji učenici već učili za brojne testove te kontinuirano radili na svojoj koncentraciji, moguće je da će lakše ignorirati informacije ili smetnje iz okoline. Djeca rane školske dobi, s druge strane, još nemaju toliko razvijenu koncentraciju te je stoga moguće da će im glazba u većoj mjeri odvlačiti pažnju.

Moja četvrta hipoteza je: **Prosječan broj zapamćenih riječi kod starijih ispitanika bit će veći od prosječnog broja riječi koje su zapamtili mlađi učenici.**

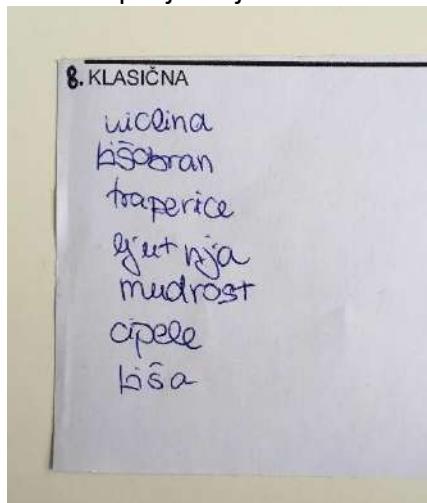
Moja pretpostavka je da će biti lakše koncentrirati se na pamćenje i procesiranje riječi kod slušanja klasične glazbe u pozadini, u odnosu na slušanje glasne i "agresivne" glazbe. Smatram da je klasičnu glazbu lakše ignorirati u odnosu na rock glazbu, čak i kada učenik voli učiti u tišini. Moja posljednja hipoteza je: **Prosječni broj zapamćenih riječi kod slušanja klasične glazbe bit će veći od prosječnog broja zapamćenih riječi kod slušanja rock glazbe.**

### 3 Eksperimentalni postav

Odlučila sam ispitati kratkoročno pamćenje kod dvije različite dobne skupine, učenika prvih razreda (7-7.5 godina) i učenika osmih razreda (14-14.5 godina) osnovne škole. Sve ukupno ispitano je oko 80 učenika. Informacije će biti iznošene u obliku riječi, imenica različitog stupnja konkretnosti, pri čemu će neke biti apstraktnije od drugih da bih mogla izmjeriti razliku između pamćenja te dvije vrste imenica.

Prije provođenja istraživanja pripremljeni su listići na kojima je u kutu napisano 8.KLASIČNA/1.KLASIČNA/8.ROCK/1.ROCK tj. vrsta glazbe koja se sluša i razred, i to u svrhu da ja mogu lakše razvrstati lističe i proučavati rezultate (slika 1.).

Listići, koji su dimenzije 21 x 7.5 cm, nisu sadržavali ništa drugo osim navedene oznake, tako da su učenici imali dovoljno prostora za zapisivanje zapamćenih imenica. Učenicima je rečeno da izvade vlastiti pribor za pisanje (jednu kemijsku/olovku/flomaster) prije početka provedbe istraživanja. Učenicima je ukratko rečeno da će im biti puštena glazba te će im biti pročitana lista riječi. Njihov zadatak bit će zapamtiti što više riječi s liste te, na znak eksperimentatora, zapisati zapamćene riječi na list papira. Učenicima je dana uputa da poredak riječi u zapisivanju nije bitan, kao ni raspored riječi ili veličina slova, jedino je bitno da su riječi čitljive. Od dodatnih materijala korišten je mobitel preko kojega sam puštala glazbu. Tijek istraživanja bio je takav da je učenicima najprije puštena glazba. Nekoliko sekundi nakon početka puštanja glazbe počela sam im diktirati riječi, pazila sam da riječi izgovaram odgovarajućom brzinom, ne pre brzo da budu potpuno razumljive, ali da ne radim duge pauze između riječi. Sve skupa mi je za čitanje 14 riječi trebalo oko 20 sekundi. Nakon što sam pročitala riječi, glazba je ugašena te je učenicima dan znak za početak pisanja zapamćenih riječi. Učenicima je rečeno da će za prisjećanje imati 3.5 minute, nakon čega ću pokupiti lističe s odgovorima.



Slika 1. Primjer dijela ispunjenog listića

Klasična glazba: Mariage D'amoure-Paul de Senneville (pseudonim: Proljetni valcer-Frederic Chopin)

Rock glazba: March on-Ethan Meixsell

Te sam dvije skladbe odabrala jer su po meni najbolje predstavljale žanrove čije sam utjecaje na pamćenje htjela ispitati. Također tražila sam rock glazbu bez riječi, da pojava riječi u skladbi ne bi utjecala na istraživanje.

Popis riječi koje diktiram po redoslijedu: kišobran, samoća, zub, mudrost, cipele, sreća, traperice, ljestvica, televizor, zvuk, bilježnica, umjetnost, violin, ljutnja.

Samostalno sam te riječi odabrala jer nisam htjela da složenost ili nerazumijevanje tih riječi utječe na rezultate, pa sam odabrala relativno često korištene i lako razumljive riječi. Oko

apstraktnih sam se riječi posavjetovala s profesoricom hrvatskog jezika. Riječi sam odlučila posložiti tako da se pravilno izmjenjuju jedna konkretna (npr. *kišobran*, *televizor i zub*) i jedna apstraktna riječ (npr. *samoća*, *mudrost i umjetnost*).

## 4 Rezultati

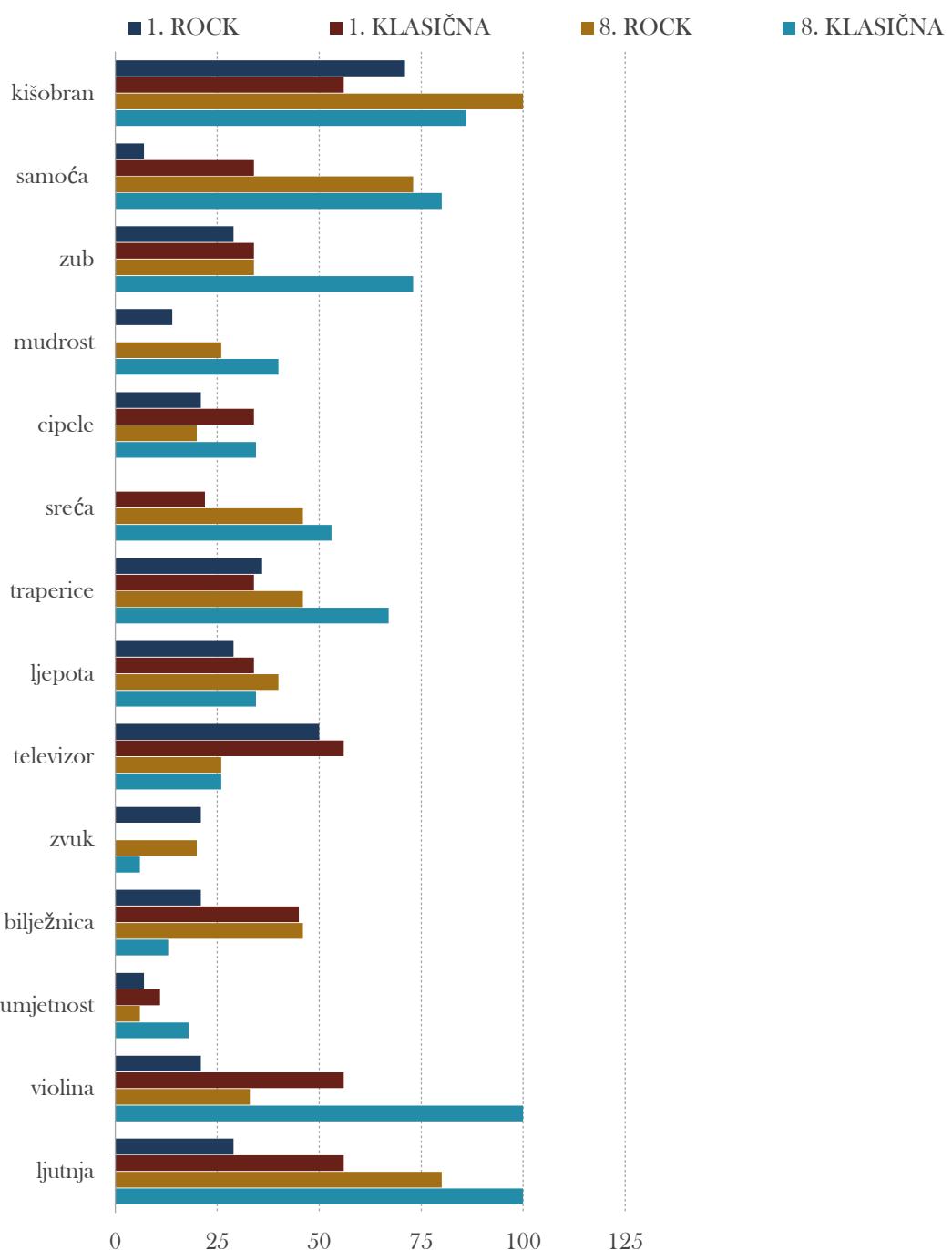
### 4.1 Najčešće i najrjeđe zapamćene riječi

I prije proučavanja rezultata mogla sam pretpostaviti da će neke riječi biti više zastupljene na listama od drugih. Na osnovi rezultata napravila sam grafikon koji prikazuje zastupljenost pojedinih riječi na popisima u sve četiri grupe (svaka riječ predstavljena je bojom, legenda se nalazi iznad grafikona). Broj zapamćenih riječi prikazan je u postotcima koji označavaju udio listića koji sadržavaju neku riječ. Ako riječ nije bila navedena niti na jednoj listi, pridružena joj je vrijednost 0.

Općenito najzapamćenije riječi su *kišobran*, *ljutnja*, *violina i traperice*.

Riječi *violina* i *ljutnja* su riječi koje sam zadnje izdiktirala. Riječ *ljutnja* zapisalo je 29-100% sudionika, a kada bismo gledali na kojem je mjestu u svakoj skupini, bila bi prva najzastupljenija u dvije skupine, odnosno druga i treća po zastupljenosti, u druge dvije skupine. Pretpostavila sam da su sudionici prvo napisali zadnje riječi koje su čuli te se zatim prisjećali riječi od prije. Pretpostavku o korištenju te taktike dokazuju brojni listići na kojima je zbog nabranja ili pisanja riječi jedne ispod druge, moguće primijetiti da su prve zapisane riječi često *violina* pa *ljutnja* (redoslijedom kojim sam ih izgovorila). Zanimljivo, ta je taktika puno češća kod starijih sudionika istraživanja.

Riječ *kišobran* prva je riječ koju sam izgovorila, a zapisalo ju je 56-100% sudionika. Slično kao i zadnje dvije riječi, i prve dvije riječi - *samoća* i *kišobran*, pojavljuju se gotovo uvijek na listama zajedno, često među prve četiri zapisane riječi. Ta je pojava također prisutnija kod starijih sudionika.



Prva riječ *kišobran* pojavljuje se na ukupno 80% svih listi.

Zadnja riječ *ljutnja* pojavljuje se na ukupno 70% svih listi.

Istraživanja pokazuju da sudionici često najprije zapišu zadnje riječi s liste kada se radi o duljim listama (Howard i Kahana, 1999),

ili najprije zapisuju prve riječi ako se radi o kraćim listama (Ward, Tan i Grenfell-Essam, 2010).

Objašnjenje za efekt primarnosti (da se bolje pamte prve riječi s liste) je da se te riječi najviše puta ponove u pamćenju jer su one prve zadane, tako da je njihov trag u dugoročnom pamćenju najizraženiji i njihove asocijacije s onime što već znamo iz dugoročnog pamćenja su stoga najjače. Riječi s kraja liste pak su svježe u našem kratkoročnom pamćenju te ljudi onda imaju tendenciju njih zapisati prve, dok se one još nalaze u kratkoročnom pamćenju. Njih također u najmanjoj mjeri ometaju riječi koje su kasnije zadane jer se radi o nekoliko ili o niti jednoj riječi koja slijedi nakon njih.

Istraživanje nam tako pokazuje da će ljudi najlakše manipulirati zadnjim dobivenim informacijama, ali će i vrlo vjerojatno zapamtiti prve informacije koje su dobili. Takvim rezultatima dokazana je pojava efekta primarnosti, te su potvrđene prva i druga hipoteza.

Riječi koje se pojavljuju na najmanje lista su *umjetnost, zvuk i mudrost*. Sve su tri riječi apstraktne imenice te se vjerojatno u manjoj mjeri u odnosu na druge riječi korištene u istraživanju, koriste u svakodnevnom životu.

Razlog tome zašto su se baš te tri riječi pokazale kao najrjeđe zapamćene u mome istraživanju vjerojatno je njihova apstraktnost. Sudionici su za vrijeme istraživanja vrlo vjerojatno koristili fonološko kodiranje, ali su se kod konkretnijih riječi mogli služiti i vizualnim kodiranjem tj. pamtiti informaciju i tako da ju slikovno predoče. Primjerice, kada sam izgovorila riječ *kišobran*, sudionici su, osim slušne obrade riječi, mogli i zamisliti, tj. vizualno u pamćenju predočiti kišobran. Kod apstraktnih riječi, kao što je *mudrost*, teže je, odnosno, gotovo i nemoguće vizualno kodirati informaciju te je stoga zadalu riječ moguće samo fonološki kodirati što otežava pamćenje apstraktnih imenica.

Od ostalih apstraktnih riječi, *ljepota* se nalazila na 29-40 % lista, *sreća* na 0-53%, dok se *samoća* pojavila na samo 7-34% lista kod mlađih sudionika, a zbog već spomenute je pojave češćeg pamćenja prve riječi u nizu njena zastupljenost na popisima starijih učenika jako porasla (73-80%). Zadnja apstraktna riječ: *ljutnja*, pozicionirana je prilično visoko po zapamćenosti. Iako je apstraktna, nalazila se na velikom broju lista s odgovorima najvjerojatnije zbog toga što je zadnja izrečena. Odlučila sam te riječi i čestinu njihovog pojavljivanja ne uzeti u obzir kod izračunavanja postotaka vezanih uz apstraktne riječi, zbog postojanja toliko značajnih utjecaja drugih elemenata na njihovo pamćenje (npr. efekt primarnosti).

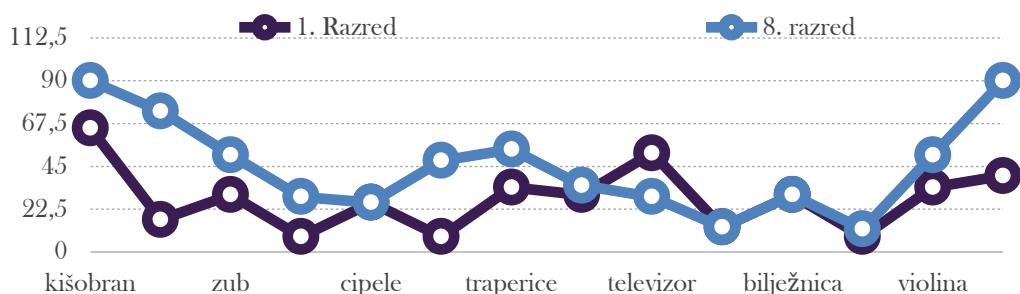
Također smatram da bi se u slučaju zadavanja dulje liste u kojoj bi se, prema istom pravilu, izmjenjivale konkretne i apstraktne imenice, rezultati drugih apstraktnih riječi bili slični rezultatima apstraktnih riječi koje su se pojavile pri sredini mog popisa (*umjetnost, mudrost, sreća*), a ne rezultatima prvih ili zadnjih apstraktnih riječi koje sam pročitala. Tada bi pojava

efekta primarnosti i njegovog utjecaja na pamćenje apstraktnih riječi s početka bila još vidljivija.

Umjetnost se pojavljuje na 11% svih popisa, zvuk na oko 13%, mudrost na oko 22%, sreća na manje od 30%, što je dosta manje od konkretnih riječi koje se s njima pravilno izmjenjuju kao što su televizor i traperice. Na temelju toga navedenog možemo zaključiti da je potvrđena treća hipoteza.

## 4.2 Utjecaj dobne razlike na pamćenje

Ispitivala sam dobne skupine između kojih postoji oko sedam godina dobne razlike. Izradila sam grafikon koji prikazuje koliki je postotak sudionika pojedine dobi zapamtilo određenu riječ, bez obzira na vrstu glazbe koji su slušali.



Slika 3. Prikaz postotaka učenika pojedine dobne kategorije koji su zapamtili pojedinu riječ

Iz grafikona je vidljivo da je pojava efekta primarnosti i recentnosti puno izraženija kod starijih u odnosu na mlađe učenike.

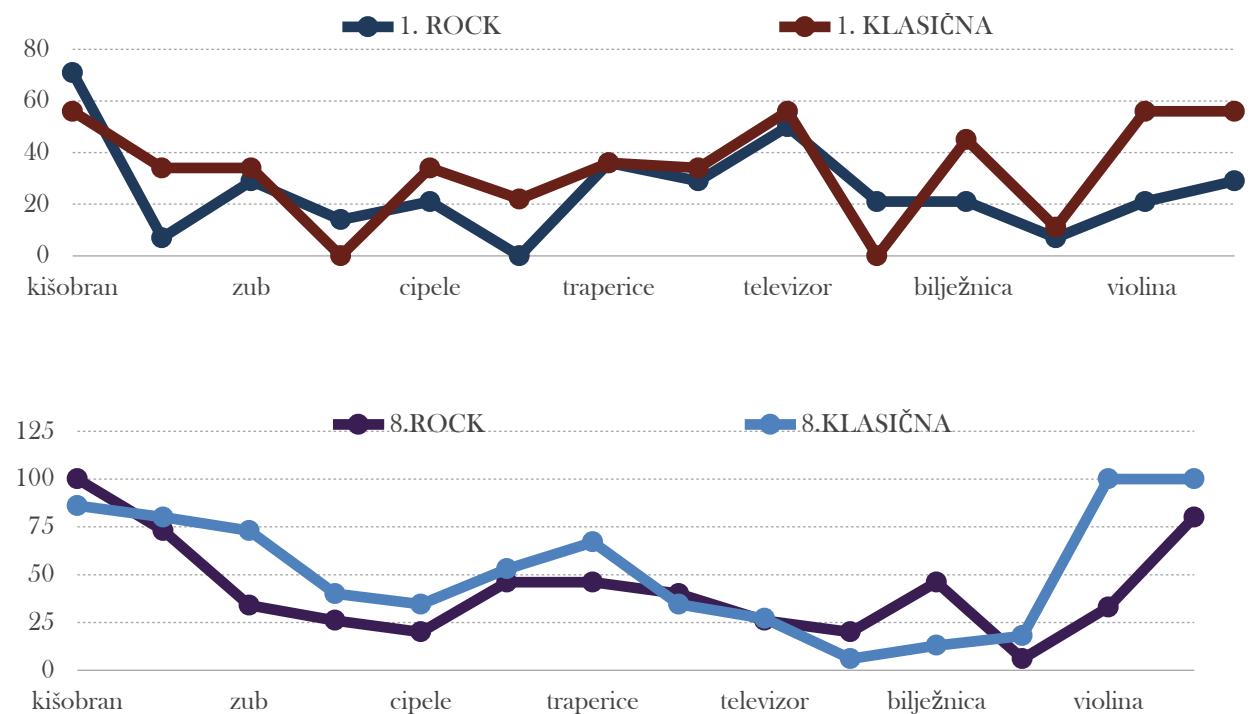
Starija je skupina u prosjeku imala oko 20% (20.35) više riječi na svojim listama.

Kod riječi *cipele*, *zvuk* i *bilježnica* postotak zapamćenosti u različitim dobnim skupinama je jednak te se jedino riječ *televizor* češće pojavljuje na listama mlađih sudionika, i to na oko 23% više lista.

Sve ostale riječi dosta su zastupljenije na listama starijih sudionika istraživanja te, prema tome, zaključujem da sam potvrdila četvrtu hipotezu.

### 4.3 Razlika između rezultata kod slušanja različitih žanrova glazbe

Odlučila sam promatrati razliku između rezultata koje sam dobila kod učenika koji su slušali rock glazbu i učenika koji su slušali klasičnu glazbu dok su primali slušne informacije. Odlučila sam razdvojiti grafikon sa 6. stranice po dobним skupinama, kako bih lakše mogla proučavati razliku između broja zapamćenih riječi kod slušanja različitih vrsta u svakoj dobroj skupini.



Zanimljivo, i u prvom i u osmom razredu, prva je riječ, *kišobran*, 14-15% zastupljenija na listama sudionika koji su slušali rock. Riječi koje slijede, *samoća*, *cipele*, *sreća* i *zub*, zastupljenje su na listama sudionika koji su slušali klasičnu glazbu. Isto vrijedi i za riječ *mudrost* kod starijih sudionika, no kod mlađih sudionika ona nije nijednom bila napisana na listama u slučaju slušanja klasične glazbe, dok ju je zapisalo 14% sudionika koji su slušali rock. Zanimljivo, riječi *ljepota* i *televizor* su u obje dobne skupine napisane na skoro jednakom postotku listi (razlike u postotcima su jednoznamenkaste, većinom su postotci sudionika koji su slušali klasičnu glazbu ipak malo veći). Riječ *zvuk* je, kao i riječ *kišobran*, u obje dobne skupine zastupljenja na popisima sudionika koji su slušali rock (14-20%). Kod riječi *umjetnost* se postotci opet međusobno izjednačuju (5-10% više kod slušanja klasične glazbe) te razlika postaje veća kod zadnje dvije riječi (oko 30% viši postotak u situaciji slušanja klasične glazbe). S obzirom na to da se samo tri riječi kod mlađih sudionika i četiri riječi kod starijih sudionika nalaze na većem postotku listi u slučaju slušanja rock glazbe u odnosu na klasičnu glazbu te da su u jednoj situaciji kod mlađih sudionika te u dvije situacije kod starijih sudionika postotci izjednačeni, možemo reći da je i posljednja hipoteza potvrđena.

## **5 Zaključak**

Provela sam istraživanje kojim sam željela ispitati utjecaj različitih vrsta glazbe na sposobnost pamćenja konkretnih i apstraktnih imenica kod učenika prvih i osmih razreda osnovne škole. Također sam željela ispitati pojavu efekata primarnosti i recentnosti, odnosno, boljeg zapamćivanja riječi s početka i kraja liste u odnosu na riječi koje se nalaze na sredini liste. Rezultati istraživanja potvrdili su postojanje efekata primarnosti i recentnosti zbog toga što su se riječi s početka i kraja liste pojavile na najvećem postotku listi s odgovorima, čime sam potvrdila prvu i drugu hipotezu. Pokazano je također da se konkretne imenice pamte u većoj mjeri u odnosu na apstraktne imenice, čime sam potvrdila treću hipotezu. Četvrta hipoteza, koja se odnosila na to da će stariji učenici zapamtiti više riječi s liste u odnosu na mlađe sudionike, također je potvrđena. Nadalje, potvrdila sam i posljednju pretpostavku o tome da će zapamćivanje konkretnih i apstraktnih imenica s liste biti uspješnije u situaciji slušanja klasične glazbe u odnosu na rock glazbu kod mlađih i starijih sudionika.

## **6 Zahvale**

Ovim bih se putem htjela još jednom zahvaliti svim ljudima koji su mi pomogli u radu na ovom istraživanju. Zahvaljujem svojoj mentorici, koja mi je preporučivala internetske stranice, literaturu, više mi puta pregledala rad i davala savjete, ali me i naučila mnogo toga o pisanju pravih znanstvenih radova. Zahvaljujem učiteljicama prvih razreda i razrednicama osmih razreda, koje su u svojim rasporedima našle vremena za mene i moje istraživanje, te mi tako omogućile da ga provedem. I za kraj, zahvaljujem sudionicima istraživanja, učenicima OŠ Tina Ujevića, što su sudjelovali u mome istraživanju.

## Literatura

- [1.] Andrews, H., Christerson, K., Crowe, M. i Sparks, R. (2009). *How different types of music affect memory recall?* Preuzeto sa: <http://jrscience.wcp.muohio.edu/inquiry09/ProposalArticles/Draft3.HowDoDifferentType.html>
- [2.] Baddeley, A. D. i Hitch, G. (1993). The recency effect: implicit learning with explicit retrieval? *Memory & Cognition*, 21 (2), 146-155.
- [3.] Blanchard, B. E. (1979). The effect of music pulse-rate, blood pressure and final exam scores of University Students. *The Journal of Sports Medicine*, 19 (305-307).
- [4.] Bugter, D. i Carden, R. (2012). The effect of music genre on a memory task. *Modern Psychological Studies*, 17 (2), 87-90.
- [5.] Dibben, N. i Williamson, V. J. (2007). An exploration survey of in-vehicle music listening. *Psychology of Music*, 35, 571-589.
- [6.] Howard, M. J. i Kahana, M. W. (1999). Spacing and lag effects in free recall of pure lists. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12 (1), 159-164.
- [7.] Lawson, R., Fernandes, A. M., Albuquerque, P. B. i Lacey, S. (2016). Remembering touch: Using interference tasks to study tactile and haptic memory. U: P. Jolicoeur, C. Lefebvre i J. Martinez - Trujillo (Ur.), *Mechanisms of sensory working memory: Attention and performance XXV* (str. 229-249). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- [8.] McLeod, S. (2009). Short term memory. Preuzeto sa: <https://www.simplypsychology.org/short-term-memory.html>
- [9.] Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63 (2), 81-97.
- [10.] Musliu, A., Berisha, B. Musaj, A., Latifi, D. i Peci, D. (2017). The impact of music in memory. *European Journal of Social Sciences Education and Research*, 10 (2), 1-8.
- [11.] Petz, B. (2005). *Psihologiski rječnik*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- [12.] Pietschig, J. Foracek, M. i Formann, A. K. (2010). Mozart effect – Shozart effect: a meta-analysis. *Intelligence*, 38, 314.
- [13.] Smith, E. E., Nolen-Hoeksema, S., Frederickson, B. L., Loftus, G. R., Bem, D. J. i Maren, S. (2007). *Atkinson/Hilgard Uvod u psihologiju*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- [14.] Terzin – Laub, N. i Ivanec, D. (2012). Mozartov efekt - provjera hipoteze o pobuđenosti. *Suvremena psihologija*, 15 (1), 5-21.
- [15.] Vranić, A. Tonković, M. (2011). Što ispituјemo testovima pamćenja? Odnos metamemorije i objektivnih mjera pamćenja. *Suvremena psihologija*, 14 (2), 201-211.
- [16.] Ward, G. Tan, L i Grenfell-Essam, R. (2010). Examining the relationship between free recall and immediate serial recall: the effects of list length and output order. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 36 (5), 1207-1241.
- [17.] Zarevski, P. (2002). *Psihologija pamćenja i učenja*. Jastrebarsko: Naklada Slap.

## **Problem 10. Elastične kosti**

**Autor : Matej Miklin**

**Mentor: Leo Kranjec, magistar edukacije fizike i kemije**

**8.b razred, OŠ Ljudevit Modec, Križevci, Hrvatska**

### **1. Uvod**

Jedno od predloženih istraživanja u području prirodoslovija bilo je ispitati mehanička svojstva kostiju, a obuhvaćalo je sljedeće smjernice:

„Pileće kosti, ostavljene nekoliko dana u kiselim uvjetima, postaju elastične. Izvedite takav pokus u kontroliranim uvjetima i istražite koji gradivni elementi kostiju pridonose njihovim mehaničkim svojstvima.“

U ovom radu ispitivao sam elastičnost kostiju piletina pritom ih koristeći na tri različita načina : sirove, kuhanе i pečene. Proučavao sam kako se elastičnost kostiju mijenja promjenom kiseline u kojoj se ona nalazi te kako temperatura odnosno termička obrada utječe na njenu elastičnost. Kako bih smanjio utjecaj različitosti u sastavu kostiju sve ispitivane kosti uzete su s iste farme koja se bavi uzgojem i tovom pilića.

### **2. Teorijska razrada problema**

#### **2.1 Sastav i svojstva kostiju**

Kost je gradivno tkivo u tijelima kralježnjaka koje im omogućuje kretanje i podupire njihova tijela. Koštano tkivo nastaje od koštanih stanica koje izlučuju mineralne tvari (spojeve fosfora i kalcija) te proizvode bjelančevinu kolagen. Sastav kostiju možemo grupirati na onaj organske i anorganske prirode. Anorganski dio kosti čine mineralne tvari te one kosti daju čvrstoću i krutost, dok organski dio kosti čini bjelančevina kolagen koja kosti daje elastičnost i gipkost. Osim navedenih sastavnica zamjetan maseni udio u kosti ima i voda. Bez anorganskog bi dijela kost bila elastična poput gume, dok bi bez organskog dijela kost postala krta i lomljiva. Kost u svojoj unutrašnjosti posjeduje bjelančevinu kolagen koja se može rastezati, savijati ili sabiti, a upravo navedene karakteristike opisuju elastična tijela

Fizikalna i kemijska svojstva kostiju :

- a) Kosti su tijela u čvrstom agregatnom stanju.
- b) Prosječna gustoća kostiju veća je od gustoće vode.
- c) Kost je heterogena smjesa kalcijevih i fosfornih soli u najvećoj mjeri soli kalcijeva hidroksilapatita.
- d) Velike su tvrdoće.
- e) Ne provode električnu struju.
- f) Ne provode toplinu.

#### **2.2 Kolagen i njegova svojstva**

Tijekom evolucije razvila se skupina strukturalnih bjelančevina koje su zbog različitih potreba životinjskog organizma poprimile različite stupnjeve krutosti, elastičnosti i čvrstoće. Te

bjelančevine se zovu kolagen. Najvažniji tipovi kolagena su u koži, kosti, hrskavici. Kolagen tipa 1 nalazi se u kostima te im daje elastičnost.

### 2.3 Parametri i hipoteze

Sirovu, kuhanu i pečenu kost stavio sam u otopine klorovodične i sumporne kiseline iste pH vrijednosti te ih vremenski jednako ostavio u navedenim otopinama. Kuhanu sam kost tretirao na način da se kuha u vreloj vodi dva sata, dok je pečena kost bila u pećnici na 200 stupnjeva Celzijusa identično vrijeme. Moja je hipoteza kako će kost iz pećnice nakon stajanja u kiselini postati najmanje elastična pošto je organski dio u kosti tretiran na najvišoj temperaturi te je moguće kako je promijenio svoju strukturu. Očekujem kako ću najbolje rezultate elastičnosti kostiju postići sa sirovom kosti. Također smatram kako neću dobiti identične rezultate korištenjem sumporne i klorovodične kiseline, iako je kiselost otopine jednaka u oba slučaja. Razlog tome je što sulfatni anioni iz sumporne kiseline te kloridni anioni iz klorovodične kiseline neće u jednakom omjeru stupiti u reakciju s kalcijevim kationima koji grade okosnicu kosti.

### 3 Eksperimentalni postav

U svom sam istraživanju koristio sljedeće : sirove, kuhanе i pečene pileće kosti, čaše, menzuru, digitalnu vagu, utege poznate mase, klorovodičnu i sumpornu kiselinu, destiliranu vodu ,tvrdi konac, ravnalo, pH metar.



Slika 1. Kosti korištene u pokusu.



Slika 2. Pribor za izvedbu pokusa.



Slika 3. Kosti u otopinama kiselina.



Slika 4. Mjerenje elastičnosti kosti.



Slika 5. i Slika 6. Mjerenje elastičnosti kostiju

## 4 Metode i mjerjenje

Svaku od tri pripremne kosti tretirao sam na jednak način. Koristeći se digitalnom vagom odredio sam masu svake od kostiju prije stavljanja u otopinu pojedine kiseline. Potom sam pripremio otopine sumporne kiseline i otopine klorovodične kiseline pH=2 ( po tri čaše svake otopine) te sam u svaku od čaša stavio po jednu kost na način da mi sve tri kosti (sirova, kuhanja i pečena) budu u obje pripravljene otopine. Koristio sam koncentriranu sumpornu kiselinsku ( $w = 96\%$ , gustoće  $1.86 \frac{g}{cm^3}$ ) te koncentriranu klorovodičnu kiselinu ( $w = 36\%$ , gustoće  $1.19 \frac{g}{cm^3}$ ). Kosti sam ostavio u otopinama 48 sati. Nakon što sam izvadio kosti odredio sam duljinu svake od kostiju školskim ravnalom. Potom sam svakoj od kosti ponovno odredio masu na jednak način kao što sam to učinio i prije izvedbe pokusa. Preostalo što sam učinio jest na kosti stavlja utege poznate mase te mjerio produljenje svake od kostiju te gledao kolika je masa utega potrebna kako bi kost pukla po svojoj duljini. Pritom sam koristio utege mase od pola kilograma do pet kilograma. Rezultate sam prikazao grafičkim prikazom ovisnosti produljenja kosti o pritisnoj sili. Za izračunavanje elastičnosti koristio sam i Youngov modul pomoću kojeg se mjeri elastičnost čvrstih tijela. Koristeći se poznatom pritisnom silom i površinom kosti izmjerio sam pripadni pritisak te omjer produljenja i duljine kosti. Dobivene rezultate sam usporedio sa teorijskom vrijednošću Youngovog modula za kosti. Postupak mjerjenja sam ponavljao tri puta te će u tablicama prikazati prosječna mjerena za svaku kost u navedenim otopinama.

## 5 Rezultati i rasprava

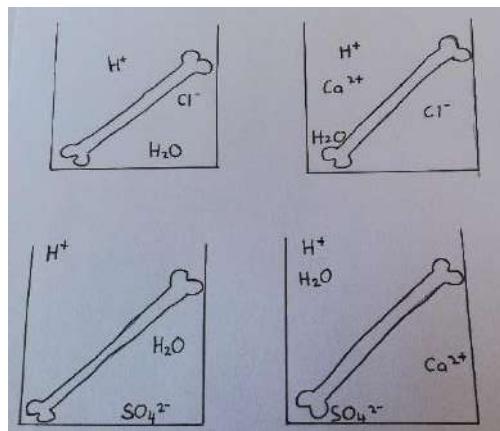
**Tablica 1. Izmjereni podaci u klorovdičnoj kiselini**

	$m_1$ /g	$m_2$ /g	$V_1$ /mL (HCl) konc.	$V_2$ /mL (otopina)	$\Delta m$ /g	pH
Sirova kost	14	13	10	210	-1	2
Kuhana kost	15	14	10	210	-1	2
Pečena kost	6	7	10	210	+1	2

**Tablica 2. Izmjereni podaci u sumpornoj kiselini**

	$m_1$ /g	$m_2$ /g	$V_1$ /mL (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) konc.	$V_2$ /mL (otopina)	$\Delta m$ /g	pH
Sirova kost	14	13	10	210	-1	2
Kuhana kost	15	14	10	210	-1	2
Pečena kost	6	9	10	210	+3	2

Iz rezultata je vidljivo kako sirova i kuhanost gube na masi nakon stajanja u kiselini. U odnosu na početnu masu prije pečenja koja je iznosila 14 grama masa kosti se smanjila. Razlog povećanju mase nakon stajanja u otopini je taj što je dio tekućine ušao u pečenu kost.



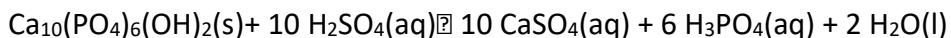
Slika 7. Čestični sastav otopine kiseline prije i nakon stavljanja kosti u otopinu. Prikazane su najvažnije kemijske vrste za provedbu istraživanja.

Pošto je skelet kostiju najviše građen od kalcijeva hidroksi apatita prikazati će jednadžbe kemijske reakcije spoja u :

a) Klorovodičnoj kiselini



b) Sumpornoj kiselini



Iskorištenje reakcije

a) U klorovodičnoj kiselini

$$c_1(\text{HCl}) = 0.012 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}, \quad V_1(\text{HCl}) = 10 \text{ cm}^3$$

$$n_1 = n_2$$

$$n(\text{HCl}) = c V = 0.12 \text{ mol}$$

$$\frac{n(\text{HCl})}{n(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2)} = \frac{10}{1}, \quad n(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2) = \frac{1}{20} n(\text{HCl}) = 0.006 \text{ mol}$$

$$M(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2) = 1010 \cdot 62 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n = \frac{m}{M}, \quad m(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2) = 0.006 \text{ mol} * 1010.62 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18.19 \text{ g.}$$

Masa koja je teorijski trebala reagirati s klorovodičnom kiselinom iznosi 6.06g.

Masa koja je reagirala u pokusu iznosi 1 g.

$$\text{Iskorištenje reakcije iznosi : } \frac{1g}{6.06g} * 100\% = 16.50\%$$

b) U sumpornoj kiselini

$$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.018 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}, \quad V_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10 \text{ cm}^3$$

$$n_1 = n_2$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c V = 0.18 \text{ mol}$$

$$\frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2)} = \frac{10}{1}, \quad n(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2) = \frac{1}{10} n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.018 \text{ mol}$$

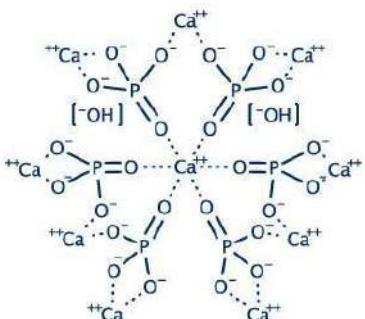
$$M(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2) = 1010 \cdot 62 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n = \frac{m}{M}, \quad m(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2) = 0.018 \text{ mol} * 1010.62 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18.19 \text{ g.}$$

Masa koja je teorijski trebala reagirati sa sumpornom kiselinom iznosi 18.19 g.

Masa koja je reagirala u pokusu iznosi 1 g.

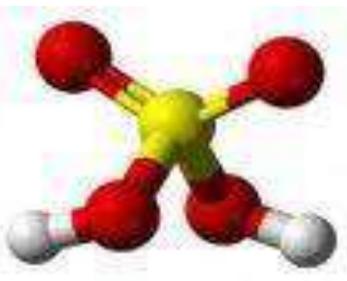
$$\text{Iskorištenje reakcije iznosi : } \frac{1g}{18.19g} * 100\% = 5.50\%$$



Slika 8.



Slika 9.



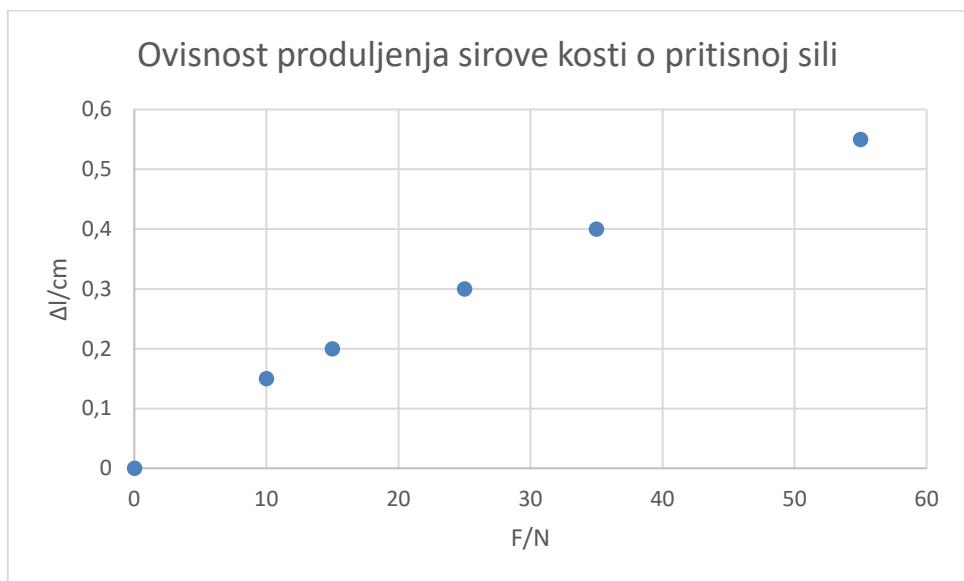
Slika 10.

Slika 8. prikazuje strukturni formulu kalcijeva hidroksi apatita. Slika 9 prikazuje model molekule klorovodika, dok slika 10 prikazuje model molekule sumporne kiseline. Sivo označeni atomi na slikama 9 i 10 prikazuju atome vodika. Zelenom je označen atom klora, dok su crveno atomi kisika i žuto označeni atom je atom sumpora.

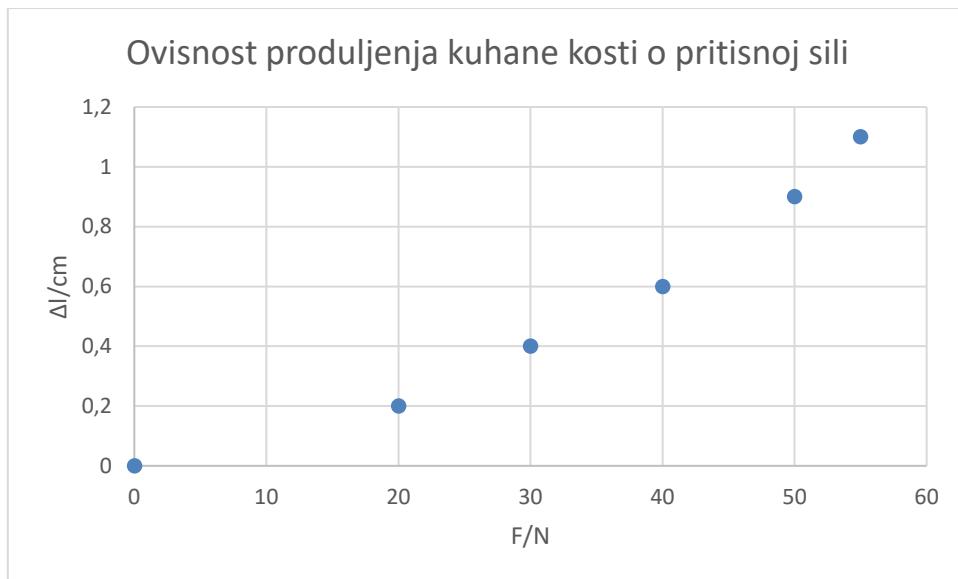
Iskorištenje kemijske reakcije pokazuje kako se kost bolje otapa u klorovodičnoj kiselini. Klordinom ionu koji je daleko manji od sulfatnog iona lakše je stupiti u interakciju sa kalcijevim kationom te je zato iskorištenje reakcije veće pri korištenju klorovodične kiseline pri istoj pH vrijednosti otopine.

### Određivanje elastičnosti kostiju Hookeovim zakonom i Youngovim modulom.

#### 1) Hookeov zakon



Slika 11. Grafički prikaz ovisnosti produljenja sirove kosti o pritisnoj sili.



Slika 12. Grafički prikaz produljenja kuhane kosti o pritisnoj sili.

Grafički prikazi ovisnosti produljenja kosti o pritisnoj sili napravljeni su kao aritmetička sredina tri mjerena. Prikaz pečene kosti sam izostavio iz razloga što ona puca već pri dodatku utega od jednog kilograma. Pritom se prije utezima manje mase nije produljila već je odmah pukla na navedenom pritisku. Iz oba grafikona je vidljivo kako se produljenje kosti povećava dodatkom utega na kost. Točka pucanja sirove kosti iznosi 55 N, odnosno 5.5 kilograma jednako kao i za kuhanu kost. Iako je jednaka sila uzrokovala pucanje kosti u oba slučaja kosti su postigle različito produljenje. Za istu pritisnu silu kuhanu se kost produljila 0.55 centimetara, dok se sirova kost produljila za 1.1 centimetar. Ako kost promatramo kao oprugu možemo primijeniti Hookeov zakon. Elastična sila kosti iznosom je jednaka pritisnoj sili utega. Te su sile jednake iznosom, ali su suprotne orientacije pošto kost miruje. (1. Newtonov zakon). Pomoću poznate sile i produljenja izračunao sam konstantu elastičnosti kosti :

$F = k \Delta L$ , gdje je F pritisna sila, k konstanta opruge, a  $\Delta L$  izmjereno produljenje kosti.

Iz navedenog izraza dobivam sljedeće rezultate:

$$\frac{K}{(kuhane \ kosti)} = \frac{F(\text{pritisna})}{\Delta L} = \frac{55N}{0.55 \text{ cm}} = \frac{100N}{\text{cm}}$$

$$\frac{K}{(sirove \ kosti)} = \frac{F(\text{pritisna})}{\Delta L} = \frac{55N}{1.1 \text{ cm}} = \frac{50N}{\text{cm}}$$

Iz dobivenih rezultata vidljivo je kako kuhanu kost ima veću konstantu elastičnosti od sirove kosti. Jedan od razloga tome bi mogao biti što termička obrada utječe na kolagen koji se nalazi u unutrašnjosti kosti na način da on postaje otporniji na istezanje. Pošto se kost ne ponaša kao opruga te produljenje kosti i pritisna sila nisu proporcionalne veličine kao što je vidljivo iz grafikona , elastičnost sam odredio i na drugi način.

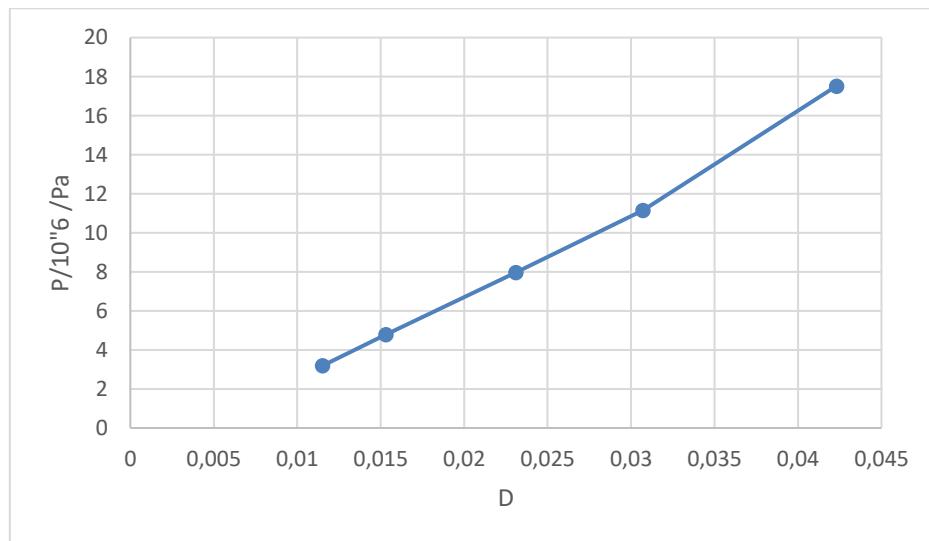
## 2) Youngov modul

Deformacija čvrstih tijela češće se izražava pomoću Youngovog modula elastičnosti.

F/N	$\Delta l / \text{mm}$	$D = \frac{\Delta L}{l_0}$	$2r/\text{mm}$	$S/\text{mm}^2$	$P/10^6 \text{ /N/m}^2$
10	1.5	0.0115	20	314	3.1847
15	2	0.0153	20	314	4.7771
25	3	0.0231	20	314	7.9618
35	4	0.0307	20	314	11.146
55	5.5	0.0423	20	314	17.516

Tablica 3. Podaci za izračunavanje Youngovog modula elastičnosti. Prikazani podaci odnose se na kuhanu kost.

Kod Youngovog modula elastičnosti koristio sam se kuhanom kosti s obzirom da se ona pokazala kao najotpornija na istezanje. Izmjerene vrijednosti pokazale su kako ima veću konstantu elastičnosti od sirove kosti.



Slika 13. Grafički prikaz Youngovog modula elastičnosti kuhane kosti.

$$P=YD \text{ iz čega dobivamo } Y=\frac{P}{D} = \frac{17,516*10000}{0,0423} = 40557900 \text{ Pa}$$

Dobiveni Youngov modul elastičnosti za sirovu kost u kiselini iznosi približno  $4 * 10^7 \text{ Pa}$  odnosno 0.04 GPa.

	<b>Elastic modulus</b>	<b>Poisson's ratio</b>
Cortical Bone	17 GPa	0.3
Cancelloous Bone	350 MPa	0.25
Cartilage	12 MPa	0.45
Meniscus Matrix	10 MPa	0.45
Meniscus Horn	15 MPa	0.45
Anterior Cruciate Ligament	366 MPa	—
AL bundle of Posterior Cruciate Ligament	165 MPa	—
PM bundle of Posterior Cruciate Ligament	98 MPa	—
Medial Collateral Ligament	366 MPa	—
Lateral Collateral Ligament	366 MPa	—

doi:10.1371/journal.pone.0127293.t002

*Tablica 4. Teorijski Youngov modul elastičnosti za kosti i ligamente.*

Iz tablice 4. vidljivo je kako je teorijska vrijednost Youngovog modula elastičnosti za kost 17 GPa. Moj rezultat iznosi 0.04 GPa što znači da se kosti prilikom stajanja u kiselini elastičnost povećala za 425 puta.

## 6 Zaključak

Suprotno mojim očekivanjima, najbolje rezultate elastičnosti nije postigla sirova, već kuhanja kost. Visoka temperatura je očvrsnula veze između molekula kolagena u kosti, ali kao što smo vidjeli s pečenom kosti, ako je temperatura previsoka, veze pucaju i kost postaje veoma krhka. Prepostavka kako će dobiti različita iskorištenja za različite kiseline pokazala se točnom. Razlog tome je što je kloridni anion puno manji od sulfatnog aniona te lakše stupa u reakciju s kalcijevim kationom, sudar je izvjesniji. Kosti nisu imale iste konstante elastičnosti te sam pokazao kako ona ovisi o termičkoj obradi kosti. Za izračunavanje elastičnosti kosti sam koristio i Youngov modul zato što Hookeov zakon ne vrijedi za sva kruta tijela, već samo za opruge. Izračunom Youngovog modula dobio sam rezultat smanjenja elastičnosti kosti za 425 puta nakon što kost ostavimo u kiselini 48 sati. Dobiveni rezultat elastičnosti pokazuje kako se ta elastičnost kosti najbliže podudara sa elastičnošću gume.

## **7 Zahvale**

Najprije bih želio zahvaliti svojem učitelju iz fizike Leu Kranjcu koji me informirao o natjecanju i koji mi je bio mentor tijekom istraživanja i pokusa. Zahvalio bih ravnatelju naše škole, profesoru Draženu Bokanu koji nam je pribavio kiseline potrebne za pokus. Također zahvale i učiteljici Mariji Biljan koja predaje kemiju te učiteljici biologije Petri Kačarovski koje su nam ustupile materijale koje smo koristili za istraživanje kemijskog sastava kolagena i kostiju.

## **8 Literatura**

- [1.] Udžbenik Fizika - :Autori: Ramiza Kurtović, Vladis Vujnović, Marija Šuveljak, Zvjezdana Heđi, Davor Horvatić
- [2.] Link: <https://www.profil-klett.hr/digitalni-udzbenici/fizika-7>
- [3.] Udžbenik Biologija 8- Autori: Marijana Bastić, Valerija Begić, Daniela Novoselić, Marija Popović
- [4.] Link: <http://www.alfa.hr/artikl/info/53b2bdcb077574282c000a88>
- [5.] Internet pretraga: "young modulus for bone" (29. 11. 2018.)
- [6.] Link:
- [7.] [https://www.google.hr/search?q=young+modulus+for+bone&rlz=1C1CHBD\\_hrHR782HR782&oq=young+modulus+for+bone&aqs=chrome..69i57j0l5.9827j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.hr/search?q=young+modulus+for+bone&rlz=1C1CHBD_hrHR782HR782&oq=young+modulus+for+bone&aqs=chrome..69i57j0l5.9827j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- [8.] Portal British Medical Journal (2.12.2018.)
- [9.] Link: <https://www.bmjjournals.org/>
- [10.] Američki zavod za zdravlje (2.12.2018.)
- [11.] Link: <https://www.ama-assn.org/>
- [12.] [https://www.google.hr/search?q=young%27s+modulus+for+bone&source=lnms&tbo=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi94NOywlfAhXEJFAKHcG3DDcQ\\_AUIDigB&biw=1366&bih=657#imgrc=BFCGOObNZQENwcM](https://www.google.hr/search?q=young%27s+modulus+for+bone&source=lnms&tbo=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi94NOywlfAhXEJFAKHcG3DDcQ_AUIDigB&biw=1366&bih=657#imgrc=BFCGOObNZQENwcM): (29.11.2018.)

## **Problem 14. Izumi sam: pokreti oka**

**Autor: Rea Pešušić**

**Mentor: Karlo Horvatin**

**1. razred, Prirodoslovna škola Vladimira Preloga, Zagreb, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Za pristup ovom natječaju odabrala sam problem broj 14, koji glasi: „Kad ljudsko oko dobije vizualne podražaje, koji dolaze od promatranja neke scene, čitanja ili praćenja objekta u kretnji, nađe se u stalnom gibanju, bilo namjernom, bilo nehotičnom. Korištenjem podataka o kretanju oka odaberite i istražite zanimljiv psihološki efekt o percepciji slika i kretanja kod ljudi ili životinja.“ [1]

Problem mi je privukao pozornost jer me već neko vrijeme, otkako smo bili obrađivali pokrete oka u osmom razredu, zanimalo bi li kretanje imalo isti učinak na čovjekovu psihu kao i boje, za koje je već dokazano da mogu utjecati na raspoloženje ljudi.

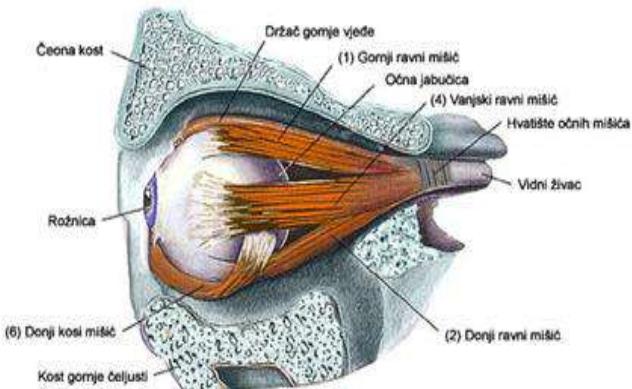
Pokusu ću pristupiti prikazujući svojim suučenicima različite video zapise, a oni će samoprocjenom bilježiti svoje emocije i puls.

## 2 Teorijska razrada problema

### 2.1 Pokreti oka i prijenos podražaja do mozga

„Oči su parni organi vida. Njima, putem svjetlosnih podražaja, primamo informacije o veličini, boji, obliku i položaju pojedinih predmeta. Predmet koji promatramo mora biti osvjetljen da bismo ga vidjeli. Svjetlosne zrake koje se odbijaju od predmeta... prolaze kroz prozirne dijelove oka: rožnicu, očnu vodicu, zjenicu, leću i staklovinu. Prilikom prolaska kroz oko zrake se lome i usmjeravaju prema mrežnici. Vidne stanice mrežnice pretvaraju primljeni svjetlosni podražaj u živčani impuls. Nastali je impuls ustvari slika, koja je stvarna, ali umanjena i obrnuta... Obje slike putuju vidnim živcima u obliku živčanog impulsa do središta za vid u mozgu. Na temelju iskustva mozak obrađuje primljene podražaje te nastale slike ispravlja i spaja u jednu trodimenzionalnu sliku.“ [2]

Oči se pokreću mišićima smještenim unutar lubanje i sa obje strane svakog oka. Oni nam omogućuju da pomičemo oči u svim smjerovima (slika 1). Jedini smjer u kojem ne možemo pogledati je unutrašnjost lubanje. Mišići nam također omogućuju da pratimo predmete pogledom, što nesvesno radimo svakog trenutka. Ukoliko je pred nama nekakvo kretanje, koje može varirati od nasumičnih bljeskova, do velikih kretnji, naše oči će to pokušati pratiti. [3] Pojave poput razrokosti (strabizma) mogu biti uzrokovane poremećajem mišića. [2]



Slika 1: Shematski prikaz građe oka

### 2.2 Tromost oka

Tromost oka je fenomen koji se događa zato što impuls od oka do mozga ne stiže odmah, već sa blagim zakašnjenjem. Radi toga, naše oko još uvijek „vidi“ prethodnu sliku dok mu se prikazuje druga. To je princip animacije, a potrebno je najmanje šesnaestak sličica u sekundi da bi se stvorila iluzija pokreta, dok su potrebne 24 sličice u sekundi da se stvari filmski, neprekinuti pokret. [4] Ukoliko se koristi manje od šesnaest sličica, animacija izgleda isjeckano i ne potpuno tečno. No animacija nije prva koja je iskoristila ovaj fenomen, zato što su na njemu bile zasnovane optičke iluzije stoljećima prije. [5]

### 2.3 Utjecaj boja na raspoloženje

Boje imaju raznolike utjecaje na raspoloženje ljudi. Koristile su se još u davnoj Kini, Egiptu i Grčkoj kao oblik terapije, jer je bilo vjerovano da one mogu, između ostalog, izlijеčiti bolesti [6]. Iako postoji mogućnost da je to bilo točno, i dalje ima mnogo mesta za istraživanje. No

provedena su brojna znanstvena istraživanja na temu utjecaja boja na psihu. Nabrojati će svojstva boja korištenih u eksperimentu.

Crvena boja može dići puls i ubrzati disanje, često izaziva povišenu napetost i agresivnost. Žuta boja može dići energiju i povećava koncentraciju. Također može izazvati anksioznost u ljudima. Narančasta nema nikakav smirujući utjecaj, no povećava dotok krvi u mozak. Plava se smatra smirujućom bojom, radi toga što smanjuje puls i snižava tjelesnu temperaturu. Zelena stvara umirujući doživljaj, no također poboljšava vještine čitanja. Bijela, crna i siva su dobile svoje značenje u povijesti, ali utječu malo ili nimalo na ljudsku psihu. [7]

Cilj ovog rada je dokazati kako nesvesne kretnje oka mogu imati pozitivan i negativan utjecaj na ljudsku psihu. To sam odlučila prikazati promjenama pulsa i samoprocjenom promjena emocija ispitanika. Iako planiram prihvatićti promjene pulsa koje su veće od 3 bpm, ako su se emocije znatno promijenile, a puls nije, i dalje ću prihvatići ili osporiti hipotezu na temelju toga. Naime, u ovom radu veći je naglasak na psihološke promjene nego fizičke.

Prva hipoteza (h1) je da bi spore i metodičke kretnje (spora izmjena boja, let ptica i timelapse Sunca) trebale imati smirujući učinak i sniziti puls (bpm), dok bi brzi bljeskovi i kretnje (bljeskovi boja i oluja) trebali dići puls i stvoriti osjećaj napetosti.

Druga hipoteza (h2) je da bi plava i zelena trebala sniziti puls i imati smirujući učinak, dok bi crvena, žuta i narančasta trebali dići puls i izazvati osjećaj uznemirenosti i iživciranosti. [8]

Također smatram (h3) da bijela, crna i siva ne bi trebale nikako utjecati na emocije, tj. da bi emocije trebale ostati iste ili prijeći u smirenost. [8]

Izradila sam video zapise koji pokazuju promjene boja u skladu sa hipotezama i literaturom - uz video zapise prirode, oni bi mi trebali poslužiti za provjeru koliko se točno samoprovjerene emocije i puls mijenjaju prema kretnjama koje naše oči nesvesno čine kada ih ugledaju.

Promjene u pulsu i emocijama uzrokovane kretnjama prikazanim u videima usporedit ću s promjenama uzrokovanim različitim bojama za koje je znanstveno utvrđeno da imaju učinak na promjene emocija. Promjene u pulsu i raspoloženju ispitanika kojima će biti prikazani video zapisi različitih boja bit će kriterij za prihvatanje ili odbijanje prve hipoteze.

### **3 Aparatura, eksperimentalne metode i mjerena**

Eksperiment sam provela na svom razredu na početku jedanaestog mjeseca. Moj razred se inače sastoji od 22 djevojke i 9 dječaka. Podijelila sam ih u tri skupine po redovima klupa. U svakoj skupini je bilo devetero ljudi, muškog i ženskog spola. Svi imaju između 14 i 15 godina. Svakome sam dala prazan obrazac koji su trebali popuniti (slika 2).

U obrascima su tri „razine“ emocija – smiren, iživciran i uznemiren. Smiren je razina na kojoj se osoba osjeća zadovoljno, sa najmanje mogućeg stresa. Zatim slijedi iživciran, gdje osobe osjećaju stres, no nemaju prejake negativne osjećaje. Zadnje je uznemiren, gdje se ispitanik osjeća nervozno, pod velikim stresom i nelagodno im je. Tu sam razliku objasnila i ispitnicima.

Nakon što sam ih podijelila, svaka grupa je mjerila puls (bpm) jednu minutu (60 sekundi) i svaka je zapisala svoje emocije (od ponuđene tri) (slika 2).

Zatim je prva grupa gledala prvu animaciju koju sam izradila uz pomoć Flipaclip aplikacije na mobitelu. Ta animacija se sastojala od polaganog izmjenjivanja plave i zelene boje. Gledali su animaciju minutu i onda opet mjerili puls minutu, te zapisali svoje emocije nakon gledanja.

Druga grupa je služila kao kontrolna, oni su samo pričekali minutu i onda opet izmjerili puls i zapisali emocije.

Treća grupa je gledala drugu animaciju koju sam izradila uz pomoć Flipaclip aplikacije na mobitelu. Ta animacija se sastojala od naglih bljeskova narančaste, žute i crvene boje. Gledali su animaciju minutu i onda opet mjerili puls minutu, te zapisali svoje emocije nakon toga.

Zatim sam, da bi svi bili na istome, svima pustila treću animaciju koju sam izradila uz pomoć aplikacije Flipaclip, koja se sastojala od blago ubrzanog izmjenjivanja bijele i crne. Svi su gledali tu animaciju minutu, zatim su mjerili svoj puls minutu i zapisali svoje emocije.

Nakon toga je došlo ponovno dijeljenje na grupe. Svakoj grupi sam pustila određeni video nekog događaja u prirodi koji sam puštala putem Youtubea. Video zapisi su bili snimka oluje, snimka leta ptica, i snimka timelapsa izlaska i zalaska Sunca.

Prva grupa je gledala snimku oluje minutu. Zatim su mjerili svoj puls minutu i zapisali svoje emocije.

Druga grupa je gledala snimku leta ptica minutu. Zatim su mjerili svoj puls minutu i zapisali svoje emocije.

Treća grupa je gledala snimku timelapsa izlaska i zalaska Sunca minutu. Zatim su mjerili svoj puls minutu i zapisali svoje emocije.

Dobivene rezultate sam organizirala u tablice u Wordu. Napravila sam i grafove, koji su prikazani ovdje.

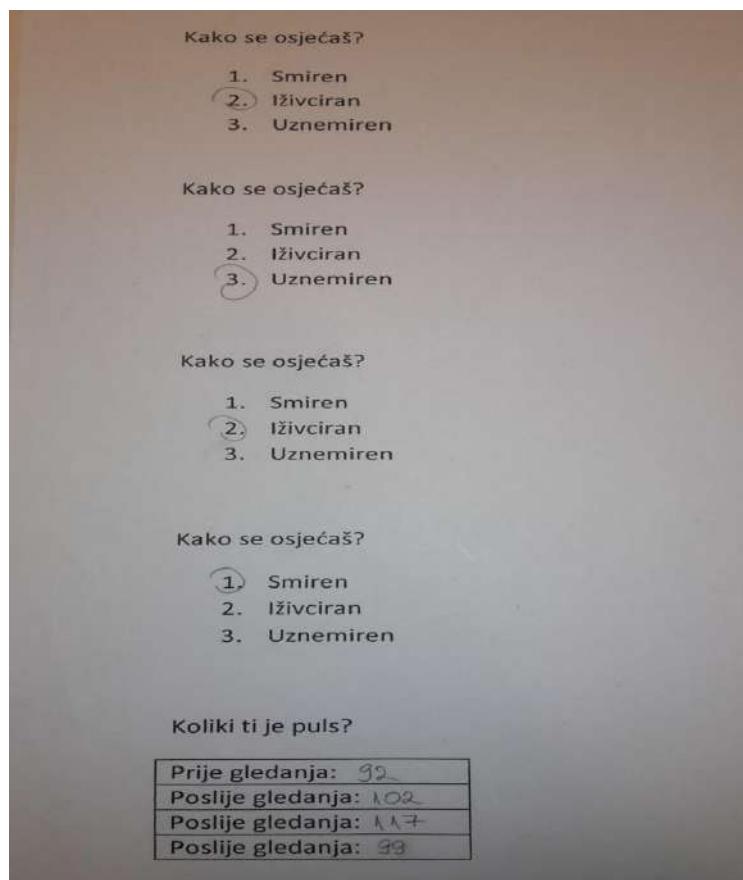
Korišteni video zapisi:

<https://youtu.be/QDFK40UMotc> (video oluje)

<https://youtu.be/Ys1w9A4DrO4> (video leta ptica)

<https://youtu.be/owiwlhc0IO> (timelapse video izlaska i zalaska Sunca)

Grupama nije bilo dozvoljeno gledati video zapise drugih grupa, da se spriječi kontaminacija njihovih rezultata. Taj dan smo također pisali test iz matematike, što je rezultiralo u tome da je većini osoba početna emocija bila „Uznemiren“ ili „Iživciran“. Usto, barem jedna osoba je ponavljala matematiku tijekom gledanja videa. Tako da postoji mogućnost kontaminacije rezultata prve grupe od strane jedne osobe tijekom gledanja drugog videa.



Slika 2: Primjer ispunjenog listića za samoispitivanje pulsa i emocija

## 4 Rezultati

**Prva grupa:**

	Prosjek puls (bpm)	Prosjek emocija
Prije prvog videa	74.8	Uznemiren – 56% Iživcirani – 11% Smiren – 33%
Poslije prvog videa	74.6	Uznemiren – 11% Iživcirani – 56% Smiren – 33%
Poslije drugog videa	74.6	Uznemiren – 22% Iživcirani – 22% Smiren – 56%
Poslije trećeg videa	72.6	Uznemiren – 22% Iživcirani – 11% Smiren – 67%

**Druga grupa:**

	Prosjek puls (bpm)	Prosjek emocija
Prije prvog videa	72.3	Uznemiren – 11% Iživcirani – 67% Smiren – 22%
Poslije minute	73.3	Uznemiren – 11% Iživcirani – 67% Smiren – 22%
Poslije prvog videa	70.3	Uznemiren – 11% Iživcirani – 56% Smiren – 33%
Poslije drugog videa	68.4	Uznemiren – 22% Iživcirani – 33% Smiren – 44%

**Treća grupa:**

	Prosjek puls (bpm)	Prosjek emocija
Prije prvog videa	82.3	Uznemiren – 22% Iživcirani – 56% Smiren – 22%
Poslije prvog videa	86	Uznemiren – 56% Iživcirani – 22% Smiren – 22%
Poslije drugog videa	77.7	Uznemiren – 44% Iživcirani – 33% Smiren – 22%
Poslije trećeg videa	78.7	Uznemiren - 11% Iživcirani – 11% Smiren – 78%

Iz ovih rezultata možemo zaključiti nekoliko stvari.

Unatoč smirujućim bojama, sporo izmjenjivanje je živciralo učenike i nije skoro nimalo spušтало puls.

Nagli bljeskovi boja su živcirali učenike i iznimno im digli puls.

Iako je izmjenjivanje bijele i crne živciralo učenike, te boje su im spustile puls.

Promatranje ritmičnih pojava u prirodi je smirilo učenike i snizilo im puls.

Dakle, spore izmjene istih stvari imaju negativan emotivni utjecaj (učenici postaju razdražljivi i iživcirani), isto kao i nagli bljeskovi. No s druge strane, ritmične pojave u prirodi, tj., stvari koje imaju ritam ponavljanja, no nisu jednolične, imaju pozitivan emotivni utjecaj i snižavaju puls učenika.

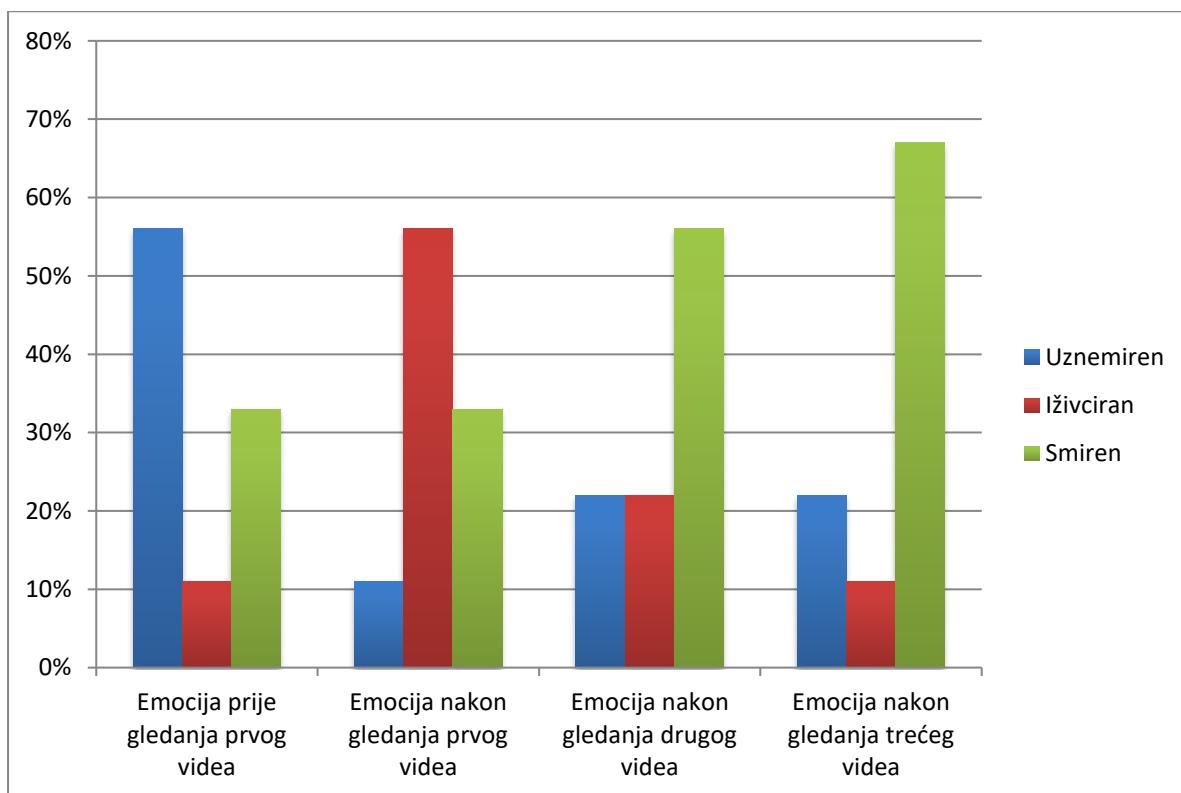
H1 je bila dokazana, spore i metodičke kretnje smiruju učenike i snizuju im puls, dok ih brze kretnje i bljeskovi uznemiruju i dižu im puls.

H2 je bila dokazana, plava i zelena su donekle smirile učenike (prelazak iz uznemirenosti u iživciranost), a crvena i narančasta su uznemirile učenike i dignule im puls.

H3 je bila odbijena, učenike su izmjene bijele, sive i crne izrazito živcirale.

**Tablica 1. Prva grupa (zeleno - plavi početni video)**

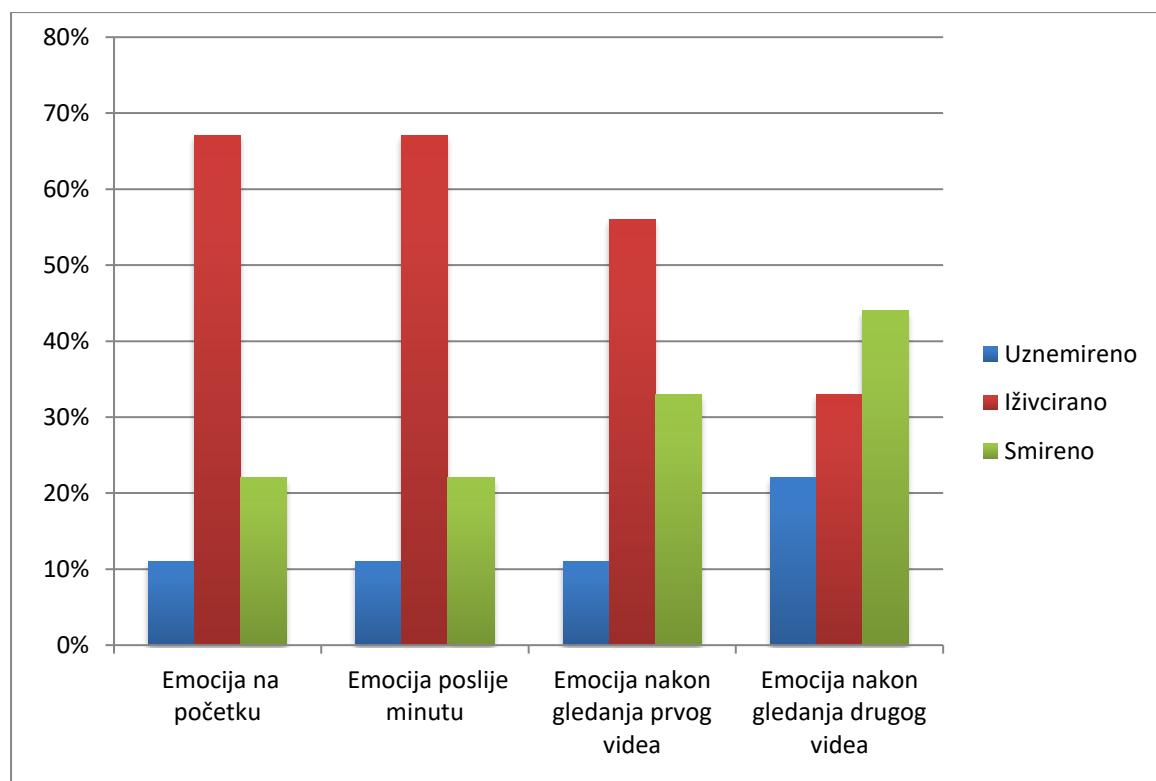
Emocija i puls prije gledanja prvog videa	Emocija i puls nakon gledanja prvog videa	Emocija i puls nakon gledanja drugog videa	Emocija i puls nakon gledanja trećeg videa
Uznemiren/ 69 bpm	Iživciran/ 67 bpm	Smiren/ 60 bpm	Smiren/ 63 bpm
Uznemiren/ 66 bpm	Iživciran/ 66 bpm	Smiren/ 61 bpm	Uznemiren/ 48 bpm
Uznemiren/ 81 bpm	Iživciran/ 79 bpm	sSmiren/ 75 bpm	Smiren/ 66 bpm
Smiren/ 71 bpm	Smiren/ 71 bpm	Uznemiren/ 72 bpm	Uznemiren/ 71 bpm
Smiren/ 70 bpm	Smiren/ 67 bpm	Smiren/ 65 bpm	Smiren/ 74 bpm
Iživciran/ 94 bpm	Uznemiren/ 94 bpm	Uznemiren/ 89 bpm	Iživciran/ 95 bpm
Uznemiren/ 57 bpm	Iživciran/ 60 bpm	Iživciran/ 64 bpm	Smiren/ 61 bpm
Smiren/ 87 bpm	Smiren/ 88 bpm	Smiren/ 90 bpm	Smiren/ 92 bpm
Uznemiren/ 79 bpm	Iživciran/ 80 bpm	Iživciran/ 81 bpm	Smiren/ 84 bpm
Prosjek (bpm): 74.8 bpm	Prosjek (bpm): 74.6 bpm	Prosjek (bpm): 74.6 bpm	Prosjek (bpm): 72.6 bpm
Emocije (prosjek): Uznemiren – 56% Iživciran – 11% Smiren – 33%	Emocije (prosjek): Uznemiren – 11% Iživciran – 56% Smiren – 33%	Emocije (prosjek): Uznemiren – 22% Iživciran – 22% Smiren – 56%	Emocije (prosjek): Uznemiren – 22% Iživciran – 11% Smiren – 67%



**Slika 3: Grafički prikaz emocija prve grupe u postotcima**

**Tablica 2. Druga grupa (kontrolna grupa)**

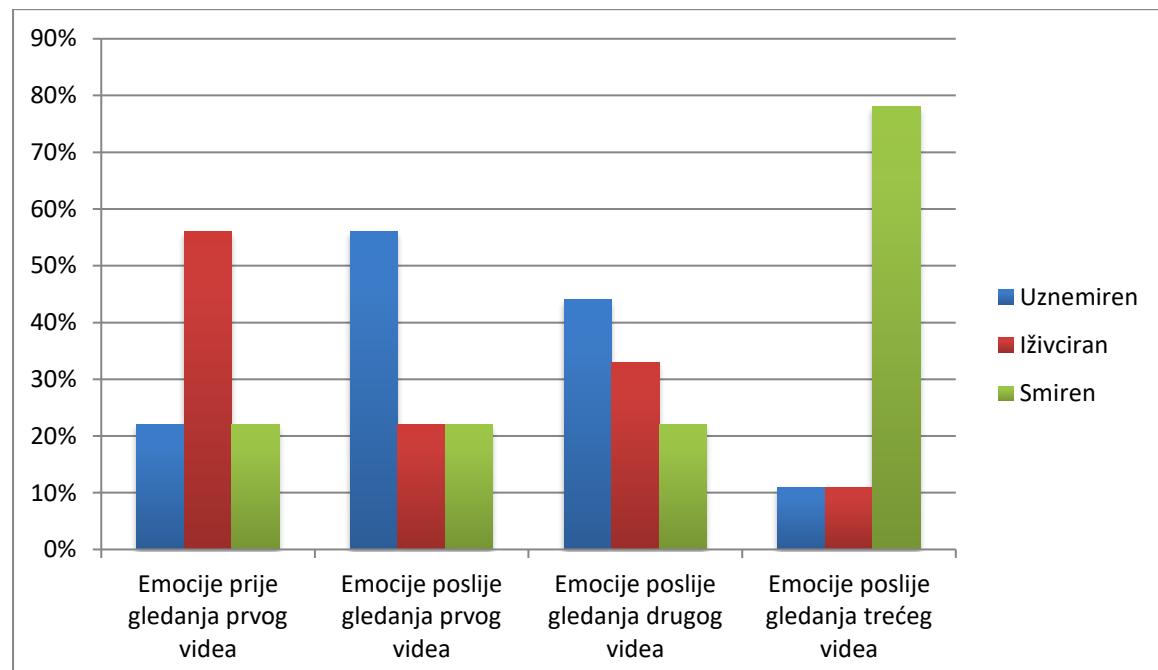
Emocija i puls na početku	Emocija i puls kasnije	Emocija i puls nakon gledanja drugog videa	Emocija i puls nakon gledanja trećeg videa
Iživciran/ 90 bpm	Iživciran/ 88 bpm	Iživciran/ 82 bpm	Uznemiren/ 68 bpm
Iživciran/ 79 bpm	Iživciran/ 74 bpm	Iživciran/ 73 bpm	Iživciran/ 75 bpm
Smiren/ 69 bpm	Smiren/ 68 bpm	Smiren/ 72 bpm	Smiren/ 65 bpm
Iživciran/ 62 bpm	Iživciran/ 68 bpm	Smiren/ 59 bpm	Smiren/ 57 bpm
Iživciran/ 79 bpm	Iživciran/ 97 bpm	Iživciran/ 98 bpm	Iživciran/ 102 bpm
Uznemiren/ 72 bpm	Uznemiren/ 73 bpm	Uznemiren/ 67 bpm	Smiren/ 69 bpm
Iživciran/ 81 bpm	Iživciran/ 80 bpm	Smiren/ 68 bpm	Uznemiren/ 68 bpm
Iživciran/ 54 bpm	Iživciran/ 47 bpm	Iživciran/ 56 bpm	Iživciran/ 55 bpm
Smiren/ 65 bpm	Smiren/ 65 bpm	Iživciran/ 58 bpm	Smiren/ 57 bpm
Prosjek (bpm): 72.3 bpm	Prosjek (bpm): 73.3 bpm	Prosjek (bpm): 70.3 bpm	Prosjek (bpm): 68.4 bpm
Emocije (prosjek): Uznemiren – 11% Iživciran – 67% Smiren – 22%	Emocije (prosjek): Uznemiren – 11% Iživciran – 67% Smiren – 22%	Emocije (prosjek): Uznemiren – 11% Iživciran – 56% Smiren – 33%	Emocije (prosjek): Uznemiren – 22% Iživciran – 33% Smiren – 44%



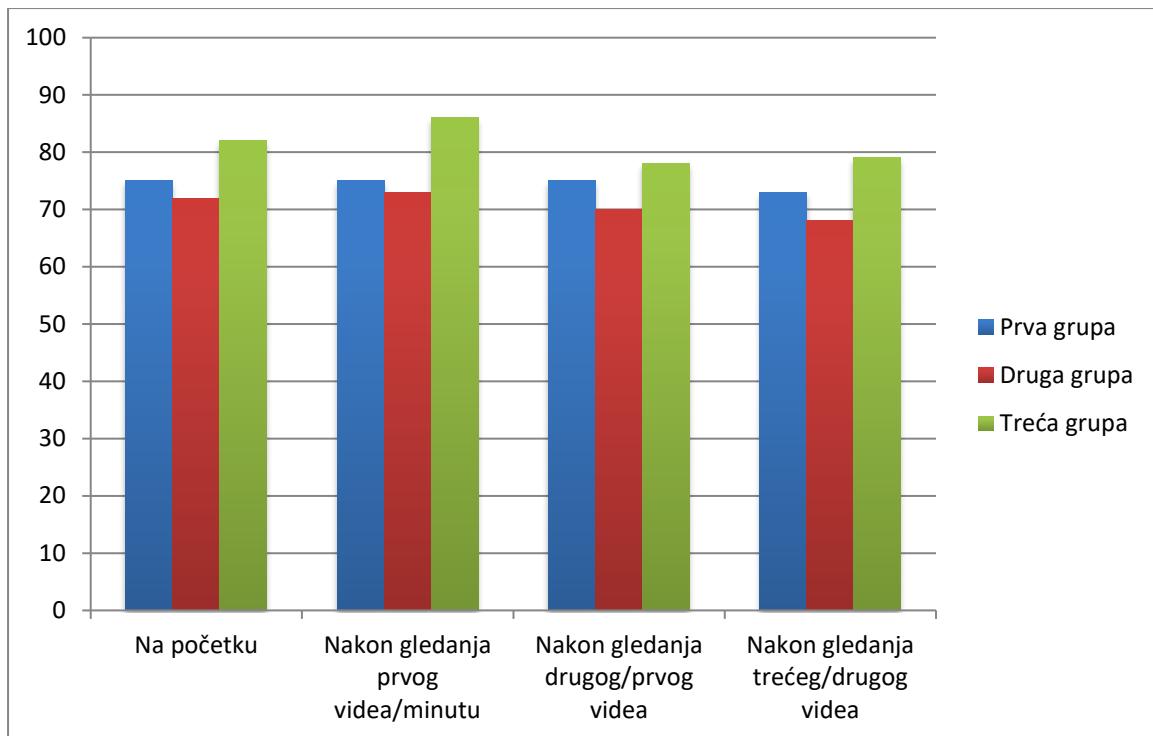
**Slika 4: Grafički prikaz emocija druge (kontrolne) grupe u postotcima**

**Tablica 3. Treća grupa (crveno – žuto – narančasti početni video)**

Emocija i puls prije gledanja prvog videa	Emocija i puls poslije gledanja prvog videa	Emocija i puls poslije gledanja drugog videa	Emocija i puls poslije gledanja trećeg vieda
Iživciran/91 bpm	Smiren/ 77 bpm	Smiren/79 bpm	Smiren/ 78 bpm
Uznemiren/ 74 bpm	Uznemiren/ 98 bpm	Iživciran/ 95 bpm	Smiren/ 69 bpm
Smiren/ 87 bpm	Smiren/ 93 bpm	Smiren/ 92 bpm	Smiren/ 89 bpm
Iživciran/ 83 bpm	Iživciran/ 83 bpm	Uznemiren/ 92 bpm	Smiren/ 81 bpm
Iživciran/ 107 bpm	Iživciran/ 89 bpm	Iživciran/ 82 bpm	Iživciran/ 78 bpm
Smiren/ 70 bpm	Uznemiren/ 85 bpm	Uznemiren/ 80 bpm	Smiren/ 68 bpm
Uznemiren/ 70 bpm	Uznemiren/ 72 bpm	Uznemiren/ 76 bpm	Smiren/ 70 bpm
Iživciran/ 67 bpm	Uznemiren/ 75 bpm	Uznemiren/ 79 bpm	Uznemiren/ 77 bpm
Iživciran/ 92 bpm	Uznemiren/ 102 bpm	Iživciran/ 117 bpm	Smiren/ 99 bpm
Prosjek (bpm): 82.3 bpm	Prosjek (bpm): 86 bpm	Prosjek (bpm): 77.7 bpm	Prosjek (bpm): 78.7 bpm
Emocije (projek): Uznemiren – 22% Iživciran – 56% Smiren – 22%	Emocije (projek): Uznemiren – 56% Iživciran – 22% Smiren – 22%	Emocije (projek): Uznemiren – 44% Iživciran – 33% Smiren – 22%	Emocije (projek): Uznemiren - 11% Iživciran – 11% Smiren – 78%



**Slika 5: Grafički prikaz emocija treće grupe u postotcima**



**Slika 6: Grafički prikaz prosječnog pulsa svake grupe (bpm)**

## 5 Zaključak

Nakon provođenja eksperimenta, došla sam do zanimljivih zaključaka.

Dok ritmičke kretnje imaju smirujući efekt na psihu učenika, repetitivne kretnje i bljeskovi imaju negativan.

Mnogo je stvari za koje smatram da bi mogle poboljšati eksperiment. Na primjer, mjerjenje tlaka i količinu kisika učenika za potvrdu razine stresa u organizmu. Mjerjenje pulsa strojem, umjesto da učenici mjere sami. Jedna animacija polako izmjenjujućih i bljeskova za svaku kombinaciju boja, da se možemo fokusirati samo na pokrete te da se isključi mogući utjecaj boja na emocije, koje sam ja radi rađenja samo jedne animacije za svaku kombinaciju morala uračunati. Provođenje eksperimenta na većem uzorku, kao i na različitim dobnim skupinama (jesu li reakcije na ovakvu vrstu kretnje jednake ovisno o dobi) i u bolje kontroliranim uvjetima (ja sam eksperiment provodila u učionici). Nadalje, bilo bi zanimljivo podijeliti sudionike eksperimenta po spolu i vidjeti ima li tada drugčijih reakcija, tj., postoji li razlika u psihološkom utjecaju pokreta oka među spolovima (što ja nisam mogla zbog premalog uzorka).

Usto, smatram da bi provedba eksperimenta na dan bez pisanja testa iz ijednog predmeta bila optimalna, kao i postizanje toga da svaka osoba gleda video zapise sama, bez kontakta s drugima.

## **6 Zahvale**

Posebne bih zahvale željela uputiti svojem mentoru, profesoru biologije Karlu Horvatinu na pomoći oko eksperimenta i „žrtvovanju“ jednog školskog sata za provedbu ovog eksperimenta. Također svojem razredu što su pristali biti „pokusni kunići“. Usto bih se željela zahvaliti svojim roditeljima i mlađem bratu na strpljenju.

## **7 Literatura**

- [1] Hrvatski turnir mladih prirodoslovaca, poveznica: <http://www.iynt.icm.hr/>, datum pristupanja: 2. 12. 2018.
- [2] Bastić, Begić, Novoselić, Popović: Biologija 8, Alfa, 2014.
- [3] Wikipedia, poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Eye\\_tracking](https://en.wikipedia.org/wiki/Eye_tracking), datum pristupanja: 3. 12. 2018.
- [4] TechSmith Blog, poveznica: <https://www.techsmith.com/blog/frame-rate-beginners-guide/>, datum pristupanja: 3. 12. 2018.
- [5] Howstuffworks, poveznica: <https://science.howstuffworks.com/optical-illusions.htm>, datum pristupanja: 3. 12. 2018.
- [6] US National Library of Medicine, poveznica:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1297510/>, datum pristupanja: 3. 12. 2018.
- [7] Impuls, poveznica: <http://impulsportal.net/index.php/kultura/alter/6999-psihologija-boja-kako-boje-utjecu-na-raspolozenje-emocije-i-ponasanje>, datum pristupanja: 3. 12. 2018.
- [8] Sage journal, poveznica:  
<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2158244014525423>, datum pristupanja: 7. 12. 2018.

## **Problem 6. Zvučna izolacija**

**Autor: Ozren Pevec**

**Mentor: Karmen Holenda**

**8. razred, VI. Osnovna škola Varaždin, Varaždin, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Iz skupine zadanih problema odabrao sam šesti problem redom: „Zvučna izolacija“. Popratni tekst problema glasi: „Ponekad je nužno smanjiti neželjenu buku u zatvorenom prostoru. Ispitajte različite načine za zvučno izoliranje svoje sobe.“

U ovom problemu potrebno je istražiti načine za zvučno izoliranje sobe kao životnog prostora. Radi očuvanja vlastitog zdravlja, ljudi žele imati stambeni prostor u kojem se mogu opustiti i odmoriti od svakodnevnih radnih npora. To je dosta teško jer su stanovi i kuće većinom u blizini bučnih prometnica. Osim toga, suvremena gradnja ne koristi uvijek kvalitetne materijale i zidovi stanova nisu uvijek dovoljne širine.

Razmatrajući veličinu sobe, problem količine materijala za izolaciju i način izvođenja praktičnog rada, odlučio sam veličinu sobe smanjiti na model manje kartonske kutije.

Za izvor zvuka odabrao sam svoj mobitel. Kako bi ton mobitela imao konstantnu jakost i frekvenciju, koristio sam aplikaciju za mobilne telefone u kojoj se može odabrati ton određene frekvencije. Izabrao sam tri različite frekvencije tona. Glasnoću tona mjerio sam u decibelima na tri različite udaljenosti od modela „sobe“. Za mjerjenje glasnoće tona koristio sam mali ručni uređaj kojeg su mi kupili roditelji. Prvo sam izmjerio glasnoću zvuka mobitela bez ikakve izolacije, a zatim sa izolacijom.

Iz literature [8] saznao sam da mekši materijali bolje upijaju zvučne valove. Zato sam za izolacijski materijal svoje „sobe“ odabrao meni lako dostupne i jeftine materijale: umjetnu spužvu (spužva za školske ploče), stiropor i stare pamučne krpe.

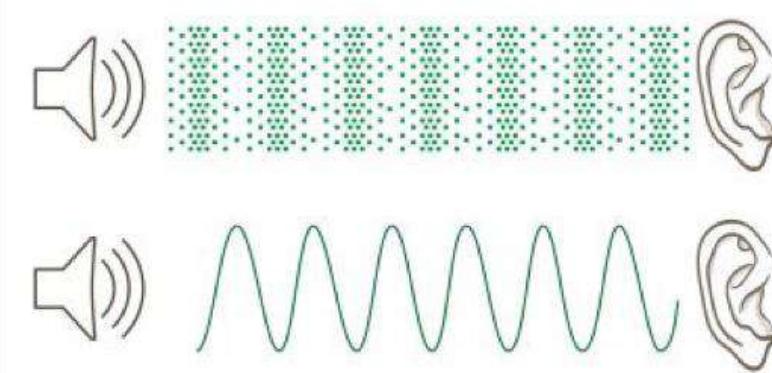
Moje prepostavke su:

1. Ton više frekvencije će imati veću jačinu.
2. Zvučna propusnost materijala bit će veća kod tonova viših frekvencija.
3. Spužva će najbolje utišati zvuk buke.

## 2 Teorijska razrada problema

### 2.1 Što je zvuk?

Zvuk je prirodna pojava koja nastaje mehaničkim titranjem nekog tijela. Prestankom titranja tijela prestaje i stvaranje zvuka.



Slika 1. Longitudinalni i transverzalni val zvuka [4]

„Zvuk se širi bez prijenosa mase, ali se zvukom prenose impuls sile i energija. Energija zvuka širi se nekim medijem u obliku mehaničkog vala. To sredstvo je obično zrak, a može biti i tekućina ili elastično čvrsto tijelo. Zvuk se ne može širiti kroz vakuum.“[3]

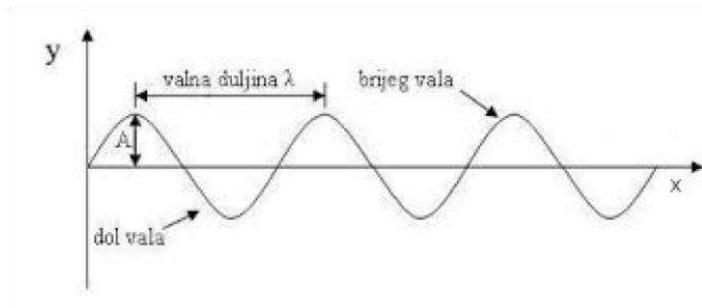
„Zvuk se širi zbog elastične veze među molekulama sredstva. U Plinovima i tekućinama valovi zvuka su isključivo longitudinalni, dok u čvrstim tijelima valovi mogu biti i transverzalni.“[3]

Širenje zvuka kao longitudinalnog i transverzalnog vala, od izvora do osjetilnog organa za sluh prikazano je slikom 1.

### 2.2 Veličine koje opisuju zvuk

„Zvuk je određen dvjema fizikalnim veličinama, frekvencijom i valnom duljinom. Broj titraja koje materijal čini u jednoj sekundi se naziva frekvencija, oznaka je  $f$ , a mjerna jedinica je Hz (Herc). Valna duljina (slika 2) je razmak između dva susjedna najveća zgušnjenja, kao i između dva susjedna razrjeđenja, medija kroz koji se val širi.“[3]

„Prema pravilnosti titranja razlikujemo ton, šum i buku. Ton je zvuk koji se sastoji od harmoničnih titraja dok su šum i buka smjesa titraja različitih frekvencija i amplituda.“ [3]



Visinu zvuka (frekvenciju) izražavamo fizikalnim jedinicama Hz (Herc), a glasnoću zvuka najčešće izražavamo fizikalnom jedinicom decibel (dB).

Zvuk se širi kroz različite tvari različitim brzinama. Na brzinu zvuka utječe gustoća tvari, sile među česticama (za tekućine i čvrste tvari), temperatura i tlak (za plinove). Ako je gustoća tvari veća, zvuk će se kroz tvar prenositi brže i duže. Brzina zvuka se iskazuje mjernim jedinicama za brzinu: m/s ili km/h.

Tablica 1 prikazuje brzinu kretanja zvuka kroz neke tvari pri  $20^{\circ}\text{C}$  i atmosferskom tlaku od  $10^5 \text{ Pa}$ . Izvor podataka tvari navedene u tablici 1 potječe iz literature pod brojem [3].

**Tablica 1. Brzina zvuka u mediju**

Medij	Brzina u m/s	Medij	Brzina u m/s
ZRAK	343	BUKOVO DRVO	3300
KISIK	317	PLUTO	500
HELIJ	981	STAKLO	5500
VODIK	1280	BETON	3750
VODA	1485	ŽELJEZO	5170

### 2.3 Štetno djelovanje buke na zdravlje

Ljudi mogu čuti zvukove u frekvencijama od 16 Hz do 20 000 Hz. Sve zvukove ispod 16 Hz nazivamo infrazvukovima ili podzvukovima, a zvukove frekvencije više od 20 000 Hz nazivamo ultrazvukovima ili podzvukovima. Kroz život se sposobnost registriranja zvukova viših frekvencija gubi što više starimo.

Tablica 2 prikazuje raspon sluha kod nekih organizama. Izvor podataka u tablici 2 potječe iz literature [8.]

**Tablica 2. Raspon sluha kod odabralih organizama**

Organizam	Raspon frekvencije / Hz	Organizam	Raspon frekvencije / Hz
Čovjek	16 - 20 000	Krava	23 - 35 000
Pas	67 - 45 000	Ovca	100 -30 000
Mačka	45 - 64 000	Slon	16 - 12 000
Šišmiš	2 000 - 110 000	Konj	55 - 35 500
Miš	1 000 - 91 000	Zec	360 - 42 000

„Prema Međunarodnoj organizaciji za standarde (ISO) opasni su intenziteti buke iznad 90 dB. Utjecaj buke na zdravlje može biti izravan i imati za posljedicu oštećenje organa za sluh i ravnotežu, a može biti neizravan i imati utjecaja na živčani, krvožilni, probavni i endokrini sustav.“[7.]

„Pod izravnim posljedicama na zdravlje podrazumijevamo nagluhost, gluhoću, šumove u uhu, razne poremećaje vezane za razumijevanje govora, probleme u komunikaciji, smetnje u ravnoteži, nesigurnosti u hodu i zanošenje. Od neizravnih posljedica za zdravlje bitne su neurovegetativne reakcije kao što su hipertenzija, endokrinološki poremećaji i drugi poremećaji metabolizma. Druge su neizravne posljedice umor i psihičke reakcije (razdražljivost) te smanjenje radne sposobnosti.“ [7.]

„Buka jako utječe na ciklus spavanja te dovodi do objektivnog poremećaja sna - skraćena REM faza nakon izlaganja buci. Stariji su ljudi osjetljiviji, dok djeci najmanje smeta buka za vrijeme spavanja. Izloženost buci za vrijeme spavanja povećava krvni tlak i puls te povećava broj pokreta tijela u snu.“ [7.]

„Buka utječe na razvoj kardiovaskularnih bolesti, dolazi do promjena krvnog tlaka, frekvencije pulsa i disanja, povećava se razina serumskog kolesterola, povećava se lučenje hormona adrenalina te se stvara povišen rizik za infarkt miokarda. Prag iznad kojeg se javlja viši rizik za infarkt iznosi 60 dB.“ [7.]

**Tablica 3. Primjeri izvora zvuka i razine zvuka**

ZVUK	Razina jakosti zvuka (dB)
Prag čujnosti	0-25
Govor	40
TV	55
Prometna ulica	70
Pila	100
Glasna glazba	110
Prag bola	130-140
Polijetanje i slijetanje aviona	140

## Materijali za zvučnu izolaciju

Budući da je zvuk val, može se odbijati od različitih površina. Odbijanjem od površine zvučni val prelazi više prostora i time se ne stišava, što u slučaju glasnih zvukova može imati štetne posljedice. Da bi smanjili odbijanje zvučnih valova, odnosno stišali neki zvuk, trebamo koristiti mekane materijale zato što se zvuk u njih upija. Takvi materijali bi trebali imati što više nepravilnu površinu jer se time povećava površina u koju se zvučni valovi udaraju i time se zvučni valovi teže odbijaju. To doprinosi upijanju zvuka. Neki od takvih materijala su: spužva, stiropor i pamuk.

## 3 Eksperimentalni postav

### 3.1 Materijali i pribor

Za proizvodnju zvuka konstantne glasnoće i frekvencije koristio sam osobni mobitel **Huawei p20 lite** (slika 3) i aplikaciju za mobilne telefone: **Simple tone generator** (verzija 1.14). Za mjerjenje glasnoće zvuka sam koristio uređaj: **UT353BT<sup>+</sup> Mini Sound Meter** (Bluetooth Version) (slika 4).

Model „sobe“ je predstavljen manjom kartonskom kutijom dimenzija (17,4cm x 16,2cm x 18,5 cm). Veća kartonska kutija (31cm x 30,6cm x 30,5cm) korištena je za umetanje izolacijskog materijala (slika 3). Za izolacijski materijal odabrane su školske spužve, ploče stiropora i stare pamučne krpe, plahte i jastučnice (slika 4). Za mjerjenje udaljenosti korišten je krojački metar.



Slika 3. Spužva kao izolacijski materijal



Slika 4. Krpe kao izolacijski materijal



Slika 5. Stiropor kao izolacijski materijal

### 3.2 Postav

Veća kartonska kutija je iznutra obložena jednim od odabralih izolacijskih materijala sa svih strana. U nju je stavljen manja kartonska kutija (model sobe), a u nju je stavljen mobitel. Mobitel je imao uključen zvuk određene frekvencije i postavljen je na najglasniju jačinu zvuka mobitela. Odabrane su frekvencije od 800 Hz, 1600 Hz i 2400 Hz (slika 3).

Zatvorena kutija postavljena je na školsku klupu. Krojačkim metrom određena je udaljenost od 1,5m i 3m. Uređaj za mjerjenje jačine zvuka postavljen je prvo uz samu kutiju (slika 6), a zatim je preseljen na drugu i treću udaljenost (slika 7), sve u istom nivou spojenih školskih klupa.



Slika 6. Mjerenje jačine zvuka pri 0m



Slika 7. Mjerenje jačine zvuka na 1.5m

#### 4 Metode i mjerene

Najprije sam mjerio jačinu zvuka mobitela bez izolacije na tri udaljenosti: 0m, 1,5m i 3m (slike 8 i 9) kako bih dobio kontrolne vrijednosti. Pri mjerenu jačine zvuka mijenjao sam frekvenciju zvuka koristeći navedenu aplikaciju. Odabrao sam frekvencije od 800 Hz, 1600Hz i 2400Hz. Svako mjerene je izvršeno tri puta. Sva mjerena obavio sam u mojoj školi tijekom dva dana. Trudio sam se da prilikom mjerena imam što sličnije uvjete u oba dana mjerena te da je što manji utjecaj vanjskih faktora. Primjetio sam da aparat bilježi čak i zujanje stropne lampe u učionici. Zbog toga su mjerena obavljena nakon redovne nastave, a stropne lampe su bile ugašene.



Slika 8. Mjerene jačine zvuka bez izolacije



Slika 9. Priprema radnog mesta

Nakon toga sam mjerio jačinu zvuka mobitela pri svakoj frekvenciji sa svakim od navedenih materijala kao izolatora posebno, također na sve tri udaljenosti od modela sobe. Sva su mjerena napravljena tri puta.

Pri tome sam mobitel postavio u manju kutiju, zatvorio je i prekrio izolacijskim materijalom sa svih strana. Nakon toga sam zatvorio veću kutiju i započeo mjerene jačine zvuka.

Rezultate sam bilježio u tablicu Microsoft Excel na svojem prijenosnom računalu.

## 5 Rezultati i rasprava

Rezultati mjerena jačine zvuka mobitela u decibelima i kod odabranih frekvencija zvuka navedeni su u tablici broj 4 (kontrolna skupina). Najviša vrijednost jačine zvuka mobitela, podešenog na najjači zvuk koji može ispuštati pri nultoj udaljenosti je 90,2 dB. Ova vrijednost zadovoljava uvjete buke prema podacima iz literature pod brojem [7] kako je navedeno u poglavlju 2.3. Najniža vrijednost jačine zvuka izmjerena na najudaljenijoj točci mjerena je 66,2dB. Mogu zaključiti da je zvuk mobitela dosta jak.

Nakon izvršena tri mjerena prosječne vrijednosti jačine zvuka u dB izražene su u tablici broj 4 u sivo osjenčanom redu.

**Tablica 4. Rezultati jačine zvuka mobitela izraženo u dB bez izolacije – kontrolna skupina**

Udaljenost/ m	0	1,5	3
Frekvencija/ Hz			
2400	88,2	79,3	76,4
	88,3	76,7	74,1
	90,2	77,3	73,5
	88,9	77,7	74,6
1600	89,3	73,1	71,2
	90,2	70,2	65,4
	88,6	70,5	65,5
	89,3	71,2	67,3
800	86,2	68,5	65,1
	85,5	73,4	65
	81,8	71,7	68,5
	84,5	71,2	66,2

U kontrolnoj skupini, pri 0m udaljenosti, najviša prosječna vrijednost jačine zvuka je 89,3 dB kod frekvencije od 1600Hz. Na drugom je mjestu zvuk pri 2400 Hz od 88,9 dB, a najmanja vrijednost je pri 800 Hz sa 84,5 dB.

Na udaljenosti od 1,5 m je zanimljivo da frekvencije 1600 Hz i 800 Hz imaju gotovo jednaku vrijednost jačine zvuka. Kod 2400 Hz vrijednost jačine zvuka je 77,7 dB, slično je i na udaljenosti od 3 m gdje je razlika između 1600 Hz i 800 Hz svega 1,16 dB.

Kako se povećava udaljenost mjernog instrumenta od „izolirane sobe“, opažaju se niže vrijednosti jačine zvuka.

Nakon mjerena jačine zvuka bez izolacije, ponovio sam sva mjerena uz korištenje spužve kao izolatora. Rezultati mjerena prikazani su u tablici broj 5 i na grafičkom prikazu 1, 2 i 3.

**Tablica 5. Rezultati jačine zvuka mobitela izraženo u dB – izolirano spužvom**

Udaljenost/ m	0	1,5	3
Frekvencija/ Hz			
2400	65,5 66,7 70,6	49,2 55,3 47,5	45,5 46,3 45,5
	<b>67,6</b>	<b>50,6</b>	<b>45,7</b>
1600	64,4 62,4 65,8	44,9 47,5 58,7	60,2 58,2 56,1
	<b>64,2</b>	<b>50,3</b>	<b>58,1</b>
800	59,0 56,3 55,2	51,2 52,1 47,6	46,4 43,2 40,3
	<b>56,8</b>	<b>50,3</b>	<b>43,3</b>

Može se primijetiti da je došlo do osjetnog stišavanja zvuka. Usporedbom podataka iz kontrolne skupine i podataka iz tablice 5 izračunao sam koliko decibela spužva kao izolator može „upiti“ tj. kolika je njezina mogućnost stišavanja buke. Te se vrijednosti kreću od 20,9 dB do 28,9 dB. Najviše je zvuk utišan kod najveće frekvencije i na najvećoj udaljenosti (28,9dB). Smatram da je sružva dosta dobar izolator.

**Tablica 6. Rezultati jačine zvuka mobitela izraženo u dB – izolirano krpama**

Udaljenost/ m	0	1,5	3
Frekvencija/ Hz			
2400	54,9 53,1 52,4	40,8 39,1 38,9	38,8 37,3 37,2
	<b>53,4</b>	<b>39,6</b>	<b>37,7</b>
1600	52,5 46,7 55,2	47,4 50,8 45,3	45,8 49,7 46,9
	<b>51,4</b>	<b>47,8</b>	<b>47,4</b>
800	58,1 62,2 56,6	50,5 48,6 50,4	46,1 44,2 37,4
	<b>58,9</b>	<b>49,8</b>	<b>42,5</b>

Stare pamučne krpe također su se pokazale kao jako dobar izolator (grafički prikaz 1, 2 i 3). Na nultoj udaljenosti najbolje su utišani zvukovi visoke frekvencije, dok je zvuk niže frekvencije, 800 Hz, bio najjači (58,9 dB).

Kod 1,5 m udaljenosti je također najglasniji zvuk od 800 Hz (49,8 dB). Pri 3m udaljenosti najveća je vrijednost zvuka izmjerena pri frekvenciji od 1600 Hz.

Usporedbom rezultata kontrolne skupine i rezultata iz tablice 6 mogu zaključiti da su pamučne krpe dobar izolator jer su utišale zvuk u rasponu od 19,9 dB do 38,1 dB. Također opažam da je najbolje utišan zvuk najviše frekvencije od 2400 Hz, u rasponu od 35,4 do 38,1 dB.

Kako se stiropor ponaša kao zvučni izolator pokazuju rezultati u tablici 7 i na grafičkim prikazima 1,2 i 3.

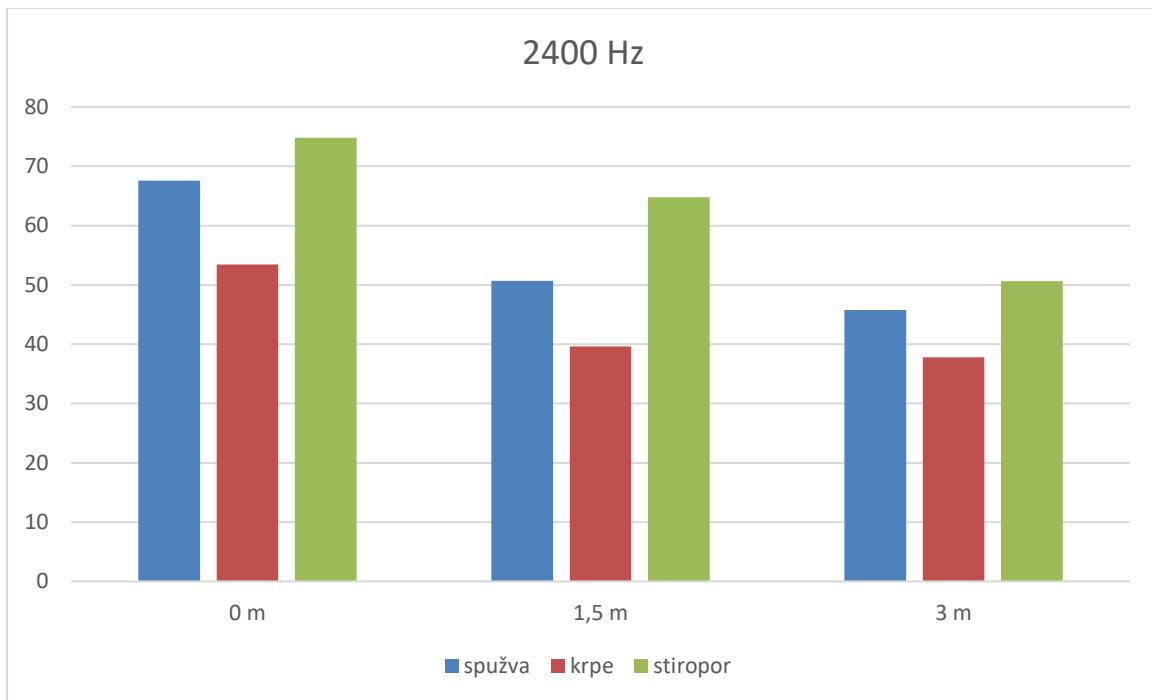
**Tablica 7. Rezultati jačine zvuka mobitela izraženo u dB – izolirano stiroporom**

Udaljenost/ m	0	1,5	3
Frekvencija/ Hz			
2400	76,7 73,2 74,5 <b>74,8</b>	65,6 64,9 63,9 <b>64,8</b>	58,4 43,2 50,3 <b>50,6</b>
1600	78,4 78,6 77,0 <b>78,0</b>	68,3 66,4 66,4 <b>67,0</b>	65,9 62,2 63,3 <b>63,8</b>
800	59,3 61,3 59,8 <b>60,1</b>	51,3 50,4 51,5 <b>51,0</b>	58,5 56,9 59,9 <b>58,4</b>

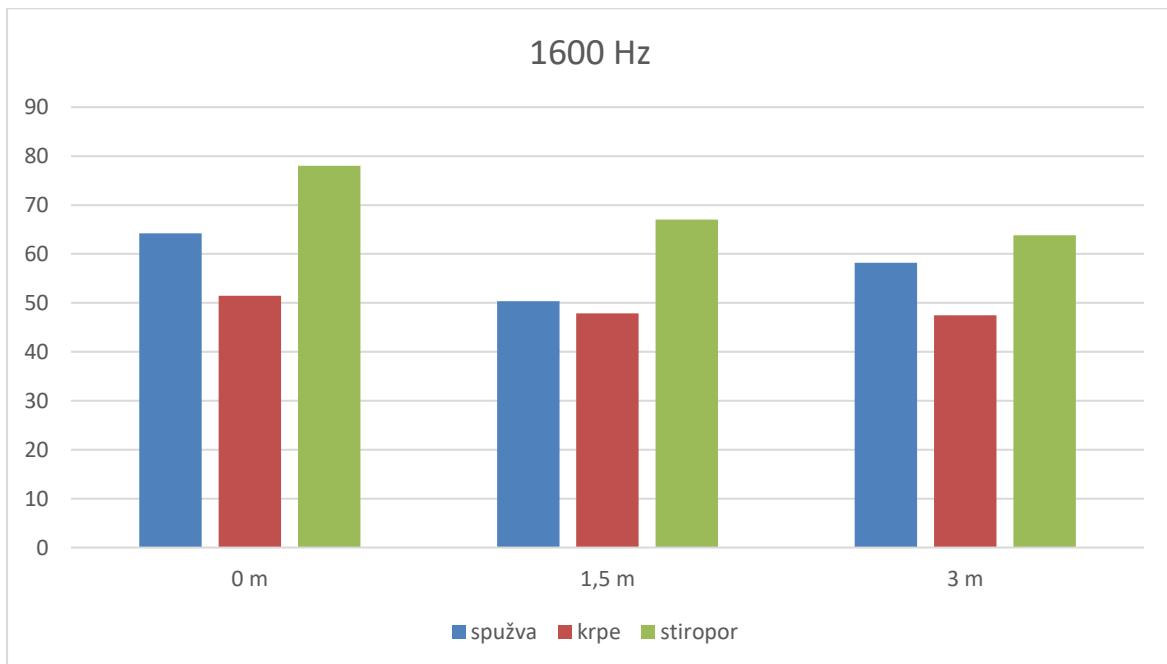
Usporedbom rezultata kontrolne skupine sa rezultatima tablice 7, utvrdio sam da je sposobnost stiropora da utiša zvuk slabija od prethodno korištenih materijala. Zvuk je bio utišan svega za 3,5 dB do 24,3 dB. Pri tome su bili najbolje utišani zvukovi niže frekvencije i zvukovi mjereni na većoj udaljenosti.

Korišteni materijali kao izolatori mogu se po svojoj uspješnosti (grafički prikaz 4) poredati u sljedeći redoslijed:

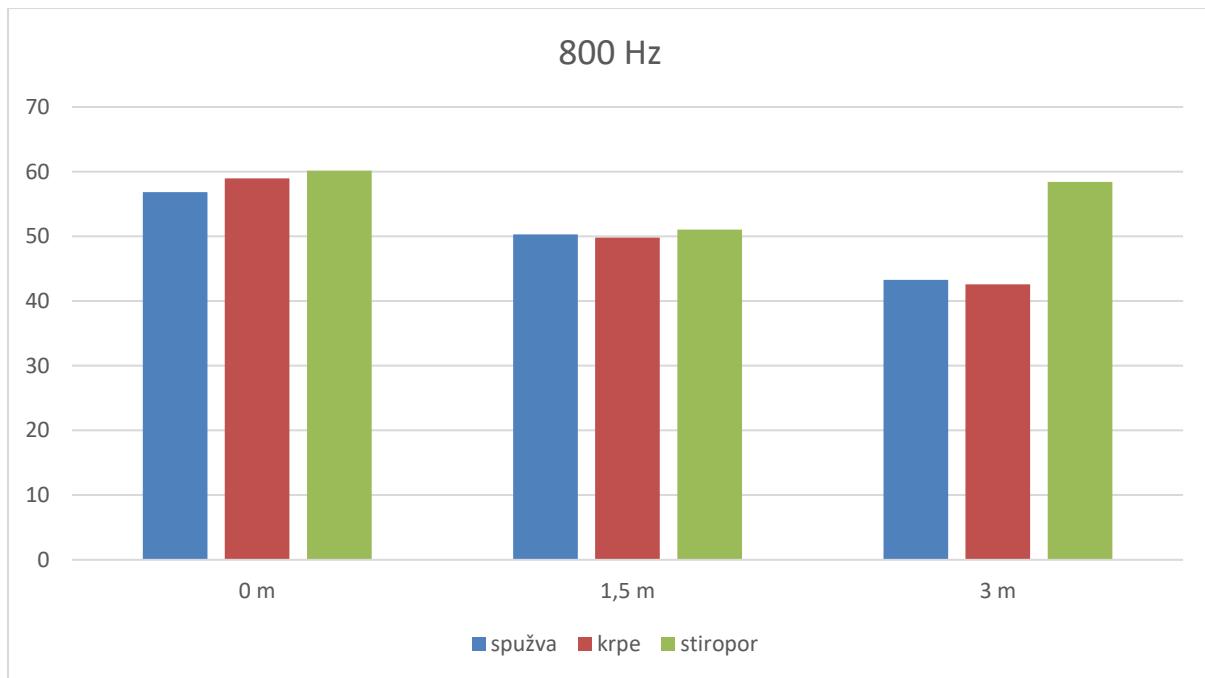
1. pamučne krpe - zvuk utišan do 38,1 dB,
2. spužva - zvuk utišan do 28,9 dB,
3. stiropor - zvuk utišan do 24,3 dB



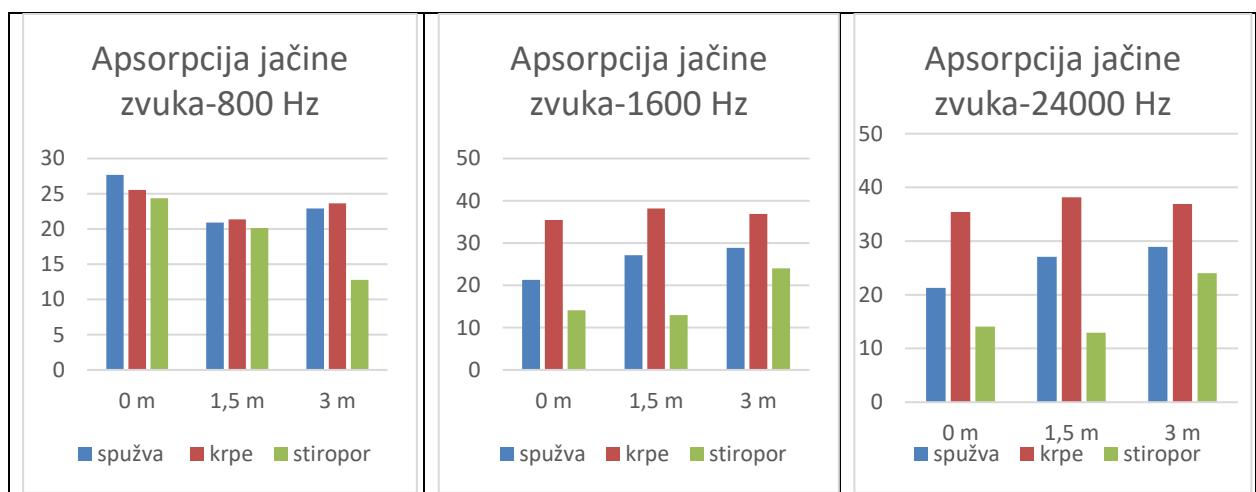
**Graf 1. Jačina zvuka mobitela u dB kod 2400 Hz utišano izolacijom**



**Graf 2. Jačina zvuka mobitela u dB kod 1600 Hz utišano izolacijom**



**Graf 3. Jačina zvuka mobitela u dB kod 800 Hz utišano izolacijom**



**Graf 4. Usporedba izolatora u sposobnosti apsorpcije zvuka kod svih frekvencija i udaljenosti**

## **6 Zaključak**

Na početku bih ponovio moje prepostavke koje sam imao prije izvođenja praktičnog dijela rada:

1. Ton više frekvencije će imati veću jačinu.
2. Zvučna propusnost materijala bit će veća kod tonova viših frekvencija.
3. Spužva će najbolje utišati zvuk buke.

Na temelju dobivenih rezultata mjerena jačine zvuka mogu zaključiti da moje početne prepostavke nisu u potpunosti bile ispravne. Moja prva prepostavka da će ton više frekvencije imati najveću jačinu zvuka nije u potpunosti ispravna. U nekoliko mjerena je ton središnje frekvencije bio jači od tona više frekvencije na istoj udaljenosti, neovisno o vrsti izolatora.

Moja druga prepostavka točna je samo u slučaju spužve kao izolatora. Kod svih drugih mjerena zvučna propusnost materijala bila je veća kod tonova nižih frekvencija.

Moja treća prepostavka također se pokazala netočnom jer su krpe najbolje utišale zvuk na svim frekvencijama.

Kad razmišljam o tome čime bih ipak mogao izolirati svoju sobu u stvarnosti, onda bih od ispitanih materijala odabrao spužvu. Spužva se pokazala kao dosta dobar izolator i radi se o trajnom materijalu. Pamučne krpe su organski materijal koji s vremenom propada, a mogu ga napasti i mikroorganizmi.

Moji prijedlozi za nastavak ovog seminar skog rada su:

- odabrati neki drugi precizniji uređaj za mjerjenje jačine zvuka,
- odabrati drugo mjesto za izvođenje mjerena, tj. prostor u kojem je što manje drugih zvukova koji bi mogli utjecati na rezultate mjerena,
- uključiti u mjerena zvukova drugih frekvencija,
- razmišljati o nekim drugim udaljenostima za mjerjenje jačine zvuka,
- iskušati neke druge materijale kao izolatore,
- iskušati kombinaciju dva ili više materijala kao izolatora.

Te ove rezultate možemo iskoristiti tako da odredimo najpropusnije dijelove sobe te postaviti izolaciju na ta područja. Ovaj rad prikazuje kako neke nerijetke probleme života možemo riješiti kritičkim razmišljanjem, znanstvenim pristupom i logičkim zaključivanjem.

## **7 Zahvale**

Kao prvo bih se želio zahvaliti cijenjenoj mentorici Karmen Holendi za svu podršku kroz cijeli proces stvaranja seminarskog rada te za entuzijazam i želju za sudjelovanje u ovoj jedinstvenoj prilici. Potom bih se zahvalio roditeljima za mentalnu podršku te isto tako svojoj obitelji i svim prijateljima koji su pokazali interes za moj rad. Od srca vam hvala.

## **Literatura**

[1.] Hrvatska enciklopedija, poveznica:

<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=67594>, datum pristupanja: 1.prosinca 2018.

[2.] Fizika 8 – 4.4 Zvuk – Edutorij, poveznica: [https://edutorij.eskole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/a743968a-901e-4aa4-9117-d7d5dedac0d5/html/6468\\_Zvuk.html](https://edutorij.eskole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/a743968a-901e-4aa4-9117-d7d5dedac0d5/html/6468_Zvuk.html), datum pristupanja: 1.prosinca 2018.

[3.] Wikipedija, poveznica: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Zvuk>, datum pristupanja: 1.12.2018.

[4.] Technické kukátko – Co je to zvuk?, poveznica: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-serialy/Technicke-kukatko-Co-je-to-zvuk-Proste-zvuk~20~unor~2018/>, datum pristupanja: 1.12.2018.

[5.] Fizika 2, poveznica: [www.phy.grf.unizg.hr](http://www.phy.grf.unizg.hr), datum pristupanja: 1.12.2018.

[6.] George M. Strain: Deafness in dogs and cats, poveznica:  
<https://www.lsu.edu/deafness/HearingRange.html>, datum pristupanja: 4.prosinca 2018.

[7.] Doc. dr. sc. Marisa Klančnik: UTJECAJ BUKE NA ZDRAVLJE I RADNU SPOSOBNOST,  
poveznica: [https://bib.irb.hr/datoteka/739938.Dr\\_Klancnik\\_Marisa\\_buka\\_popularni.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/739938.Dr_Klancnik_Marisa_buka_popularni.pdf),  
datum pristupanja: 4. prosinca 2018.

[8.] Don Vandervort: 8 Sound Proofing Secrets for a Quieter Home, poveznica:  
<https://www.hometips.com/buying-guides/soundproofing-insulation.html>, datum pristupanja: 5. prosinca 2018.

## **Problem 3. SLANA TLA**

**Autor: Patricia Plantak**  
**Mentor: mr. sc. Zdenka Ribić Dugandžić**

**2. Tehničar nutricionist, Graditeljska, prirodoslovna i rudarska škola, Varaždin, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Kako je cijela moja obitelj posvećena ekološkom uzgoju voća i povrća, odlučila sam malo više razraditi problem 3. Slana tla. Slanost tla može utjecati na rast biljaka. Kako soli utječu na rast i razvoj biljaka?

Mediteransko bilje je prilagođeno za rast i razvoj u uvjetima visokog saliniteta. Kontinentalno područje karakterizira drugačiji sastav tla pa su i biljke svoje karakteristike prilagodile uvjetima u kojima rastu, što znači da su puno više osjetljive na prisutnost soli u tlu. Za razliku od mediteranskih biljaka, kontinentalne biljke rastu u uvjetima niskog saliniteta.

Soljenje cesta tijekom zimskih uvjeta ili borba s puževima u vrtu tijekom ljetnih mjeseci nerijetko znači nekontroliranu upotrebu soli koja se s vremenom gomila u tlu i narušava njegovu strukturu i hranidbene uvjete za biljke. Iz navedenog razloga odlučila sam istražiti kako će povećana količina soli u tlu utjecati na uzgoj bilja. Odlučila sam se za biljku graha jer je to jedna od najčešćih biljaka koja se uzgaja u mom kraju, a kod koje je moguće brzo i kvalitetno zabilježiti promjene u rastu i razvoju.

### **2 Teorijska razrada problema**

#### **2.1. Tlo**

Uzgoj biljka zahtijeva tlo određenih karakteristika. Hortikulturalne biljke uspijevaju na tlu čija se pH vrijednost kreće u rasponu od 4 do 8, a optimalna vrijednost se kreće u rasponu od 5 do 6 [1]. Da bi hortikulturalno kontinentalno bilje uspijevalo moramo, uz pH vrijednost tla, uzeti u obzir i sastav tla. Jedna od važnih karakteristika kontinentalnog tla koja pogoduje hortikulturalnim biljkama je niska razina saliniteta. U zadnje vrijeme sve više se ističe problematika povećane koncentracije soli u kontinentalnom tlu koja se javlja uslijed povećanja razine soli u podzemnim vodama te u vodi koja se koristi za navodnjavanje.

Akumulirana sol u tlu uništava njegovu strukturu, smjenjuje infiltraciju vode i prozračivanje tla, što dovodi do veće kompaktnosti tla i većeg površinskog otjecanja vode [2].

Tlo je pod velikim utjecajem vanjskih čimbenika koji utječu na njegovo oblikovanje, sastav, teksturu, a sam čovjek značajno utječe na njega nastojeći ga prilagoditi sebi. Navedena prilagodba ponekada ide svjesno (gnojidba i obrada tla za uzgoj biljaka) i uglavnom je pozitivna jer tada tlo ne strada već se obogaćuje mineralima i biljnim kulturama. No, ponekad ljudi nesvesno prezasićaju i zagađuju tlo, kao što je u slučaju nekontrolirane primjene soli (npr. posipanje cesta i ulica solju za vrijeme zimskih uvjeta na cesti, u sezoni velikih kiša kada dolazi do najeze puževa mnogi često pribjegavaju direktnoj primjeni uništavanja puževa soljenjem). Voda za navodnjavanje obično sadrži prevelike količine soli [9]. Intenzivnim

navodnjavanjem vodom koja je prezasićena solima, dolazi do negativnih promjena kod biljaka. Poznato je da se sol s vremenom akumulira u tlu te da se njezina količina mijenja s dubinom. S obzirom na to da se s površinskog sloja tla soli ispiru u dubinske dijelove, veća je koncentracija u dubljim slojevima. Tako će biljka prvo iskoristiti vodu s površine tla, a potom iz dubinskih dijelova. Crpljenje vode koja u sebi sadrži veću količinu soli uzrokuje situaciju kod biljaka, koja je veoma slična pojavi suše, a simptomi su najsličniji onima koje se javljaju za vrijeme suše (promjena boje, opadanje listova, smanjeni plodovi).

Istraživanja su pokazala toksičnost visoke koncentracije  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$  inhibiraju fotosintezu, sintezu proteina, enzime, mijenja stopu respiracije. I druga istraživanja navode kako visoki salinitet ima negativan utjecaj na biljku jer otežava primanje vode korijenom, a ioni soli djeluju toksično u visokim koncentracijama [5] [3] [6]. Visoka koncentracija otopljenih soli u vodi tla snižava vodni potencijal tla i dovodi do dehidracije (da bi održala vodnu ravnotežu, biljka mora održati gradijent vodnog potencijala između tla i listova). Neka istraživanja potvrđuju kako prekomjerna količina soli u tlu negativno utječe na rast i razvoj biljaka te navode propadanje drvoreda u gradu Zagrebu, negativan utjecaj soli na vegetaciju Parka prirode Medvednice uz sljemensku cestu te uništavanje uroda lubenica u dolini Neretve [4] [8] [2] [7].

## 2.1. Hipoteza

Prepostavljam da će povećana količina soli nepovoljno djelovati na klijanje i rast biljke graha. Što će koncentracija soli biti veća to će i negativan utjecaj na biljke biti veći.

Prepostavljam da će biljka zaljevana destiliranom vodom najbolje rasti i to će mi biti kontrolna skupina.

Povećana koncentracija soli  $\text{NaCl}$  neće utjecati na promjenu pH vrijednosti tla.

## 3 Eksperimentalni postav

### Pribor i kemikalije:

Za izvođenje ovog pokusa koristila sam: sjemenke graha, tlo iz vrta, posudice za uzgoj, lakmus papir, filter papir, ravnalo, kuhinjsku sol, biretu, Erlenmeyerovu tikvicu, otopinu  $\text{AgNO}_3$  i otopinu  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

Sjemenke graha posadila sam u posudice istih veličina, a sastav zemlje – tla je bio identičan u svakoj posudici. Posudice sa sjemenkama su bile izložene jednakim uvjetima, a zaljevala ih različitim otopinama. Otopine su se razlikovale po sastavu (vodovodna voda i destilirana voda) i masenom udjelu soli (0.1%, 0.5% i 1%). Svakodnevno sam promatrala i zapisivala promjene u izgledu i visini biljaka. Na kraju samog eksperimenta izmjerila sam pH tla i odredila količinu klorida u otopinama nakon filtracije tla po Mohru.

Tlo, koje se koristilo u svrhu ovog istraživanja, uzela sam s poljoprivredne površine seoskog imanja koje je udaljeno od prometnica. Tlo nije bilo u zadnjih 5 godina tretirano pesticidima. S obzirom da nisam koristila kupljenu zemlju kojoj je poznat sastav, odlučila sam provjeriti teksturu tla jednostavnim pokusom. Uzela sam onoliko tla koliko stane na žlicu, oblikovala ga u kuglicu promjera 2,5 cm koju sam potom lagano namakala vodom sve dok se nije navlažila

toliko da se počne lijepiti za ruke. Zatim sam na ravnoj podlozi nastojala oblikovati kuglicu u tanki valjak. Primjera radi, ukoliko se uzorak tla uspije oblikovati samo u kuglu i valjak, ali u druge oblike poput savinutog valjka ne uspijeva, tlo je ilovača (prave ilovače sadrže od prilike podjednake količine čestica pijeska, gline i ilovače). Moj uzorak tla se uspio oblikovati samo u kuglu i valjak zbog povećane količine pijeska u tlu.

Važno je napomenuti kako je zbog pijeskovite teksture svake godine tlo obogaćivano gnojem iz komposta s dodatkom konjskih briketa. Karakteristika pijeskovitog tla je velika propusnost vode pa ga je potrebno češće zalijevati.

U posude za presadnice jednake veličine (promjer 8 cm, visina 6 cm) zasijala sam sjemenke graha. Svaka je posudica sadržavala 4 sjemenke graha kako bi se osigurao potencijalni razvoj klica. Izložila sam ih jednakim uvjetima temperature koja je varirala od 17-19 °C stupnjeva. Podjednako sam ih zalijevala ovisno o suhoći gornjeg sloja zemlje (prosječno svakih 5 dana).



Slika 1: Rast biljaka graha 5. dan od sadnje



Slika 2: Rast biljaka graha 18. dan od sadnje

## **4 Metode i mjerena**

Odmah nakon sadnje svaka je posudica bila zalivena s 20 ml određene otopine (vodovodna voda, destilirana voda, 0.5% otopina soli, 0.1% otopina soli, 1% otopina soli). Destiliranu vodu sam koristila kao kontrolni uzorak za zalijevanje jedne biljke s obzirom da nema nikakvih otopljenih tvari za razliku od vodovodne vode koja ih može sadržavati. Promjene u posudicama sam promatrala i zapisivala svaki dan u tablicu (vidjeti Tablicu 3.) Kod biljaka graha mi je bilo važno vrijeme pojave klice te rast same biljke.

### **4.1. Zapažanja**

Prve promjene su bile uočene treći dan kada je grah u svim teglama nabubrio, s time da je kod uzorka zalijevanog s 1% otopinom soli manje nabubrio u odnosu na ostale četiri. Peti dan kod biljka zalijevanih vodovodnom i destiliranom vodom se pojavila mala klica te kod biljaka zalijevanih 0.1% i 0.5% otopinom soli.

Kod biljke zalijevanih 1% otopinom soli nije bilo promjena, kod nje se tek sedmi dan pojavila klica. Sedmi dan je i kod graha zalijevanog s 0.5% otopine soli primijećen rast do visine od 8 mm.

Dan poslije opet je jedino kod graha zalijevanog s 0.5% otopine soli primijećen rast 1,5 mm. Deseti dan se pojavljuju promjene kod vodovodne i destilirane vode. Kod vodovodne vode uspio je niknuti samo jedan grah od njih 4 i taj raste do visine od 2 cm. Začudilo me je što je samo jedan grah niknuo. Pretpostavljam da je u zrnju bio nametnik (žižak) ili je zrno bilo oštećeno pa će idući put posebno paziti na to pri odabiru zrnja za sadnju. Kod destilirane vode uspjela su niknuti 3 graha od njih 4. Prvi raste do visine 2 cm, drugi 1 cm a treći 0.5 cm. Radi lakše usporedbe s rastom ostalih biljaka, a u svrhu ovog istraživanja, uzela sam srednju vrijednost rasta triju biljaka te ju uspoređivala s rastom ostalih biljaka. Kod ostalih otopina (1%, 0.5% 0.1%) nema promjena. Daljnje promjene su bilježene samo kod graha zalijevanog vodovodnom vodom i destiliranom vodom pri čemu u rastu prednjači grah zalijevan destiliranom vodom (vidjeti Tablicu 3.).

Kod biljaka zalijevanih s koncentriranim otopinama soli nema nikakvih većih promjena. Kod biljke zalijevane s 1% otopinom soli još uvijek je sve isto, nema nikakvih promjena tipa (čak nema ni propadanja), dok kod biljke zalijevane s 0.5% otopinom soli vrh, tj. supka se počela sušiti.

### **4.1 Određivanje pH**

Biljke su bile zalijevane određenim otopinama: vodovodnom vodom, destiliranom vodom, 0.1% otopinom soli, 0.5% otopinom soli, 1% otopinom soli. Zanimalo me je li sol iz otopina utjecala na promjenu pH tla. To sam ispitala na način da sam u svaku čašu stavila 20 g uzorka tla nakon zalijevanja s otopinama i 100 ml destilirane vode te pokrila i ostavila 24 sata. Na isti način ispitala i uzorak tla iz vrta. Nakon toga svaki uzorak sam profiltrirala i odredila mu pH pomoću lakkus papira. Pokus je pokazao kako sol iz otopina nije utjecala na promjenu pH vrijednosti tla.



Slika 3: Priprema pojedinih otopina tla za filtraciju



Slika 4: Filtriranje otopine tla



Slika 5: Određivanje pH tla filtriranog uzorka



Slika 6: Određivanje pH tla filtriranog uzorka

UZORAK	Uzorak tla iz vrta	Tlo zalijevano destiliranim vodom	Tlo zalijevano vodovodnom vodom	Tlo zalijevano 0.1% otopinom soli	Tlo zalijevano 0.5% otopinom soli	Tlo zalijevano 1% otopinom soli
pH	6	6,5	6	6	6	6

Tablica 1: Prikaz pH pojedinih uzoraka tla

Osim ispitivanja pH vrijednosti u filtratima otopina nakon zalijevanja tla s različitim koncentracijama soli, određivala sam i masu klorida po Mohru. Interesiralo me koliko je klorida u uzorcima tla nakon zalijevanja s otopinama soli NaCl.

#### 4.2.Određivanje mase klorida po Mohru

Kemikalije:  $c(\text{AgNO}_3) = 0.1 \text{ mol/l}$  – standardna otopina, faktor 1,

$W(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 5\%$  (kalijev kromat) – indikator

Volumen uzorka = 10 ml

**Postupak :** U Erlenmeyerovu tikvicu pipetirala sam po 10 ml uzorka (filtrata) i dodala 3 kapi indikatora ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ). Svaki uzorak titrirala sam standardnom otopinom  $\text{AgNO}_3$  do prve promjene žute boje u crveno smeđu.

Postupak ponovila 3 puta. Izračuna se srednja vrijednost utrošenog volumena  $\text{AgNO}_3$  i masa kloridnih iona u litri vode.



Slika 8: Promjena boje uzorka



Slika 7: Promjena boje uzorka

Uzorak filtrata tla	Volumen $\text{AgNO}_3$ u $\text{cm}^3$
Uzorak iz vrta	0,1
Vodovodna voda	0,2
Destilirana voda	0,1
0,1 % NaCl	2,0
0,5 % NaCl	6,0
1,0 % NaCl	9,5

Tablica 2: Utrošeni volumen  $\text{AgNO}_3$  za titraciju

$$M(\text{Cl}^-) = 35.45 \text{ g/mol}$$

$$C(\text{Ag NO}_3) = 0.1 \text{ mol /dm}^3$$

$$m(\text{Cl}^-)100 = c(\text{AgNO}_3) \times f(\text{Ag NO}_3) \times V(\text{Ag NO}_3) \times M(\text{Cl}^-)$$

Račun :

**Uzorak tla iz vrta**

$$m(\text{Cl}^-) = 35,4 \text{ mg / dm}^3$$

**Uzorak tla zaliđevan vodovodnom vodom**

$$m(\text{Cl}^-) = 70,9 \text{ mg / dm}^3$$

**Uzorak tla zaliđevan destiliranom vodom**

$$m(\text{Cl}^-) = 35,4 \text{ mg / dm}^3$$

**Uzorak tla zaliđevan 0,1% otopinom NaCl**

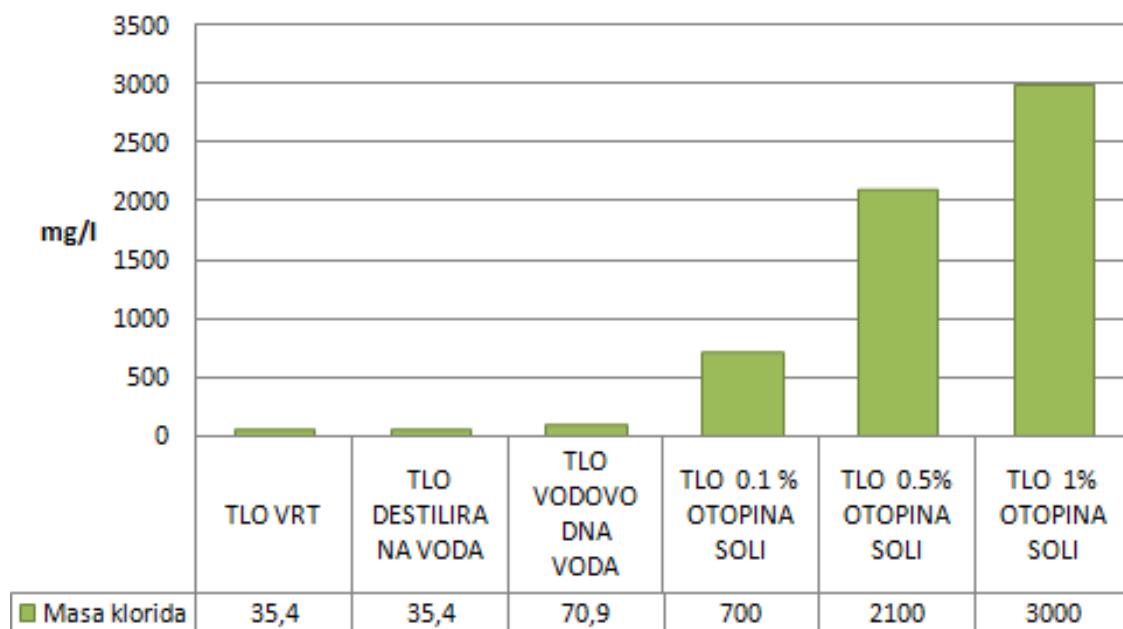
$$m(\text{Cl}^-) = 700 \text{ mg / dm}^3$$

**Uzorak tla zaliđevan 0,5 % otopinom NaCl**

$$m(\text{Cl}^-) = 2100 \text{ mg / dm}^3$$

**Uzorak tla zaliđevan 1,0 % otopinom NaCl**

$$m(\text{Cl}^-) = 3000 \text{ mg / dm}^3$$



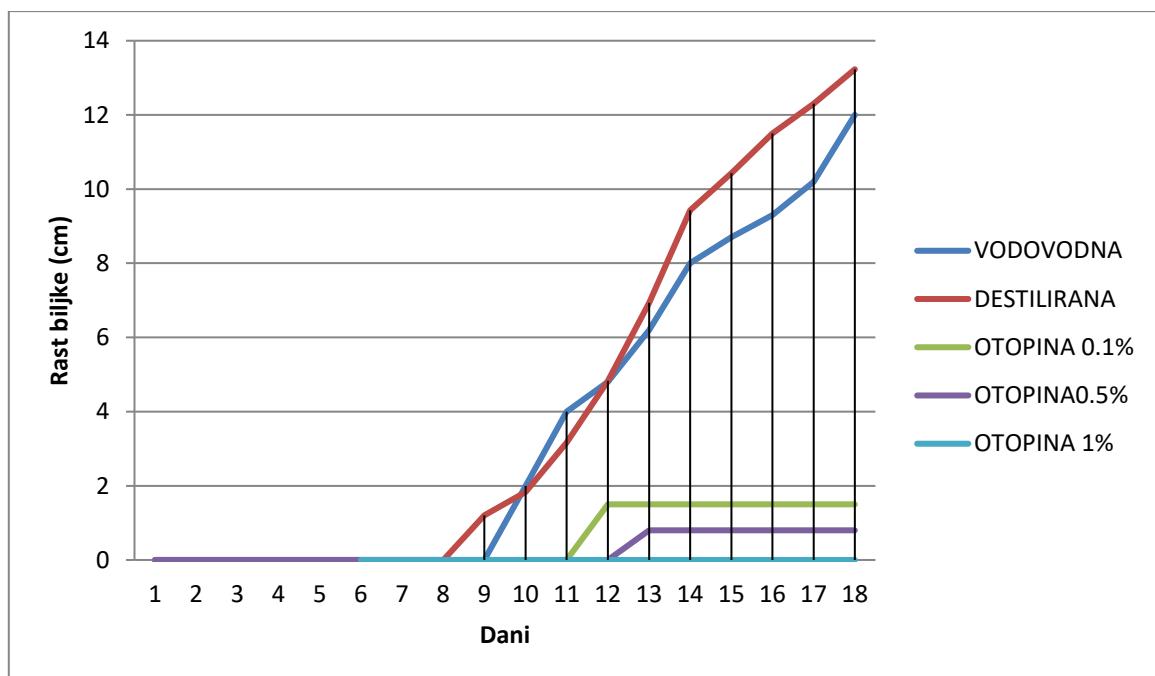
Slika 9: Prikaz povećanja mase klorida u tlima koji su tretirani otopinama soli

**Tablica 3: Prikaz promjena u rastu i razvoju biljaka graha u odnosu na otopinu s kojom se zalijevaju. Kod biljaka zalijevanih destiliranom vodom izrasle su 3 stabljike pa je u svrhu uspoređivanja s drugim biljkama uzeta srednja vrijednost rasta**

	VODOVODNA VODA	cm	DESTILIRANA VODA	Aritmetička sredina rasta 3 stabljike cm	0.1% OTOPINA SOLI	cm	0.5% OTOPINA SOLI	cm	1% OTOPI NA SOLI	cm
1.	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
2.	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
3.	BUBRI	0	BUBRI	0	BUBRI	0	BUBRI	0	BUBRI	0
4.	BUBRI	0	BUBRI	0	BUBRI	0	BUBRI	0	BUBRI	0
5.	KLICA	0	3 KLICE	0	KLICA	0	KLICA	0	KLICA	0
6.	KLICA	0	3 KLICE	0	KLICA	0	KLICA	0	KLICA	0
7.	KLICA	0	3 KLICE	0	KLICA	0	KLICA	0	KLICA	0
8.	KLICA	0	3 KLICE	0	KLICA	0	KLICA	0	-	0
9.	KLICA	0	STABLIKA	1.2	KLICA	0	KLICA	0	-	0
10.	STABLIKA	2	STABLIKA	1.83	KLICA	0	KLICA	0	-	0
11.	STABLIKA	4	STABLIKA	3.16	STABLIK A	0.8	KLICA	0	-	0
12.	STABLIKA	4,8	STABLIKA	4.83	STABLIK A	1.5	STABLIKA	0.7	-	0
13.	STABLIKA	6,2	STABLIKA	6.93	STABLIK A	1.5	STABLIKA	0.7	-	0
14.	STABLIKA	8	STABLIKA	9.43	STABLIK A	1.5	STABLIKA	0.7	-	0
15.	STABLIKA	8,7	STABLIKA	10.43	STABLIK A	1.5	STABLIKA	0.7	-	0
16.	STABLIKA	9,3	STABLIKA	11.5	STABLIK A	1.5	STABLIKA	0.7	-	0
17.	STABLIKA	10,2	STABLIKA	12.3	STABLIK A	1.5	STABLIKA	0.7	-	0
18.	STABLIKA S LISTOM	12	STABLIKA	13.23	STABLIK A	1.5	STABLIKA	0.7	-	0

## 5 Rezultat i rasprava

Rezultati u istraživanju potvrdili su postavljenu hipotezu da će povećana količina soli u vodi za zalijevanje u tlu negativno utjecati na klijanje i rast biljke graha. Iz Grafa 2. vidljivo je kako je biljka graha koja je bila zalijevana 1% otopinom soli propala i nije se razvila. Biljke graha koje su bile zalijevane 0.5% i 0.1% otopinom soli su se jako sporo razvijale te su stagnirale u rastu. Biljke koje su bile zalijevane destiliranom i vodovodnom vodom su značajno bolje rasle u odnosu na biljke koje su bile zalijevane otopinama soli. Također je vidljivo kako je biljka graha koja je bila zalijevana destiliranom vodom uspješnije rasla od biljke graha koja je bila zalijevana vodovodnom vodom. Prepostavljam da je to zato što vodovodna voda sadrži soli, što sam dokazala Mohrovom metodom određivanja klorida u vodi. Masa klorida u uzorku tla zalijevanog vodovodnom vodom iznosi dvostruko više nego u tlu zalijevanim s destiliranom vodom. Isto tako povećana je i masa klorida u otopinama filtrata tla zalijevanih s različitim otopinama soli. Vrijednost pH tla nije se promijenila u odnosu na uzorak tla iz vrta (pH 6), što je i za prepostaviti s obzirom na to da je NaCl sol jake kiseline i lužine pa je neutralna i nije utjecala na promjenu pH vrijednosti. To vjerojatno ne bi vrijedilo i za tla koja su tretirana s umjetnim gnojivima, već bi došlo do promjene pH.



Slika 10: Grafički prikaz usporedbe rasta stabljika biljke graha na kojem se vidi kako u rastu prednjače one biljke koje nisu bile zalijevane otopinama soli.

## **6 Zaključak**

Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti kako povećana količina soli u tlu nepovoljno djeluje na rast i razvoj biljke graha. Što je koncentracija soli u otopini veća to je i negativan utjecaj na rast i razvoj biljke veći.

Povećana koncentracija soli NaCl nije utjecala na promjenu pH vrijednosti tla, jer je NaCl sol jake baze i jake kiseline te je kao takva neutralna.

Bilo bi zanimljivo istražiti koje biljke bi eventualno mogle rasti i razvijati se pri povećanoj koncentraciji soli.

Ponukana primjerom istraživanja utjecaja soli na uzgoj lubenica u dolini Neretve, svakako bi bilo zanimljivo promatrati u slijedećem istraživanju neku drugu vrstu biljke, primjerice, rajčicu jer je postotak vode u njezinom plodu 94%. Što je veći postotak vode u plodu to su promjene uočljivije jer sol uzrokuje dehidraciju.

Navedene promjene iziskuju duže vrijeme promatranja rasta i razvoja biljke jer se čeka plod pa bi za ovo istraživanje bilo potrebno duže vrijeme promatranja i praćenja promjena.

## **7 Zahvale**

Zahvaljujem se svojoj profesorici i mentorici mr.sc. Zdenki Ribić Dugandžić što mi je nesobično dijelila znanje i širokogrudno odvajala svoje slobodno vrijeme za mentoriranje u svrhu izrade ovog rada. Također se zahvaljujem svojim roditeljima na bodrenju i nepresušnom izvoru strpljenja koje su mi pružili tijekom izrade ovog rada.

## **Literatura**

- [1] Bertć L. (2017): Reakcija biljaka na pH vrijednost tla, Završni rad, Osijek
- [2] Čoga, Herak-Ćustić, Ćosić, Vršek, Pavlović (2004): Propadanje drvoreda u gradu Zagrebu kao posljedica posipanja ulica i trgova solju, Izlaganje sa znanstvenog skupa, Agronomski glasnik 3-5/2004.
- [3] Čoga L., Herak-Ćustić M., Ćosić T., Vršek I., Pavlović I., Jurkić V., Poljak M., Potočić L., Petek M. (2005): Uloga pripreme supstrata u rasadničarskoj proizvodnji, Izlaganje sa znanstvenog skupa, Agronomski glasnik 2-4/2005, Zagreb
- [4] Marić A.M. (2016): Utjecaj industrijske soli na ionski sastav tla u neposrednoj blizini sljemenske ceste, Diplomski rad, Zagreb.
- [5] Pevalek-Kozlina B. (2003): Fiziologija bilja. Profil International, Zagreb, str. 399, 516-519
- [6] Rimac, A. (2009): Fiziološke adaptacije mangrove vegetacije, Seminarski rad, Zagreb
- [7] Romić D., Romić M., Borošić J., Perica S., Goreta S. (2003): Navodnjavanje zaslanjenom vodom u uzgoju lubenice, Neobjavljeni rad, Opatija
- [8] Škvorc Ž., Sever K., Franjić J. (2013.): Fiziologija šumskoga drveća, Interna skripta Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb
- [9] Znaor D. (1996): Ekološka poljoprivreda, Zagreb

## 6. Zvučna izolacija

Autor: Roko Šestak

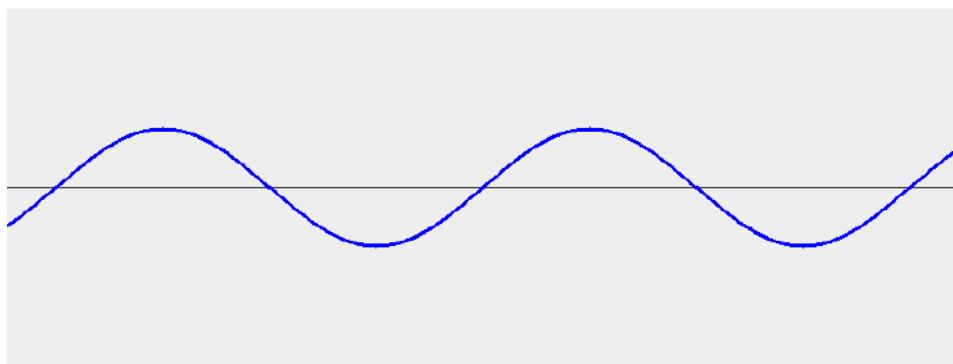
Mentor: Damir Kliček

1. razred, Elektrostrojarska škola Varaždin, Varaždin, Hrvatska

### 1 Uvod

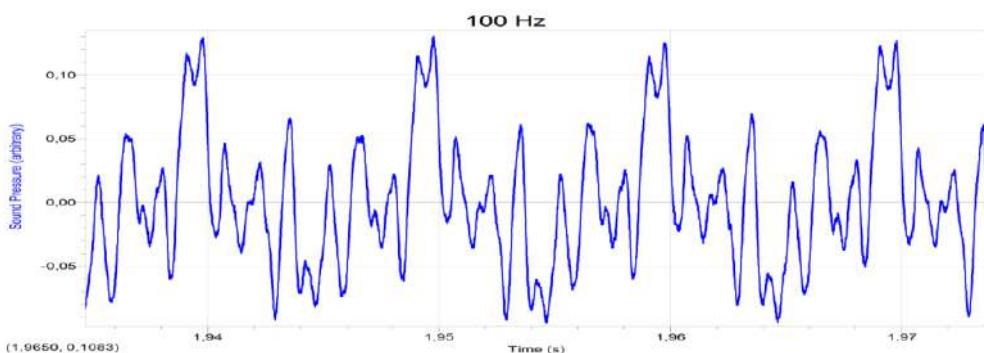
Odabrao sam problem „Zvučna izolacija“, a on glasi: „Ponekad je nužno smanjiti neželjenu buku u zatvorenu prostoru. Ispitajte različite načine za zvučno izoliranje svoje sobe.“

Zvuk iz nekog izvora u prostoriji reflektira se od raznih površina. Pri tome dolazi do rezonancije što stvara buku odnosno ne dobijemo čisti zvuk iz izvora. U prostoriji pomoću generatora zvuka pustio sam preko zvučnika točno određene frekvencije. Kad ne bi bilo reflektiranja zvuka dobio bih sinusoidalni val (Slika 1).

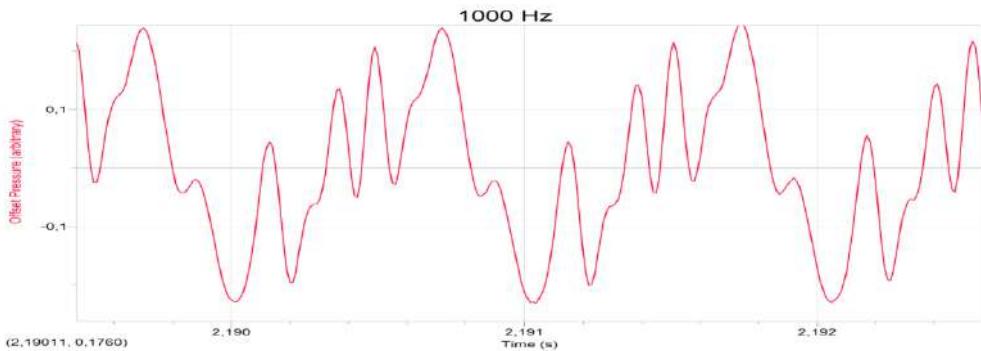


Slika 1 - sinusoidalni val (<https://stackoverflow.com/questions/37960871/animating-sine-wave-drawing/38165266>)

Međutim dobio sam ovakve valove:

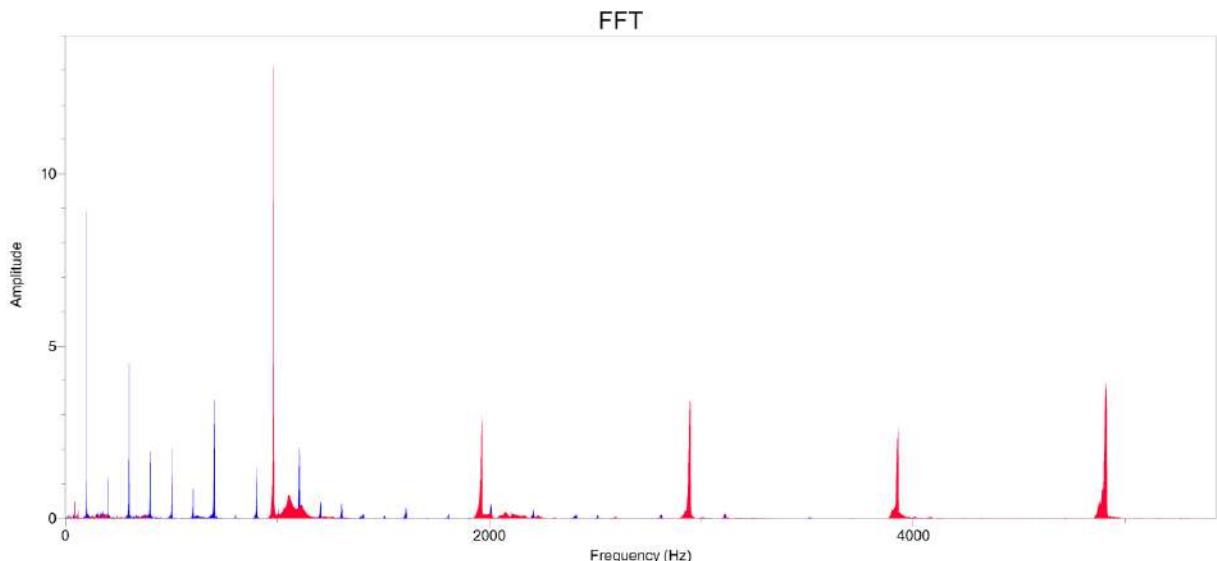


Slika 2 - prikaz vala 100Hz u prostoriji



**Slika 3 - prikaz vala 1000 Hz u prostoriji**

Val nije sinusoidalan zato jer dolazi do zatitravanja predmeta i zidova unutar prostorije te dolazi do rezonancije. Nastaju stojni valovi. Osim osnovne frekvencije nastaju i više frekvencije (Slika 4)



**Slika 4 - osnovne i više frekvencije**

Slika 4 prikazuje zastupljenost frekvencija. Osnovna frekvencija je 100 i 1000 Hz. Vidimo da nastaju viši harmonici različitih intenziteta.

U ovome radu ću pokušati otkriti najbolji način da spriječim odbijanje zvuka u sobi. Cilj je postići da val bude što više sinusoidalan i da zastupljenost viših harmonika bude što manja. To ću napraviti tako da puštam zvuk u plastičnoj kutiji te mjerim koliko će se odbijati od zidova kutije. Kasnije ću unutarnje i vanjske zidove kutije oblagati raznim materijalima.

## 2 Teorijska razrada problema

### 2.1 Valovi

Val je periodički poremećaj koji se širi kroz neko elastično sredstvo. Valovi se kreću izmjenom brjegova i dolova. Brijeg je kada se čestica nalazi više od početnog stanja, a dol je kada se čestica nalazi niže od početnog stanja. Brjegovi i dolovi su jednake visine odnosno dubine. Učestalost izmjene brijege i dola (valova) nazivamo frekvencija [ $f$ ], a mjerna jedinica za frekvenciju je Herc [Hz], a to označava jedan titraj u sekundi (jednu izmjenu valova u sekundi). Formula za frekvenciju je

$$f = \frac{1}{T}$$

Jednadžba 1

gdje  $f$  označava frekvenciju, a  $T$  period titranja. Daljina između dva susjedna brijege odnosno dola zove se valna duljina, njena oznaka je [ $\lambda$ ].

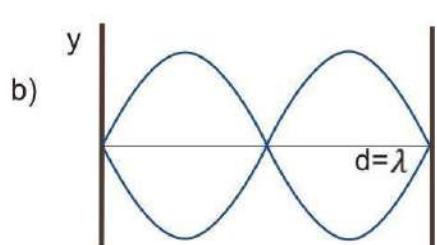
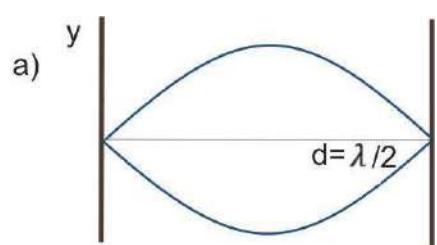
Brzina vala računa se po formuli

$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

Jednadžba 2

Valove dijelimo na transverzalne i longitudinalne. Transverzalni valovi su valovi kod kojih se čestice titraju okomito na smjer kretanja vala (Slika 1.), a longitudinalni valovi su valovi kod kojih se čestice titraju uzduž smjera kretanja vala. Ako je titranje u izvoru vala pravilno (kao kod tijela koje titra na opruzi) val ima oblik sinusoide.

### 2.2 Stojni val



$v$  – brzina vala

Stojni val nastaje zbrajanjem dvaju valova jednake amplitude i jednake frekvencije koji na istom pravcu putuju jedan nasuprot drugome. U čvorovima nema titranja. Točke koje imaju najveću amplitudu zovu se trbusi vala. Stojni val s dva učvršćena kraja prikazan je na slici 5. Formula za stojni val s oba učvršćena kraja:

$$f_n = n \frac{v}{2d}$$

Jednadžba 3

$n$  – redni broj harmonika ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )

$f_n$  – frekvencija  $n$  – tog harmonika

d – duljina sredstva

**Slika 5 – stojni valovi**

([https://si.openprof.com/wb/stoje%C4%8De\\_transverzalno\\_valovanje?ch=334](https://si.openprof.com/wb/stoje%C4%8De_transverzalno_valovanje?ch=334))

$f_1$  je osnovna frekvencija i ona je jednaka

$$f_1 = \frac{v}{2d}$$

**Jednadžba 4**

Slika 5. a) prikazuje osnovnu frekvenciju (val s jednim trbuhom), a slika 5. b) prikazuje drugi harmonik (dva trbuha).

### 2.3 Rezonancija

Ako val određene frekvencije padne na neko sredstvo koje može titrati istom tom frekvencijom doći će do rezonancije i to sredstvo zatitrat će velikom amplitudom.

### 2.4 Zvuk

Zvuk spada u longitudinalne valove i širi se zrakom (zgušnjavanjem i razrjeđivanjem čestica zraka). Prilikom titranja mijenja se tlak zraka. Prilikom zgušnjenja tlak je veći, a razrjeđenja tlak je manji. Mikrofon koji sam koristio mjeri tu razliku u tlakovima.

Jakost zvuka se računa po formuli:

$$I = \frac{P}{A}$$

**Jednadžba 5**

gdje I označava jakost zvuka, P označava snagu, a A označava površinu pa je mjerna jedinica za snagu zvuka vat po metru kvadratnom [ $\text{W/m}^2$ ]. Za jakost zvuka se najčešće koristi mjerna jedinica decibel [dB] .

### 2.5 Jeka

Zvuk se kao i svi ostali valovi, kada dođe do neke prepreke od nje djelomično odbija. Zbog brzine zvuka odbijeni valovi dođu sa kraćim zakašnjenjem u odnosu na emitirane valove pa tako nastaje jeka.

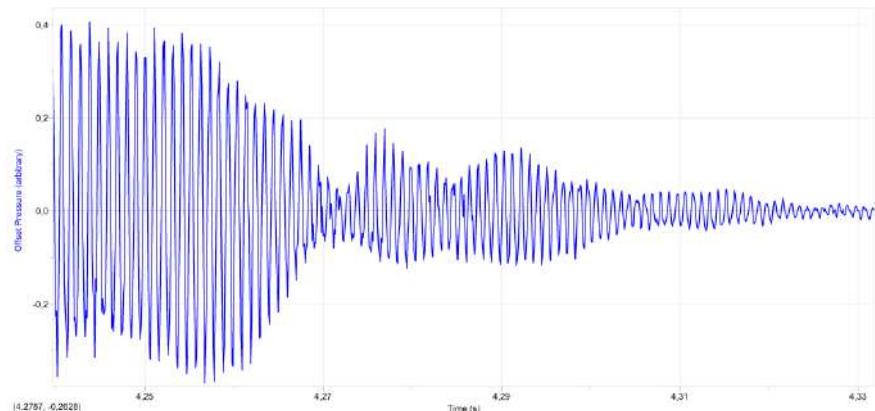
### 2.6 Apsorpcija zvuka

Čestice zraka koje titraju i zatitravaju i čestice zidova i ostalih predmeta u prostoriji. Tako se dio energije zvuka gubi. Što će se zvuk više puta reflektirati to će apsorpcija biti veća.

## 2.7 Transmisija zvuka

Zvuk može prolaziti kroz zidove ili neke druge materijale. Ta pojava zove se transmisija. Zbog transmisije također odlazi do gubitka zvučne energije.

Na slici 6. prikazano je smanjenje amplitude titranja zvuka nakon isključenja izvora zvuka.



Slika 6 - prigušenje zvuka nakon isključenja

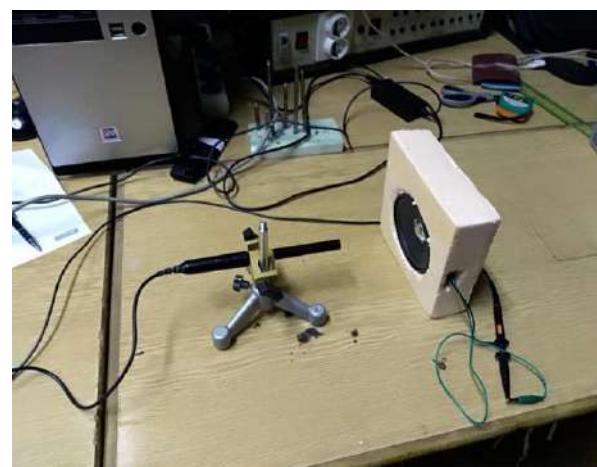
## 3 Aparatura, eksperimentalne metode i mjerena

### 3.1 Aparatura

U ovom radu sam pri mjerenu koristio: zvučnik (Slika 8), mikrofon (Slika 8), generator zvuka (Slika 7), računalo, program „Logger Pro“, plastičnu kutiju, stiropor, zastore, kutije od jaja, kartonsku kutiju, ljepljivu traku, skalper.



Slika 7. Generator zvuka



Slika 8. Mikrofon i zvučnik

#### 4 Eksperimentalni postav

Za mjerjenje sam koristio plastičnu kutiju koja mi je predstavljala sobu. Unutra sam stavio zvučnik i mikrofon.



Slika 9 - plastična kutija

Plastičnu kutiju prekrivao sam sa kartonskom kutijom koju sam iznutra oblijepio stiroporom. Na taj način sam smanjio vanjske zvukove. (Slika 10 i 11)



Slika 10. Kartonska kutija



Slika 11. Kartonska kutija sa stiroporom



Slika 12. Kutija obložena zastorima



Slika 12. kutija obložena kutijama od jaja

Plastičnu kutiju obložio sam sa zastorima odnosno s kutijama od jaja s unutrašnje strane. (Slika 12 i 13)

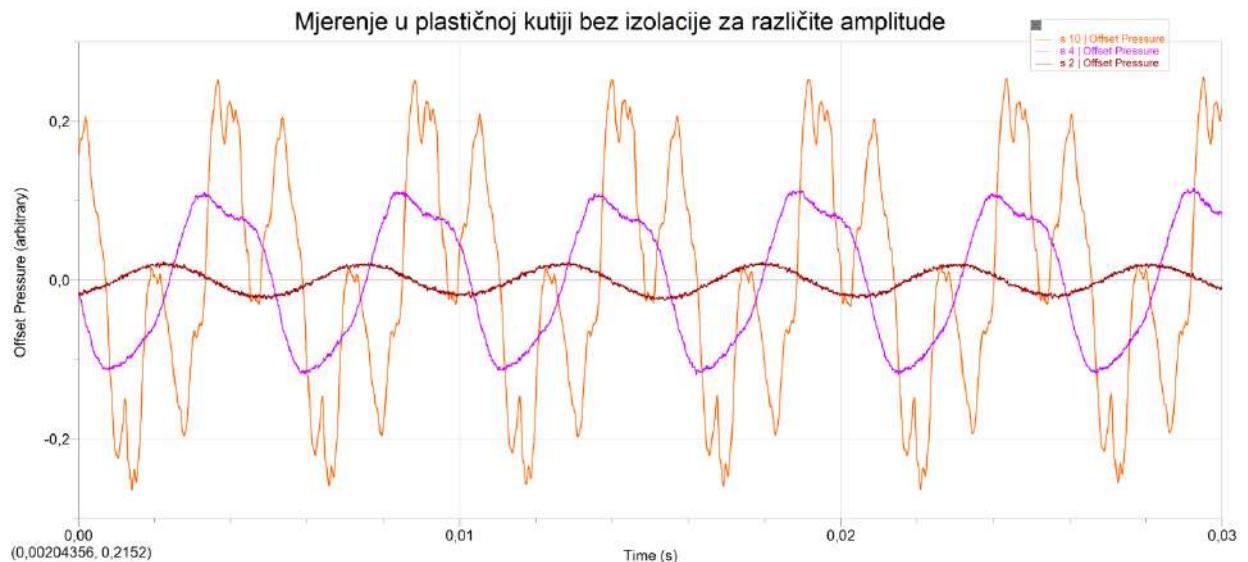
## 4.1 Mjerenja

Za mjerjenje sam koristio zvuk frekvencije od 200 Hz te sam mjerio zvuk kada je zvučnik okrenut prema mikrofonu te kada je zvučnik okrenut u suprotnom smjeru od mikrofona. U oba slučajeva je duljina između zvučnika i mikrofona bila 10 cm. Također sam primijerenju mijenjao amplitudu zvuka, tako da sam mijenjao napon na izlazu generatora zvuka i to 2 V, 4 V i 10 V.

Mjerio sam samo s plastičnom kutijom, zatim sam u plastičnu kutiju stavio zastore i prekrio je s kartonskom kutijom koja je obložena sa stiroporom. U sljedećem mjerenu umjesto zastora stavio sam kutiju od jaja.

## 5 Rezultati i rasprava

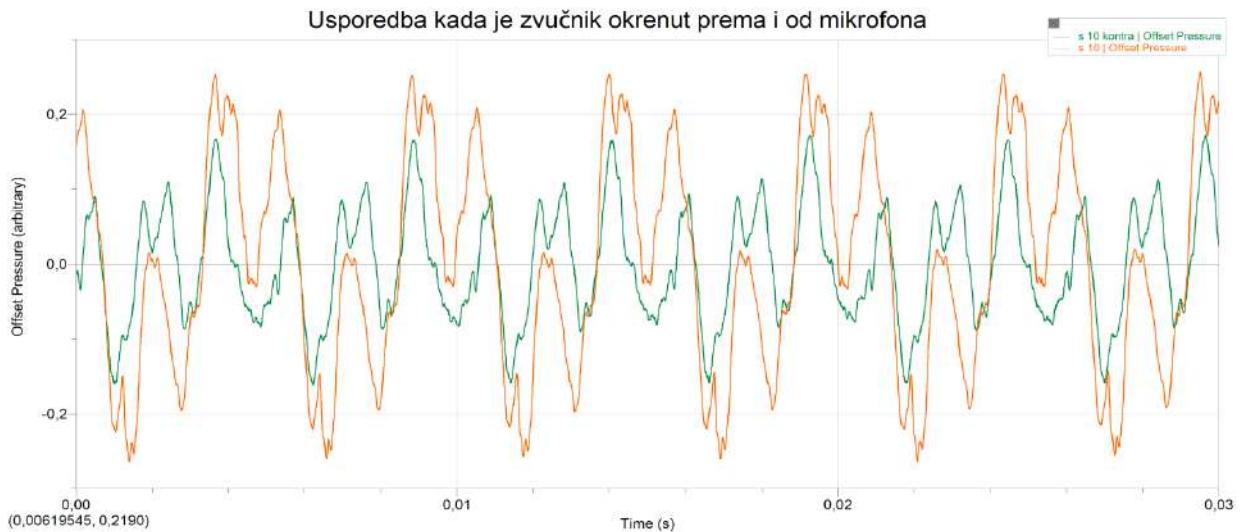
### 5.1 Mjerenja u plastičnoj kutiji bez izolacije



Slika 14 - Mjerenje u plastičnoj kutiji bez izolacije za različite amplitude

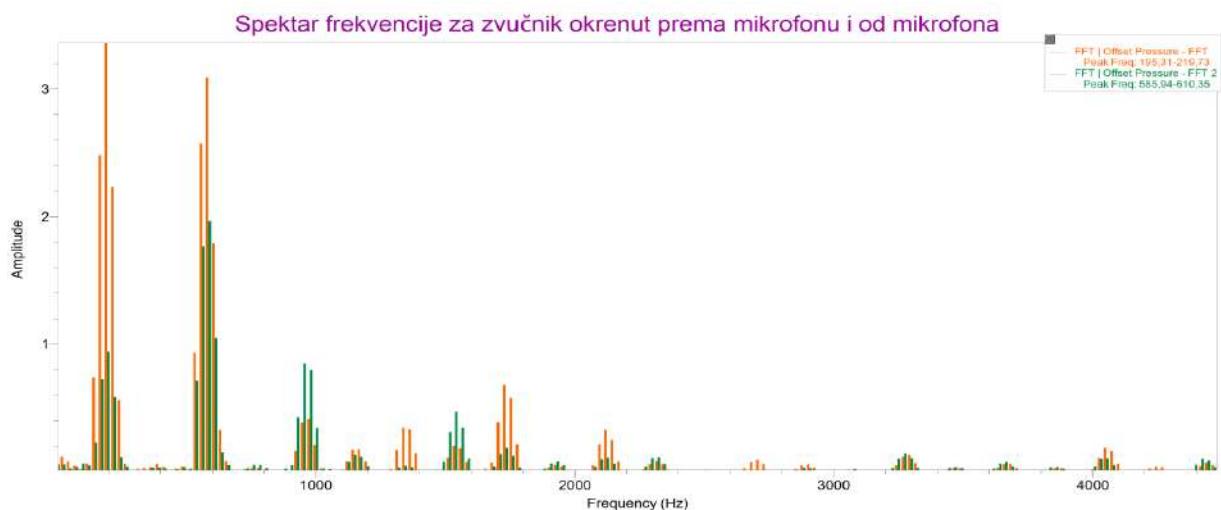
Slika 14 pokazuje nam mjerjenje u plastičnoj kutiji bez izolacije za različite amplitude kada je mikrofon okrenut prema zvučniku.

Vidimo da što je ton tiši (manja amplituda) to je val ima više sinusoidalni oblik. Tako da ću nadalje proučavati zvukove samo za najveću amplitudu.



**Slika 15 - usporedba kada je zvučnik okrenut prema i od mikrofona**

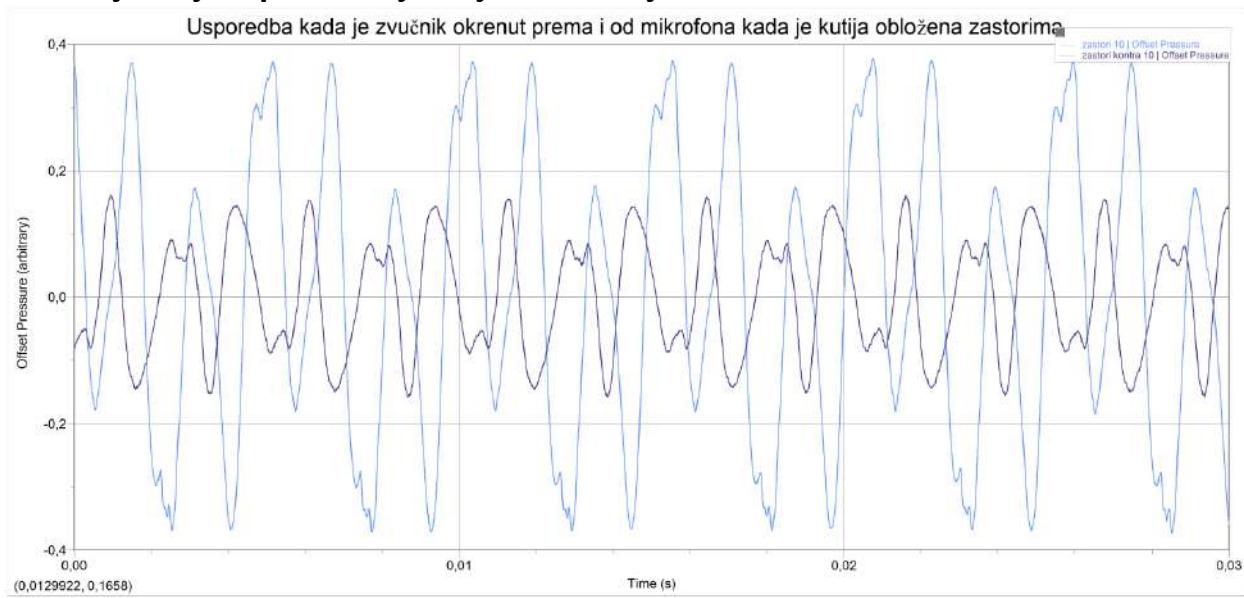
Slika 15. prikazuje usporedbu zvuka kad je zvučnik okrenut od mikrofona. Vidimo da je intenzitet zvuka manji kada je okrenut od zvučnika. (Zeleno predstavlja zvuk kada je zvučnik okrenut od mikrofona, a narančasto kad je okrenut prema.)



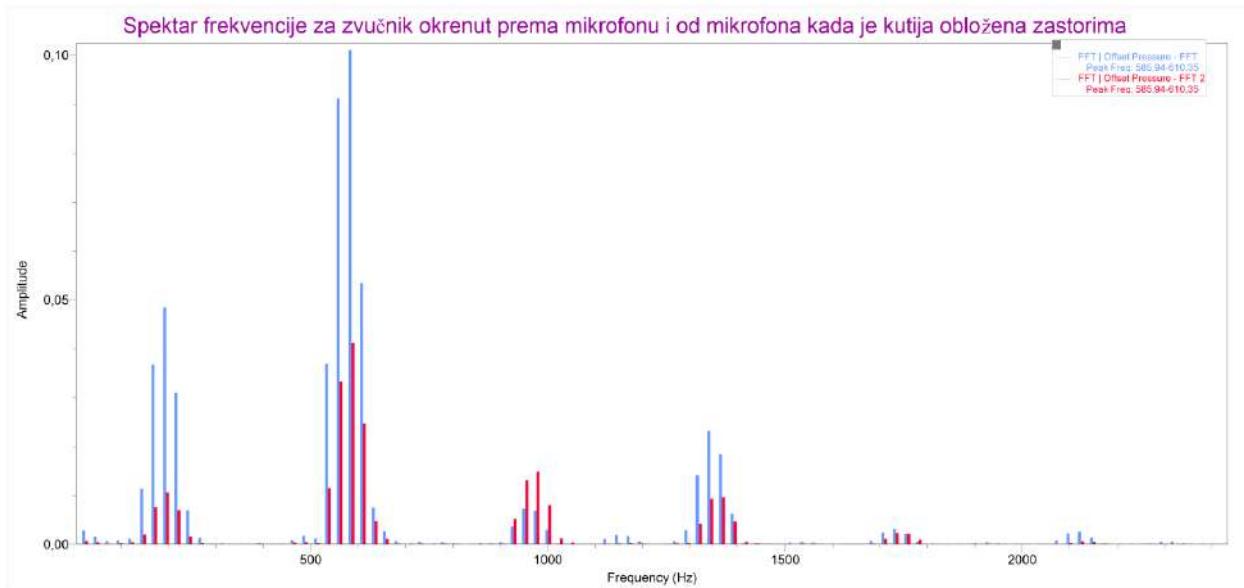
**Slika 16 - spektar frekvencija za zvučnik okrenut prema i od mikrofona**

Slika 16 predstavlja spektar frekvencija za zvučnik okrenut prema (zeleno) i od (narančasto) mikrofona. Vidimo da se pojavljuju viši harmonici. Intenzitet viših harmonika ovisi o obliku kutije i materijala od kojeg je kutija napravljena. Tako su drugi i četvrti harmonik (na 200 i 600 Hz) mali, dok je treći jako velik. Intenziteti kada je zvučnik okrenut od mikrofona su manji nego prema za prvi i treći harmonik što je za očekivati, ali za peti i osmi je veći. U kutiji nastaju stojni valovi. Zvučni valovi odbijaju se od stjenki kutije, međusobno se zbrajaju.

## 5.2 Mjerenja u plastičnoj kutiji obloženoj zastorima



Slika 17 - usporedba kada je zvučnik okrenut u smjeru mikrofona te kada je okrenut u suprotnom smjeru od mikrofona u kutiji obloženoj zastorima

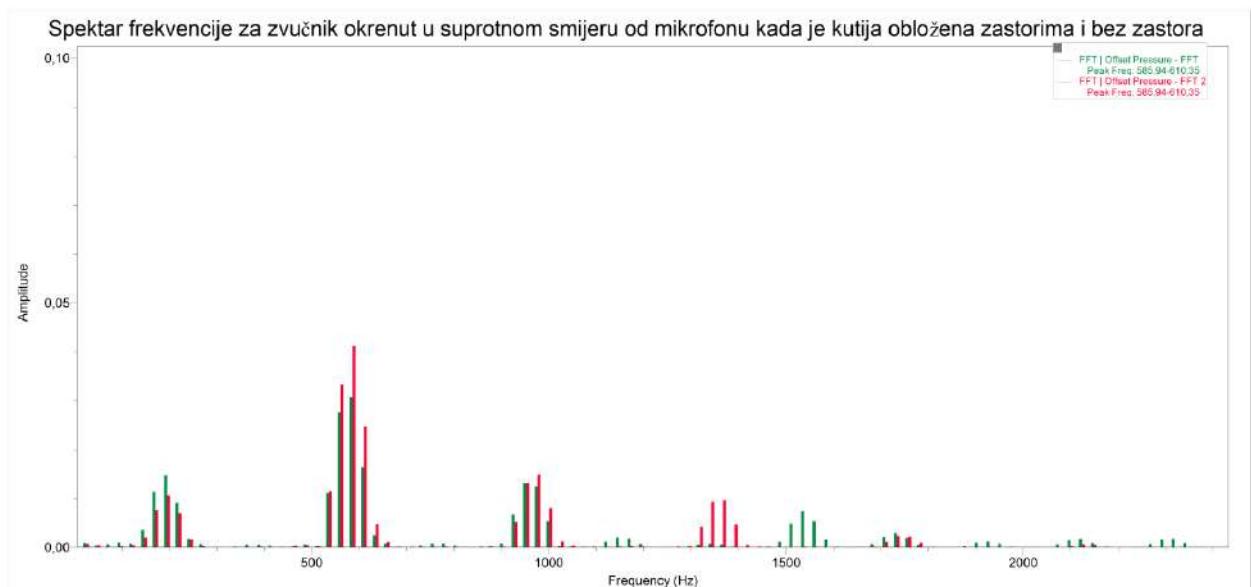


Slika 18- spektar frekvencija za zvučnik okrenut prema i od mikrofona u kutiji obloženoj zastorima

Na slikama 17 i 18 vidimo da je intezitet zvuka kada je mikrofon okrenut od zvučnika znatno manji nego kada je okrenut od zvučnika.



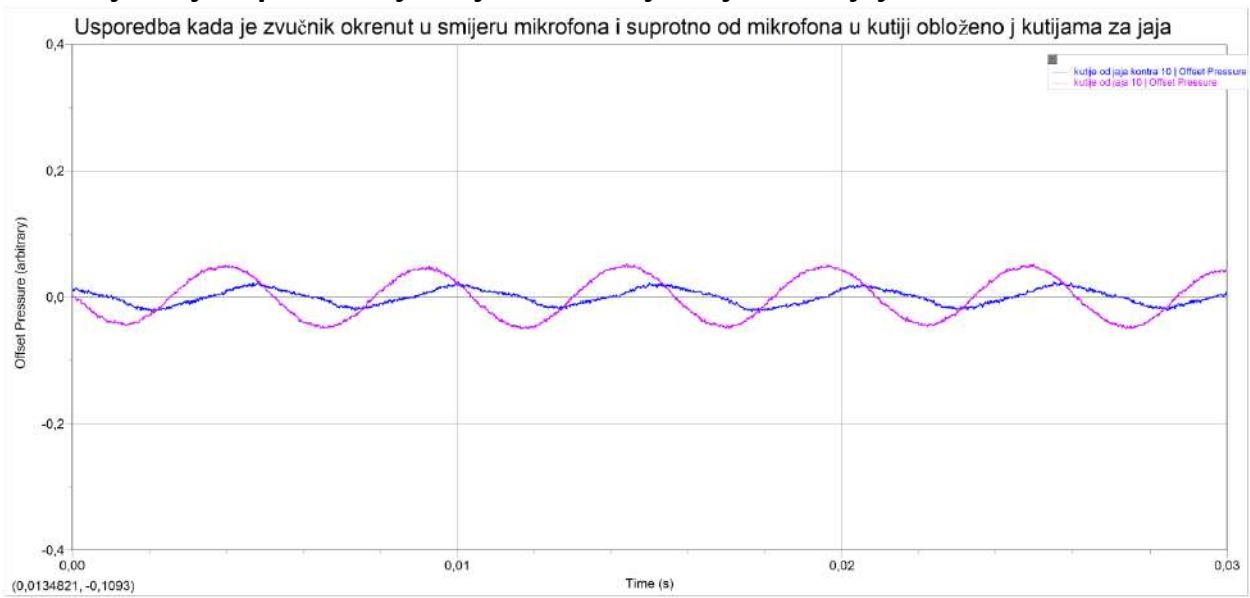
**Slika 19 - usporedba kutije sa zastorima i bez zastora kada je zvučnik okrenut u suprotnom smjeru od mikrofona**



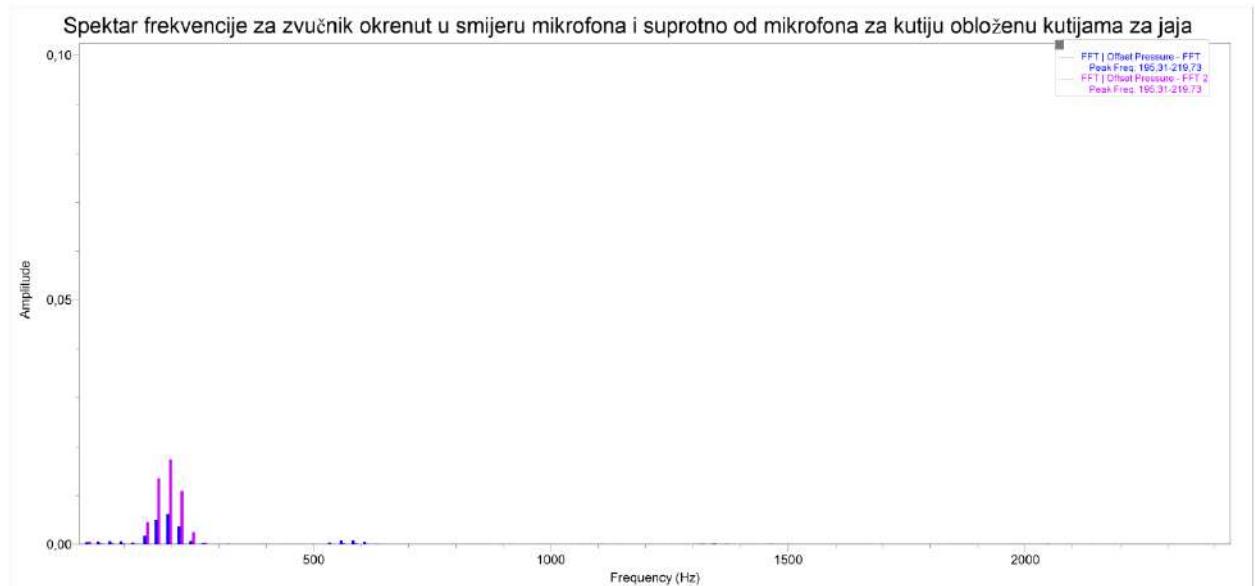
**Slika 20 - spektar frekvencija za kutiju sa zastorima i bez zastora kada je zvučnik okrenut u suprotnom smjeru od mikrofona**

Na slikama 19 i 20 crveno je prikazano mjerjenje s zastorom, a zeleno bez zastora. Vidimo da je oblik krivulje na slici 19 bliži sinusoidi s zastorom nego bez zastora. Zastor nešto više prigušuje valove nego kutija bez zastora.

### 5.3 Mjerenja u plastičnoj kutiji obloženoj kutijama za jaja

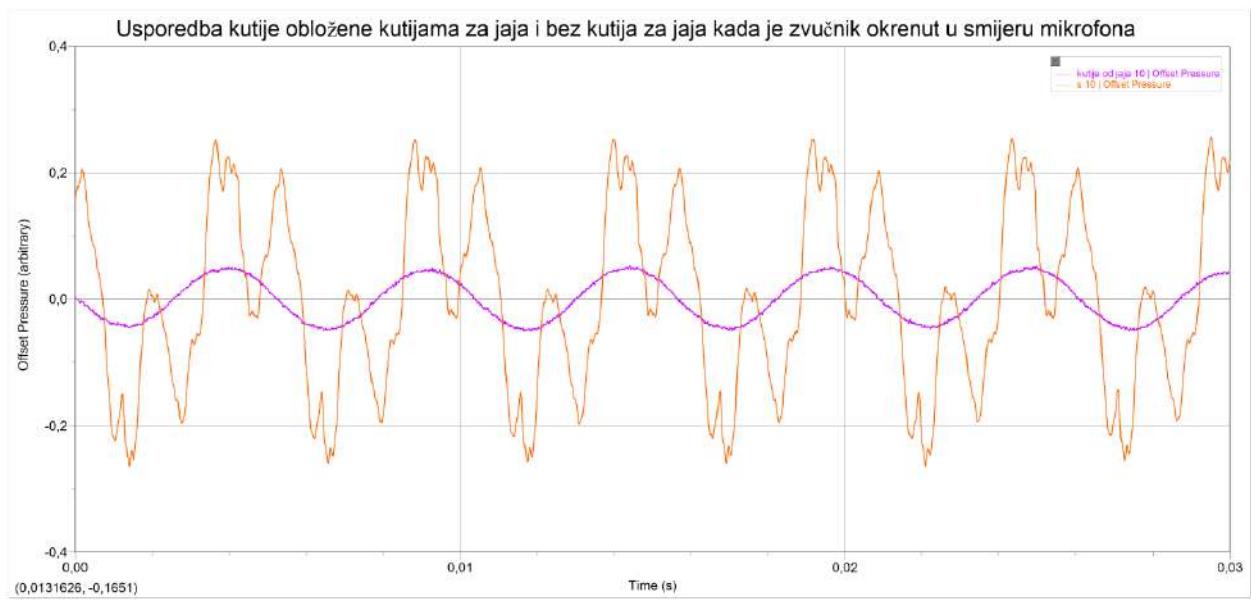


**Slika 21- usporedba kada je zvučnik okrenut u smjeru mikrofona te kada je okrenut u suprotnom smjeru od mikrofona u kutiji obloženoj kutijama za jaja**

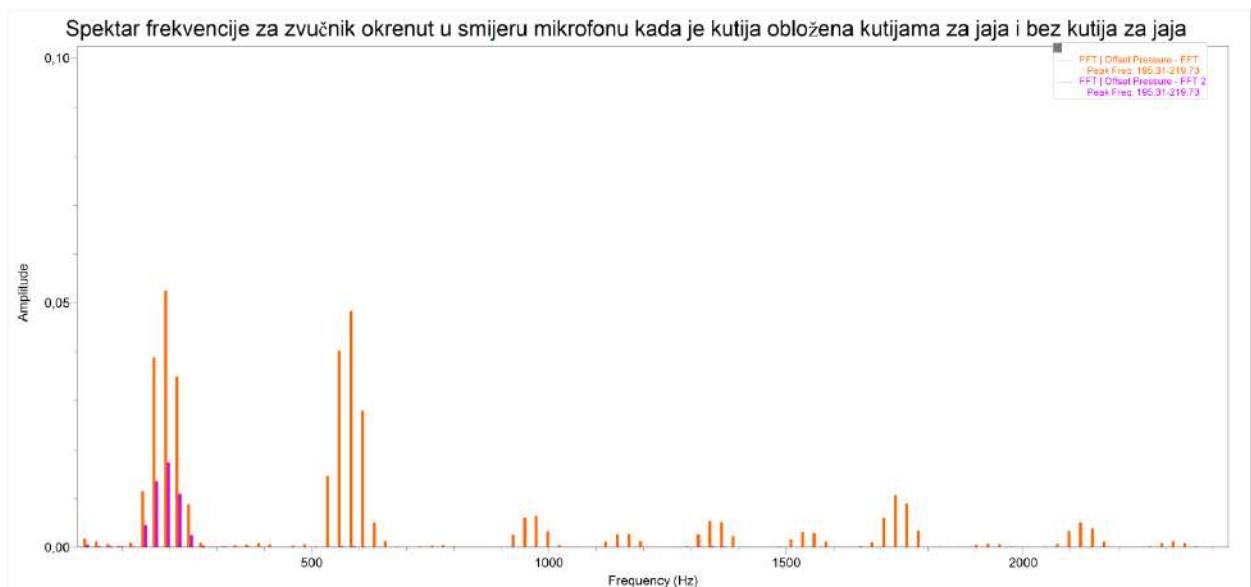


**Slika 22- spektar frekvencija za zvučnik okrenut prema i od mikrofona u kutiji obloženoj kutijama za jaja**

Na slici 21 i 22 prikazan je intenzitet zvuka kada je zvučnik okrenut prema mikrofonu (ljubičasto) i kada je okrenut od mikrofona (plavo). Vidimo da je doprinos reflektiranih valova znatno manji. Na slici 21 vidimo da valovi imaju sinusoidalni oblik. Na slici 22 vidimo da gotovo i nema viših harmonika.



**Slika 23 - usporedba kutije sa kutijama za jaja i bez kutija za jaja kada je zvučnik okrenut prema mikrofonu**



**Slika 24 - spektar frekvencija za kutiju sa kutijama za jaja i bez kutija za jaja kada je zvučnik okrenut prema mikrofonu**

Na slikama 23 i 24 je usporedba zvuka kada je plastična kutija obložena s kutijama od jaja (ljubičasto) i bez (narančasto).

Ukupni intenzitet je sada manji jer u mikrofon više ne dolaze valovi koji se reflektiraju od zidova plastične kutije.

## **6 Zaključak**

Cilj mjerena je kako smanjiti buku u prostoriji koja nastaje zbog refleksije valova od zidova i predmeta u sobi. Dobar rezultat pokazao se kada sam zidove posude u kojoj sam mjerio prekrio s kutijama za jaja. Te kutije su dobre zbog svog oblika. Osim toga na vrhovima sam probušio rupe. Valovi zvuka koji su padali na izbočine kutija višestruko su se odbijali, a neki su prošli kroz rupe i tu su se odbijali. Na kraju bi se dosta apsorbirali. Zbog toga što nema refleksije ne nastaju stojni valovi. U mikrofon dolazi originalni zvuk koji šalje izvor, odnosno utjecaj reflektiranog zvuka je mali.

Rezultati s zastorima nisu pokazali tako dobre rezultate iako se vidi utjecaj zastora.

U sljedećim mjerjenjima bih:

1. napravio mjerena sa zastorima od debljeg materijala i da zastori budu što više naborani.
2. na ravne dijelove kutija od jaja dodao bih šiljke od kartona tako da bi se zvučni valovi još bolje reflektirali.
3. usporediti mjerena za više različitih frekvencija izvora tako da mjerim svaki puta s drugom frekvencijom, a zatim da sve te frekvencije pustim istodobno
4. mjeriti vrijeme prigušenja prilikom isključenja izvora zvuka za mjerena koja sam uradio

## **7 Zahvale**

Želio bih se zahvaliti Karlu Horčički i Heleni Strniščak za pomaganje oko postavljanja pokusa te savjetima oko korištenja aparature. Također se želim zahvaliti svom mentoru profesoru Damiru Kličeku na raznoraznim savjetima i potpori te profesoru Tomislavi Horvatu na idejama i savjetima. Na kraju bih se želio zahvaliti svojim roditeljima na učestaloj potpori i poticanju na rad.

## **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. Petar Kulšić: Fizika 3, 1993., Školska knjiga - Zagreb
4. Wikipedija, poveznica: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Zvuk>, datum pristupanja: 8. prosinca 2018.

## **Problem 16. IZUMI SAM: KRATKOTRAJNO PAMĆENJE**

**Autor:** Dora Špoler

**Mentor:** Magdalena Srdarević, prof.

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

### **1 Uvod**

Odabran je problem kratkotrajno pamćenje koji glasi:

*Koliki je kapacitet i trajanje kratkotrajanog pamćenja kod ljudi? Predložite eksperimentalno istraživanje kojim bi ste ocijenili kratkotrajno pamćenje i faktore koji bi mogli imati značajan utjecaj.*

Cilj ovog rada je pokazati koliko mnogo informacija možemo pohraniti u kratkotrajno pamćenje te kojom ih brzinom zaboravljamo nakon pohrane. Istraživanje sam provela među učenicima Gimnazije Požega u dobroj skupini od 15 do 18 godina upotrebljavajući dvije vrste podražaja, vizualni i auditivni. Stoga ću na kraju usporediti i ta dva podražaja.

#### **1. ISPITIVANJE VIZUALNIM PODRAŽAJEM**

Odabrat ću 10 simbola koje ću nasumično rasporediti na jedan slajd u PowerPoint prezentaciji. Učenicima ću istodobno prikazati simbole, a oni će imati nekoliko sekundi (do 3 sekunde) da ih zapamte. Odmah ću im podijeliti anketne lističe u kojima moraju napisati razredni odjel kojem pripadaju, spol, imaju li danas pisanu ili usmenu provjeru i zapamćene simbole. Cilj je izračunati aritmetičku sredinu rezultata svakog razrednog odjela u odnosu na zadane parametre. Taj isti anketni listić podijelit ću im i nakon 30 i 90 minuta bez ponovnog prikazivanja simbola.

#### **2. ISPITIVANJE AUDITIVNIM PODRAŽAJEM**

Odabrat ću 10 pojmove i snimiti kako ih izgovaram. Izgovarat ću ih umjerenom brzinom i jednakim tonom bez naglašavanja pojedinih riječi. Taj snimak pustit ću učenicima preko bluetooth zvučnika i podijeliti im anketne lističe u kojima će napisati iste podatke kao u vizualnom dijelu istraživanja. Anketne lističe ponovno ću im podijeliti u istim vremenskim razmacima kao i u prvom dijelu istraživanja bez ponovnog reproduciranja snimke. Cilj je izračunati dobivene srednje vrijednosti s obzirom na zadane parametre te na kraju usporediti dobivene rezultate s rezultatima vizualnog istraživanja.

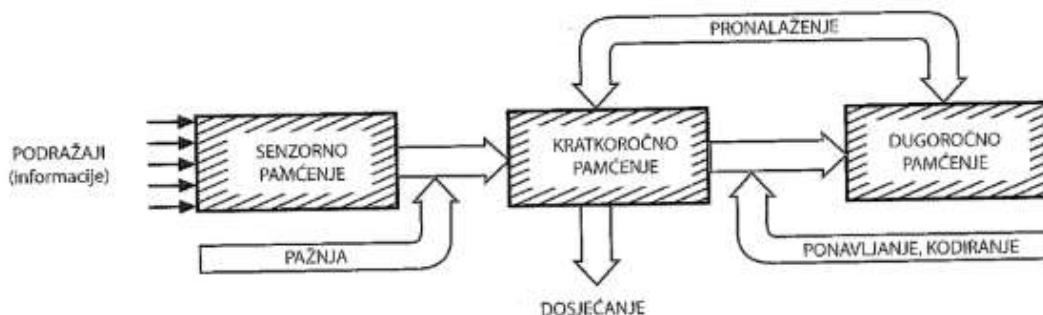
## 2 Teorijska razrada problema

### 2.1 Kratkotrajno pamćenje

„Pamćenje određujemo kao mogućnost usvajanja, zadržavanja i korištenja informacija.“[1.]

Imamo tri stupnja pamćenja: senzorno (trajanje za vid – 0,5 sekundi, trajanje za sluh – 2 sekunde), kratkotrajno i dugoročno. Primanjem osjetilnih podražaja neprestano nam dolaze informacije u senzorno pamćenje, a njihovim kodiranjem (pretvaranje u oblik informacije razuman našem mozgu) informacija ulazi u kratkotrajno pamćenje, njihovim zadržavanjem i ponavljanjem premještamo ih u dugoročno pamćenje. [1.]

Kapacitet kratkotrajnog pamćenja iznosi između 5 i 9 čestica što znači da se odjednom može zapamtiti toliko nepovezanih brojeva, simbola, riječi, itd.[1.] No, novija istraživanja pokazuju da se broj zapamćenih čestica više približio broju 4. [2.]



Slika 1. Shema procesa pamćenja

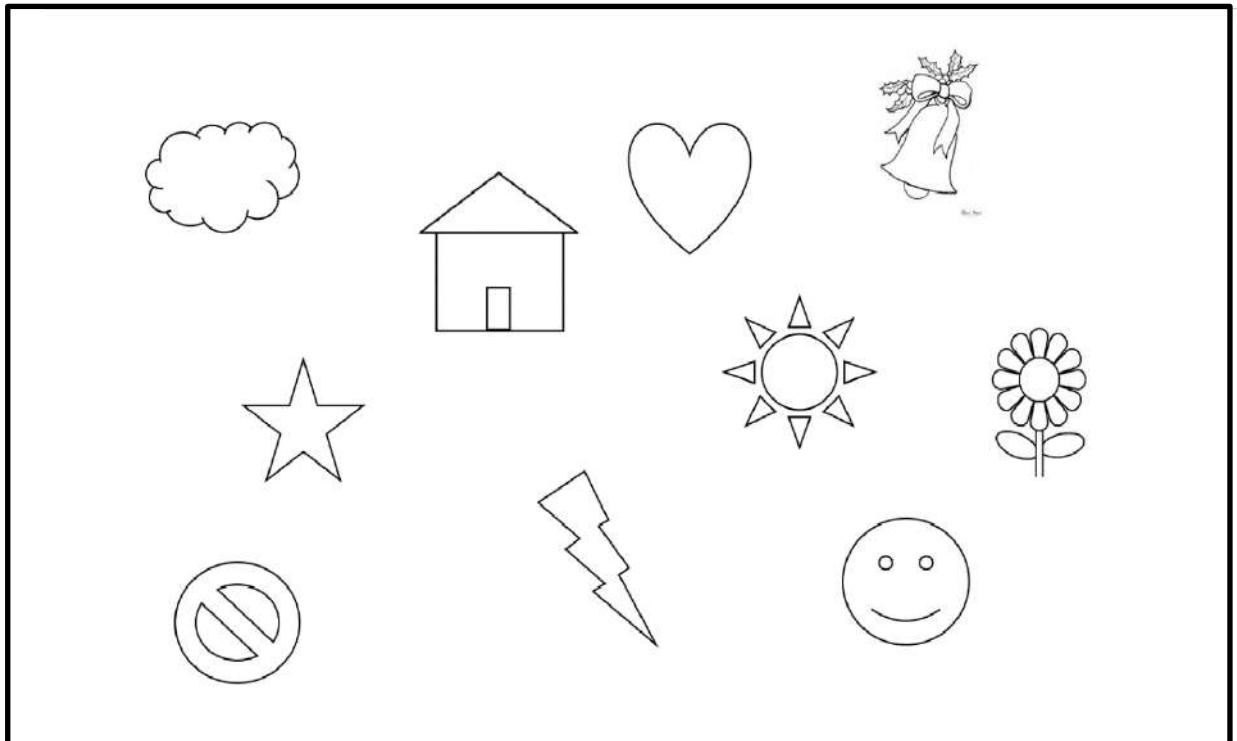
### 2.2 Parametri

Parametri koji bi mogli utjecati na kapacitet kratkotrajnog pamćenja su: stres, dob, vremenski razmak te način primanja informacija (kojim osjetilom primamo informaciju). U ovom istraživanju ispitala sam osobe u dobi od 15 do 18 godina, dakle dob nisam bila u mogućnosti provjeriti kao jedan od parametara koji utječe na kratkotrajno pamćenje.

### 3 Eksperimentalni postav

#### 3.1 Ispitivanje vizualnim podražajem

Tijekom studenog provodila sam ispitivanje u školi na 5 skupina učenika, tj. u 5 razreda. Prikazala sam učenicima 10 simbola (slika 2) za koje su imali do 3 sekunde da ih zapamte tj. uoče te neposredno nakon prikazivanja podijelila sam im anketne listiće (slika 3). Isti anketni listić podijelila sam im nakon 30 te nakon 90 minuta bez ponovnog prikazivanja simbola.



RAZRED: \_\_\_\_\_

SPOL: M Ž

DANAS PIŠEM PISANU PROVJERU ILI USMENO ODGOVARAM: DA NE

NAPIŠI SVE SIMBOLE KOJIH SE SJЕĆAŠ:

#### 3.2 Ispitivanje auditivnim podražajem

U ovome dijelu istraživanja, snimila sam audio zapis kako izgovaram 10 pojmoveva (priložen uz rad). Taj audio zapis reproducirala sam učenicima te neposredno nakon toga podijelila im anketne lističe (slika 4) u kojima su napisali koliko se pojmoveva sjećaju. Iste anketne lističe podijelila sam nakon 30 i nakon 90 minuta bez ponovnog reproduciranja. Oba ispitivanja provedena su na istim skupinama učenika.

RAZRED:	_____	
SPOL:	M	Ž
DANAS PIŠEM PISANU PROVJERU ILI USMENO ODGOVARAM:	DA	NE
NAPIŠI SVE POJMOVE KOJIH SE SJЕĆAŠ:		

Hipoteze koje sam postavila za oba istraživanja su:

1. Broj zapamćenih simbola (pojmoveva) se smanjuje kako vrijeme prolazi.
2. Broj zapamćenih simbola (pojmoveva) ne ovisi o spolu.
3. Broj zapamćenih simbola (pojmoveva) ovisi o stresu, tj. broj je manji ako je osoba pod stresom.
4. Broj zapamćenih simbola (pojmoveva) ovisi o vrsti ispitivanja (vizualno ili auditivno).

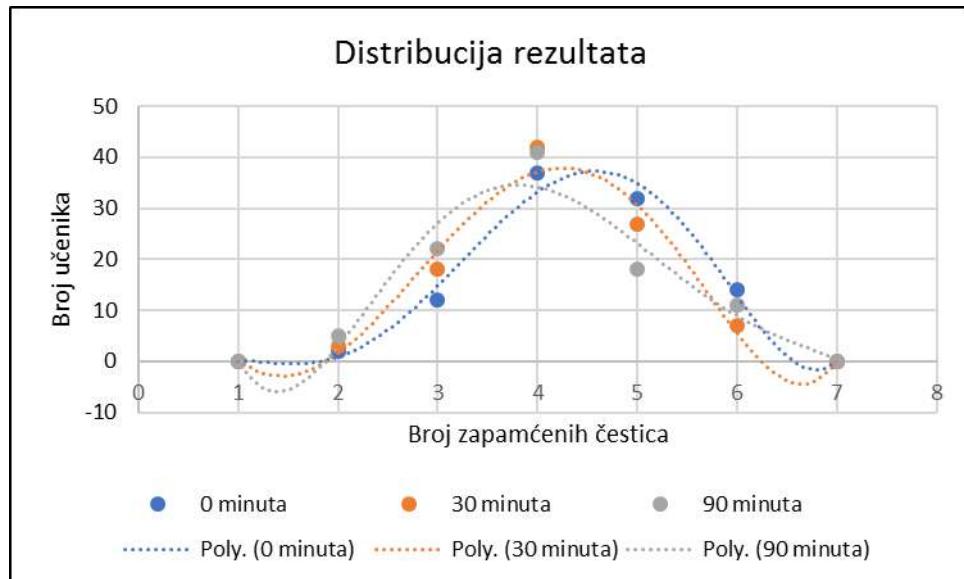
#### 4 Metode i mjerena

Budući da sam trebala provjeriti svoje hipoteze, učenicima sam uz broj zapamćenih simbola (pojmoveva) priložila još dva pitanja. Morali su zaokružiti kojeg su spola i imaju li danas pisani ili usmeni provjeru. Ovim drugim pitanjem htjela sam provjeriti jesu li pod stresom, jer pisana ili usmena provjera izaziva stres kod većine učenika. S obzirom da sam ispitivanje provela u 5 skupina, za svaku skupinu računat ću aritmetičku sredinu zapamćenih čestica, kako bih mogla usporediti skupine. Kod hipoteze ovisnosti o stresu morala sam računati ukupan prosjek jer broj učenika nije bio uravnotežen između skupina (npr. cijeli razred je imao provjeru). U oba ispitivanja sudjelovalo je 97 učenika.

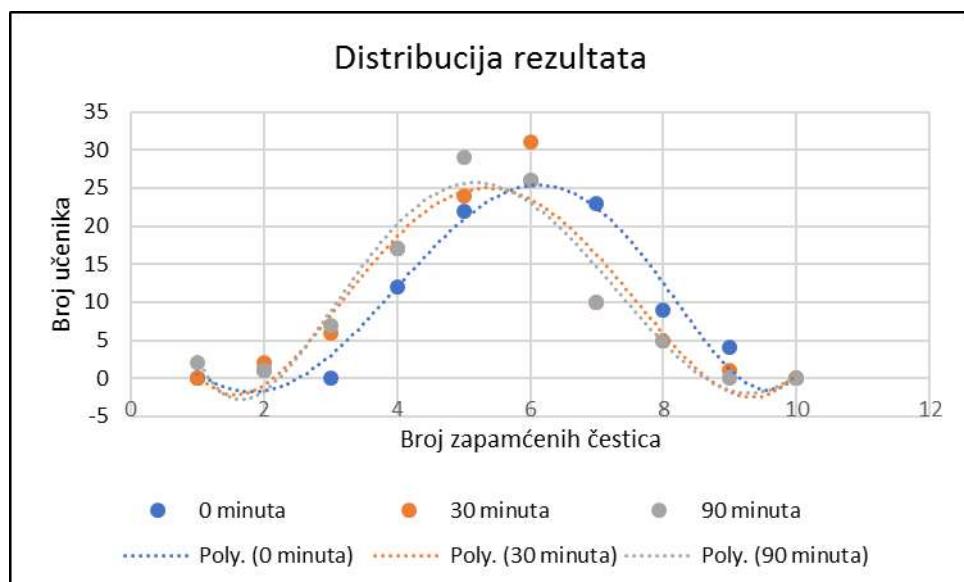
## 5 Rezultati i rasprava

### 5.1 Rezultati u ovisnosti o vremenu

Nakon što sam provela ispitivanja prikazala sam ukupne frekvencije dobivenih rezultata za oba ispitivanja (grafovi 1 i 2). Vidimo u oba grafa da je najveći broj učenika zapamtilo 4-5 čestica kod vizualnog ispitivanja, odnosno 5-6 čestica kod auditivnog ispitivanja. Ovako prikazana distribucija rezultata je normalna distribucija, to znači da je većina rezultata grupirana oko sredine, a kako idemo prema krajevima, sve je manje učenika zapamtilo minimalan broj čestica ili maksimalan broj čestica.



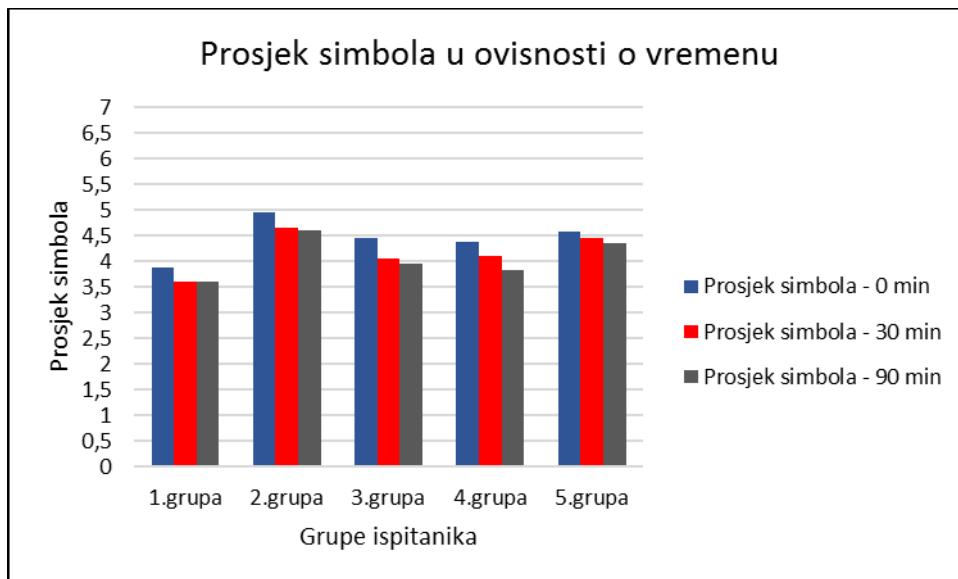
Graf 1. Distribucija rezultata kod vizualnog ispitivanja



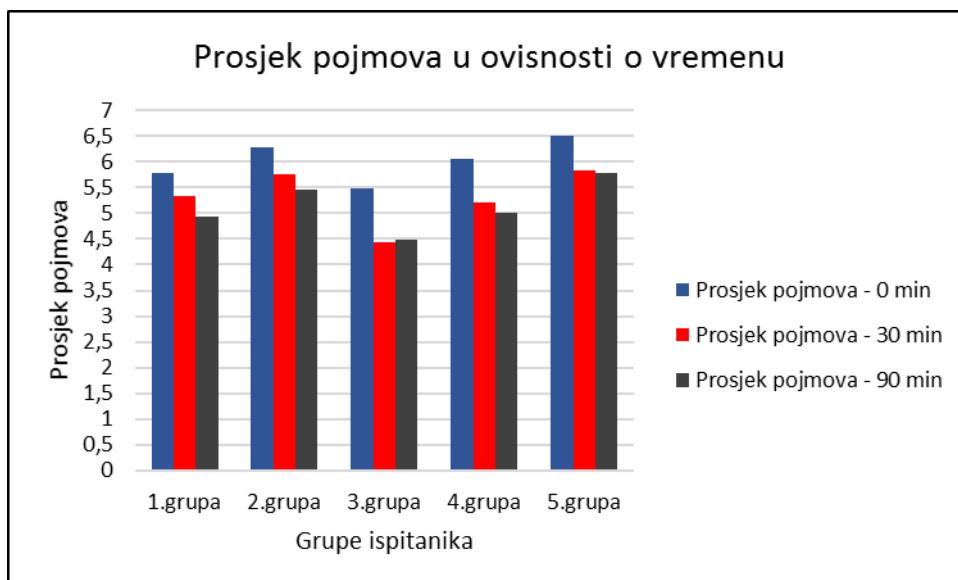
Graf 2. Distribucija rezultata kod auditivnog ispitivanja

Dalje ima smisla računati statističke vrijednosti poput aritmetičke sredine, standardne devijacije i koeficijenta varijacije.

U grafovima 3 i 4 prikazala sam aritmetičku sredinu broja zapamćenih čestica s prolaskom vremena u svakoj ispitanoj grupi. Vidimo da u svakoj grupi aritmetička sredina opada s prolaskom vremena, odnosno u svakoj skupini ispitanici su najviše simbola (pojmova) zapamtili neposredno nakon podražaja, vizualnog ili auditivnog. Dok su nakon 30, odnosno 90 minuta rezultati nešto slabiji, što pokazuje da se čestice zaboravljuju kako se povećava vrijeme od trenutka kada je bio podražaj.



Graf 3. Prikaz zapamćenih simbola s prolaskom vremena po grupama – vizualno istraživanje

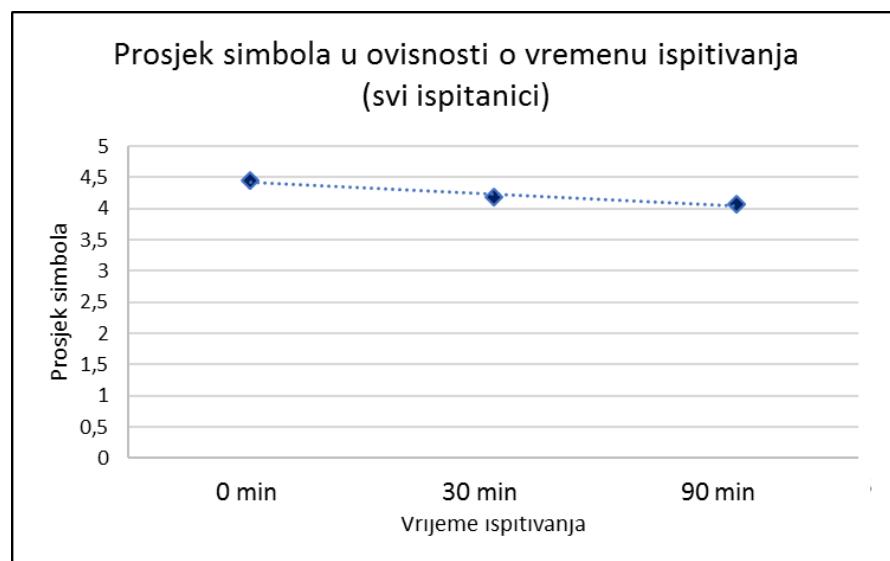


Graf 4. Prikaz zapamćenih pojmova s prolaskom vremena po grupama – auditivno istraživanje

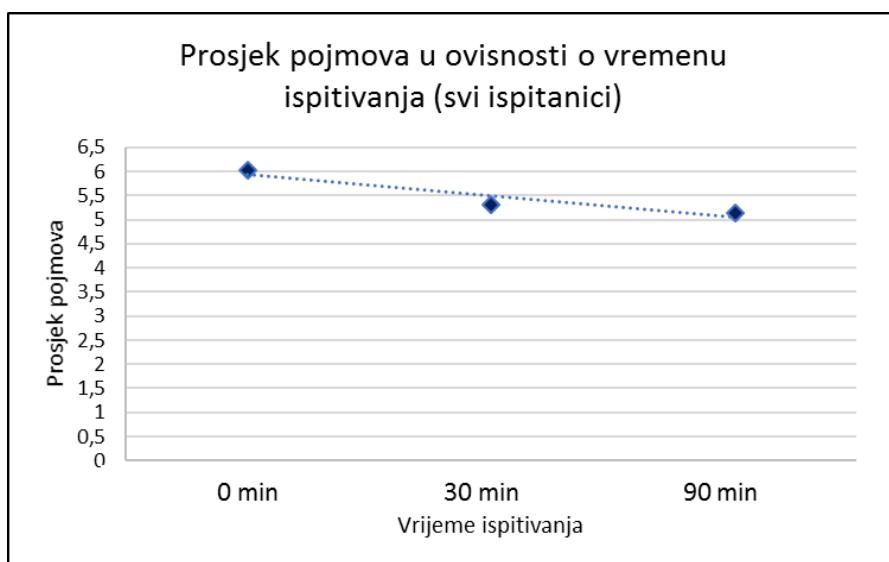
U grafovima 5 i 6 prikazan je pad zapamćenih čestica s prolaskom vremena. Prosjek sam računala na svim ispitanicima. Linija trenda u oba grafikona nam pokazuje da aritmetička sredina umjereni opada s prolaskom vremena. Potvrđena je prva hipoteza: broj zapamćenih čestica se smanjuje kako se vrijeme od trenutka podražaja povećava.

*Tablica 1. Aritmetičke vrijednosti provedenih ispitivanja*

	Prosјek zapamćenih simbola (vizualno ispitivanje)	Prosјek zapamćenih pojmoveva (auditivno ispitivanje)
Ispitivanje - 0 minuta	4,45	6,03
Ispitivanje nakon 30 minuta	4,18	5,31
Ispitivanje nakon 90 minuta	4,08	5,14



*Graf 5. Prosјek zapamćenih simbola u ovisnosti o prolasku vremena – vizualno ispitivanje*



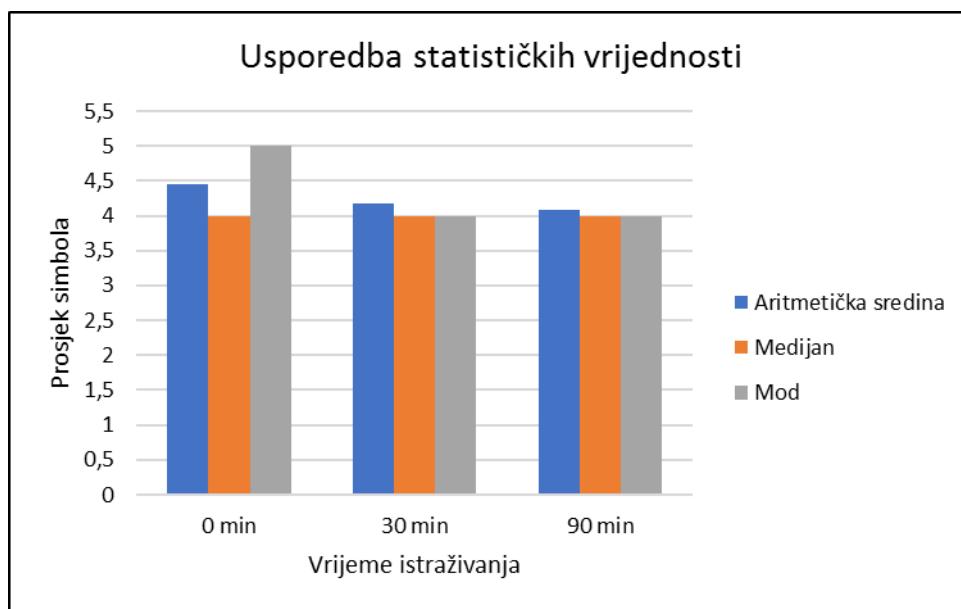
*Graf 6. Prosјek zapamćenih pojmoveva u ovisnosti o prolasku vremena – auditivno ispitivanje*

### 5.1.1 Usporedba statističkih vrijednosti

U grafu 7 vidimo da sam potvrdila svoju prvu hipotezu. Broj zapamćenih simbola smanjuje se prolaskom vremena. Iz tablice 2 je vidljivo da se aritmetička sredina vizualnog ispitivanja smanjuje kako se vrijeme od podražaja povećava. Medijan je centralna vrijednost, računamo ga tako da poredamo sve rezultate po veličini i nađemo središnji rezultat. On u sva tri ispitivanja iznosi 4. Razlog tome je što pad broja zapamćenih čestica s vremenom nije dovoljno velik da bi se medijan promijenio jer se ovdje radi o relativno malim vrijednostima, a isto vrijedi i za mod. Mod je broj s najčešćom frekvencijom (broj koji se najviše puta ponavlja). On u ispitivanju neposredno nakon prikazivanja simbola iznosi 5, a u sljedeća dva ispitivanja on iznosi 4. Za razliku od medijana, mod ipak opada prolaskom vremena.

*Tablica 2. Statističke vrijednosti – vizualno ispitivanje*

	Aritmetička sredina zapamćenih simbola	Medijan	Mod
Ispitivanje - 0 minuta	4,45	4	5
Ispitivanje nakon 30 minuta	4,18	4	4
Ispitivanje nakon 90 minuta	4,08	4	4



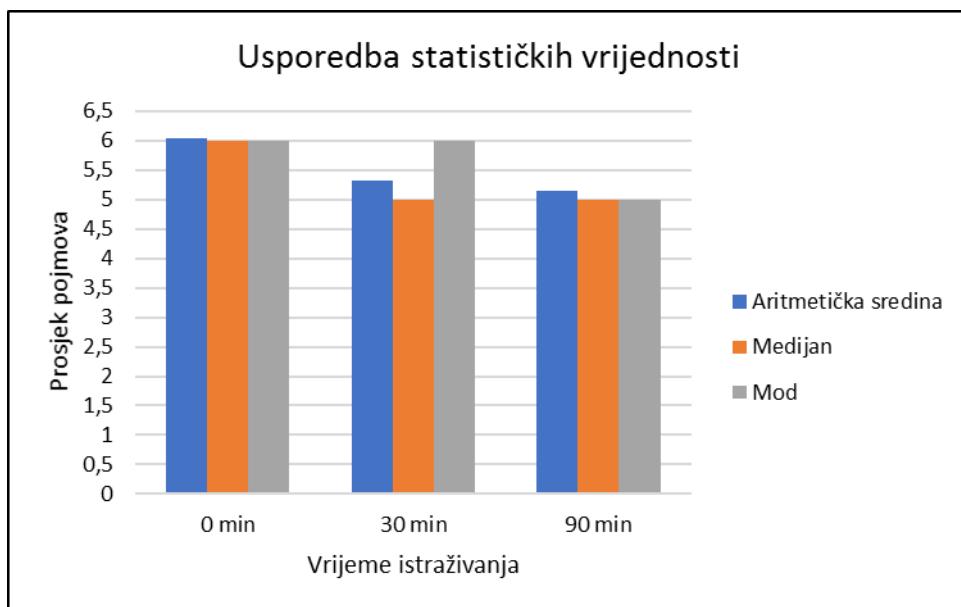
*Graf 7. Usporedba statističkih vrijednosti – vizualno ispitivanje*

Rezultati auditivnog istraživanja također su potvrdili moju prvu hipotezu što vidimo u grafu 8. Vrijednosti aritmetičke sredine zapamćenih simbola u auditivnom ispitivanju također se smanjuju kako vrijeme prolazi. Medijan u prvom ispitivanju<sup>1</sup> iznosi 6, a zatim u sljedeća dva ispitivanja pada na 5, dok mod u prva dva ispitivanja iznosi 6, a u trećem iznosi 5. Sve tri vrijednosti opadaju s vremenom.

<sup>1</sup> Prvo ispitivanje = ispitivanje neposredno nakon prikazivanja simbola/reproduciranja audio zapisa, Drugo ispitivanje = ispitivanje nakon 30 minuta, Treće ispitivanje = ispitivanje nakon 90 minuta

Tablica 3. Statističke vrijednosti – auditivno ispitivanje

	Aritmetička sredina zapamćenih pojmova	Medijan	Mod
Ispitivanje - 0 minuta	6,03	6	6
Ispitivanje nakon 30 minuta	5,31	5	6
Ispitivanje nakon 90 minuta	5,14	5	5

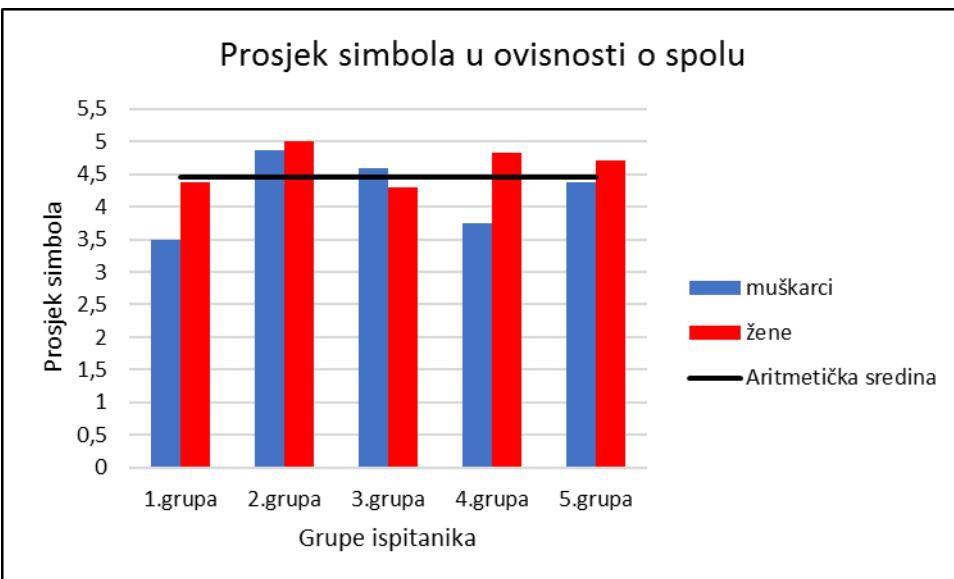


Graf 8. Usporedba statističkih vrijednosti – auditivno ispitivanje

## 5.2 Rezultati u ovisnosti o spolu

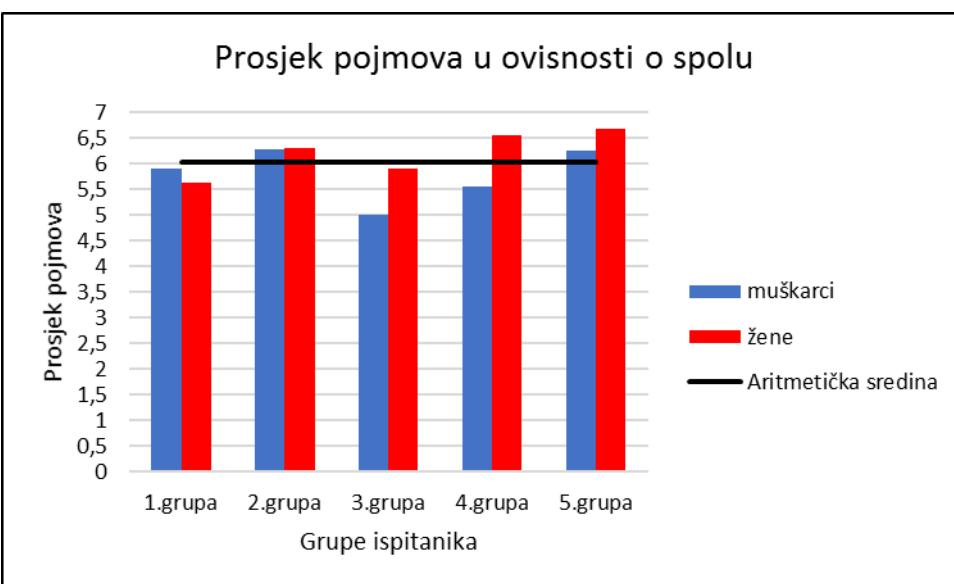
U oba ispitivanja sudjelovalo je 44 pripadnika muškog spola i 53 pripadnice ženskog spola. Pokazalo se da postoji razlika u broju zapamćenih čestica među spolovima. U oba ispitivanja pripadnice ženskog spola zapamtile su više čestica.

Na grafovima 9 i 10 prikazane su aritmetičke vrijednosti zapamćene po skupinama odmah nakon podražaja. U grafu 9 vidimo da su u skupinama 2 i 3 rezultati najviše ujednačeni, a 3.skupina je najbliža ukupnoj aritmetičkoj sredini.



*Graf 9. Prosječ simbola u ovisnosti o spolu – vizualno ispitivanje*

Na grafu 10 najujednačenija je druga skupina, a u svim skupinama (osim u prvoj) pripadnice ženskog spola zapamtile su više čestica odmah nakon audio reprodukcije.

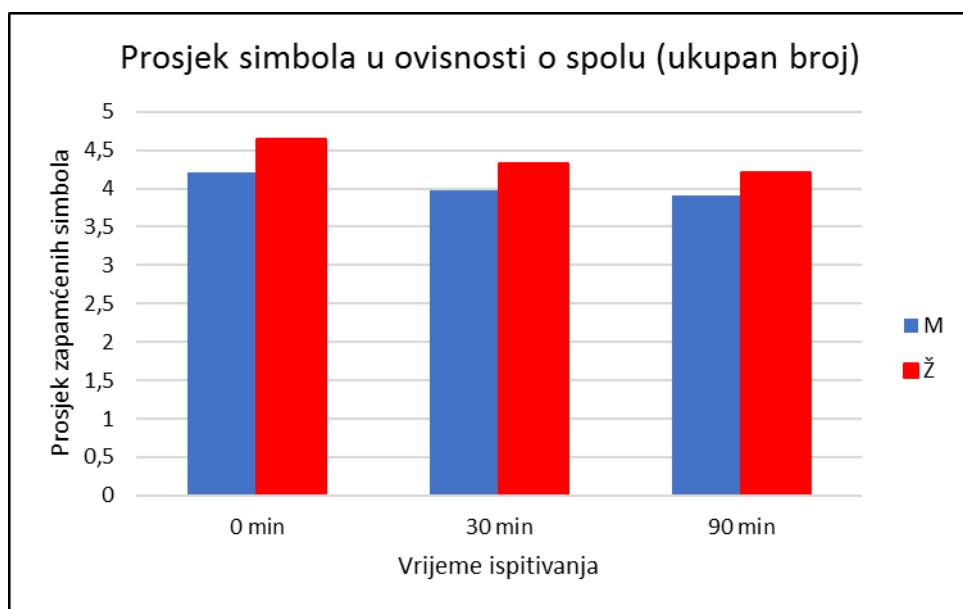


*Graf 10. Prosječ pojmove u ovisnosti o spolu – auditivno ispitivanje*

Pokazalo se da su pripadnice ženskog spola zapamtile više čestica u oba ispitivanja, što pokazuju grafovi 11 i 12. Vidimo da nakon svakog ispitivanja pripadnice ženskog spola imaju bolji prosječ zapamćenih čestica, ali je zato kod pripadnika muškog spola manji pad zapamćenih čestica s prolaskom vremena.

Tablica 4. Vizualno ispitivanje

	Prosječ zapamćenih simbola kod pripadnika muškog spola	Prosječ zapamćenih simbola kod pripadnica ženskog spola
Ispitivanje - 0 minuta	4,19	4,67
Ispitivanje nakon 30 minuta	3,95	4,37
Ispitivanje nakon 90 minuta	3,88	4,24

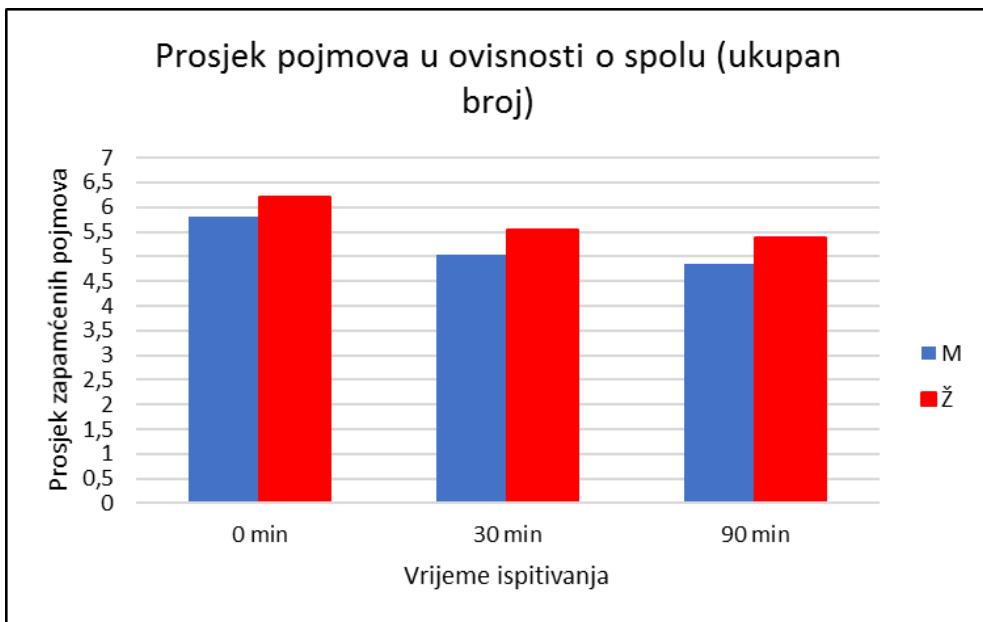


Graf 11. Prosječ zapamćenih simbola u ovisnosti o spolu na ukupnom broju ispitanika – vizualno istraživanje

Mogu reći da svoju drugu hipotezu nisam potvrdila i da broj zapamćenih čestica ovisi o spolu, ali ipak smatram da je potrebno provesti dodatna istraživanja kako bismo bili sigurni da možemo odbaciti drugu hipotezu.

Tablica 5. Auditivno ispitivanje

	Prosječ zapamćenih simbola kod pripadnika muškog spola	Prosječ zapamćenih simbola kod pripadnica ženskog spola
Ispitivanje - 0 minuta	5,80	6,21
Ispitivanje nakon 30 minuta	5,03	5,55
Ispitivanje nakon 90 minuta	4,85	5,37



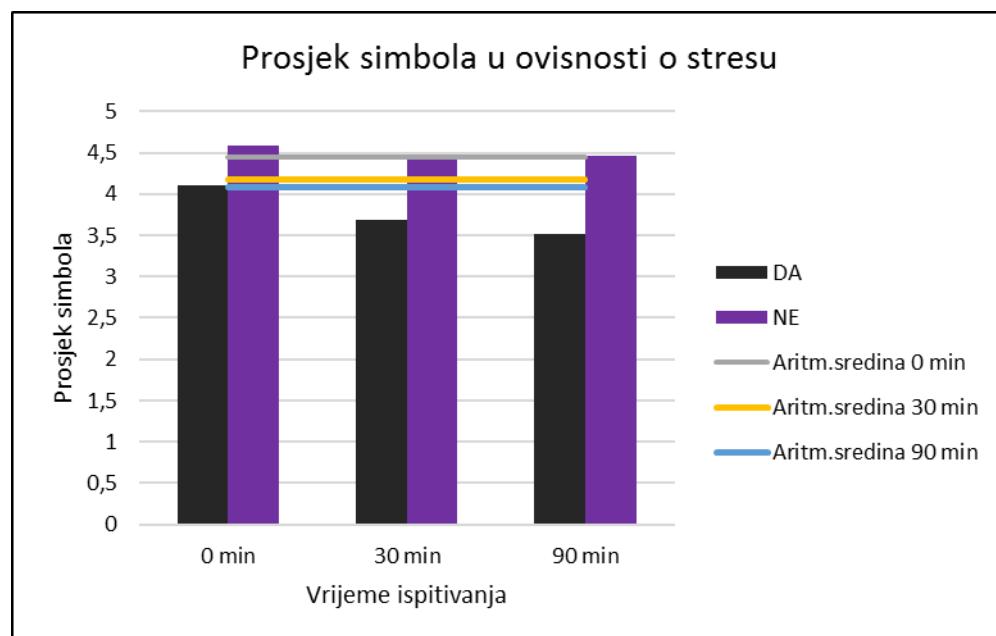
*Graf 12. Prosjek zapamćenih pojmova u ovisnosti o spolu na ukupnom broju ispitanika – auditivno istraživanje*

### 5.3 Rezultati u ovisnosti o stresu

Vizualnom ispitivanju pristupilo je 45 učenika koji su taj dan pisali provjeru ili su usmeno odgovarali i 52 učenika koji tada nisu imali provjeru, dok je auditivnom ispitivanju pristupilo 59 učenika koji su taj dan bili pod stresom i 38 učenika koji tada nisu bili pod stresom. U grafovima 13 i 14 vidimo razliku broja zapamćenih čestica učenika koji jesu i koji nisu pod stresom te odmak rezultata od aritmetičkih sredina. Učenici koji nisu pod stresom imaju rezultate bliže ukupnoj aritmetičkoj sredini.

*Tablica 6. Vizualno ispitivanje*

	Prosjek zapamćenih simbola kod učenika koji su pod stresom	Prosjek zapamćenih simbola kod učenika koji su nisu pod stresom	Ukupan prosjek
Ispitivanje - 0 minuta	4,11	4,58	4,45
Ispitivanje nakon 30 minuta	3,68	4,43	4,18
Ispitivanje nakon 90 minuta	3,51	4,45	4,08

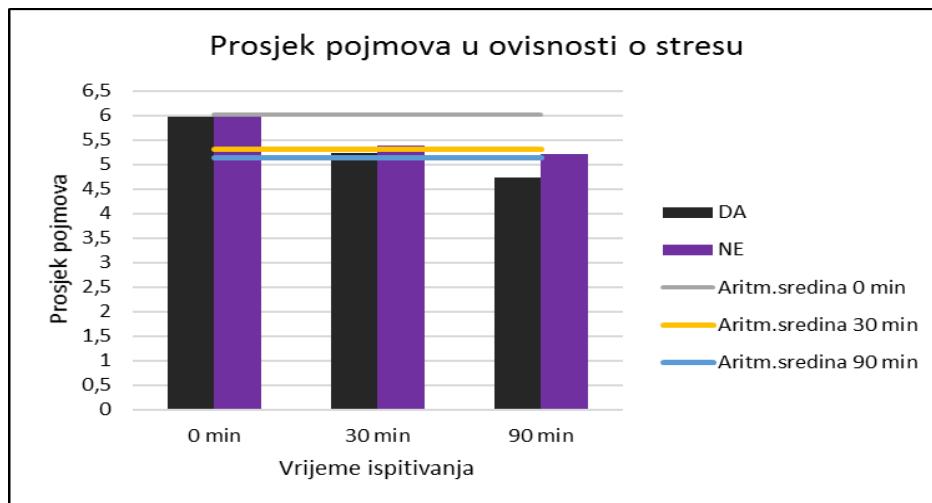


Graf 13. Prosjek zapamćenih simbola u ovisnosti o stresu – vizualno ispitivanje

U grafu 14 koji prikazuje auditivno ispitivanje manje su razlike u broju zapamćenih čestica u odnosu na vizualno istraživanje što je možda uzrok razlike u broju učenika koji jesu i koji nisu bili pod stresom u vrijeme ispitivanja te nekih vanjskih utjecaja koje nisam mogla izolirati. Ovdje je vidljivo da je veći pad zapamćenih čestica s prolaskom vremena kod učenika koji su pod stresom.

Tablica 7. Auditivno ispitivanje

	Prosjek zapamćenih pojmova kod učenika koji su pod stresom	Prosjek zapamćenih pojmova kod učenika koji su nisu pod stresom	Ukupan prosjek
Ispitivanje - 0 minuta	5,96	6,01	6,02
Ispitivanje nakon 30 minuta	5,23	5,93	5,31
Ispitivanje nakon 90 minuta	4,74	5,21	5,13

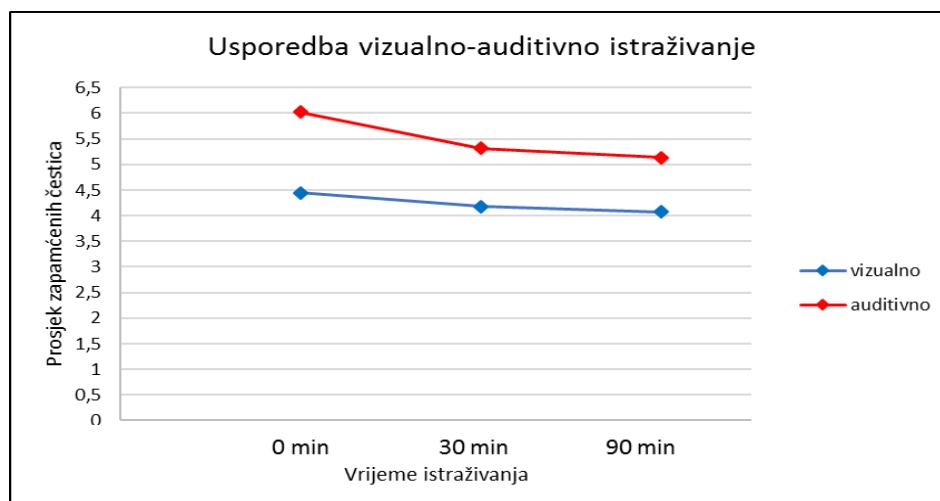


Graf 14. Prosječni broj zapamćenih simbola u ovisnosti o stresu – auditivno ispitivanje

Mogu zaključiti da je treća hipoteza potvrđena. Učenici koji su bili pod stresom zapamtili su manje čestica od onih koji tada nisu bili pod stresom.

#### 5.4 Usporedba vizualnog i auditivnog istraživanja

U usporedbi vizualnog i auditivnog istraživanja, bolje rezultate po pitanju kapaciteta zapamćenih čestica pokazalo je auditivno istraživanje što smatram da je rezultat razlike u načinu pohranjivanja informacija u smislu da sam u vizualnom istraživanju prikazala sve simbole istodobno u kratkom vremenskom roku što nije moguće napraviti s riječima pri izgovoru. Stoga ih ne možemo uspoređivati po broju zapamćenih čestica. Gledajući pad broja zapamćenih čestica, auditivno istraživanje pokazalo je veći pad od vizualnog kako vrijeme od podražaja prolazi. Što bi moglo značiti da se informacije koje primamo vidom duže zadržavaju u našem pamćenju od onih koje primamo sluhom.



Graf 15: Usporedba vizualnog i auditivnog istraživanja

#### 5.4.1 Odstupanja rezultata

Izračunala sam standardnu devijaciju ( $\sigma$ ), tj. prosječno odstupanje od aritmetičke sredine za pojedine rezultate kako bih provjerila koliko dobro aritmetička sredina reprezentatira uzorak. Nakon toga računala sam koeficijent varijacije (V) izražen u postotcima koji je pokazao da je varijabilitet rezultata relativno slab, što znači da su se rezultati dobro grupirali oko aritmetičke sredine te nije bilo velikog raspršenja rezultata.

Formula za standardnu devijaciju [6.]:

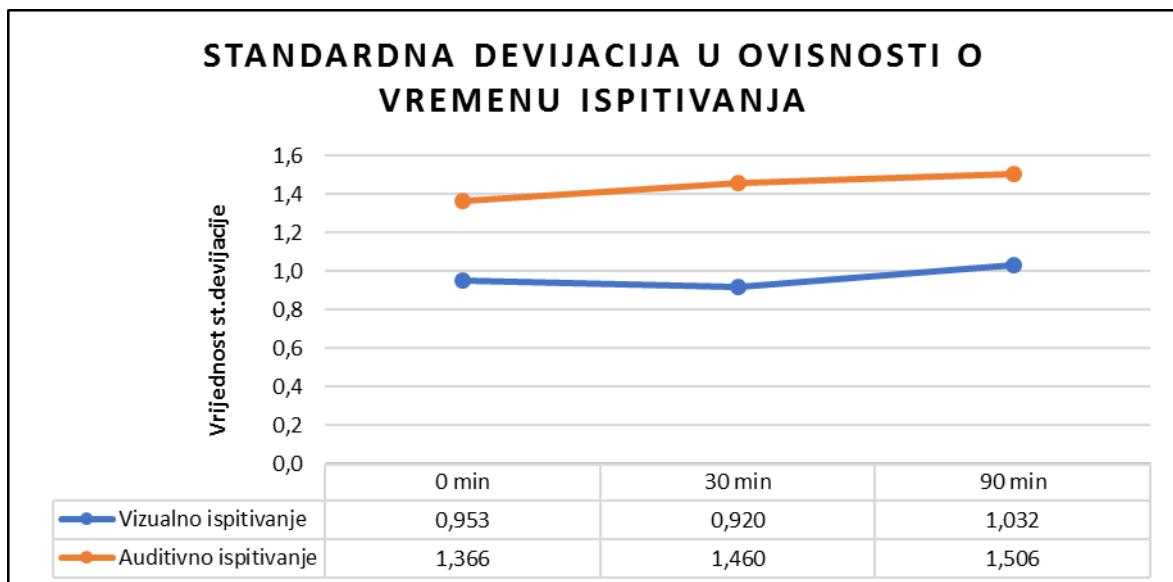
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}}, \text{ gdje je } \bar{X} - \text{aritmetička sredina rezultata } x_1, x_2, \dots, x_n$$

Formula za koeficijent varijacije izražen u postotcima [6.]:  $V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100$

Tablica 8 [6.] govori o varijabilitetu elemenata statističkog skupa ovisno o iznosu koeficijenta varijacije.

*Tablica 8. Varijabilitet elemenata statističkog skupa ovisno o iznosu koeficijenta varijacije*

V (%)	Varijabilitet
0 – 10	vrlo slab
10 – 30	relativno slab
30 – 50	umjeren
50 – 70	relativno jak
Veći od 70	vrlo jak

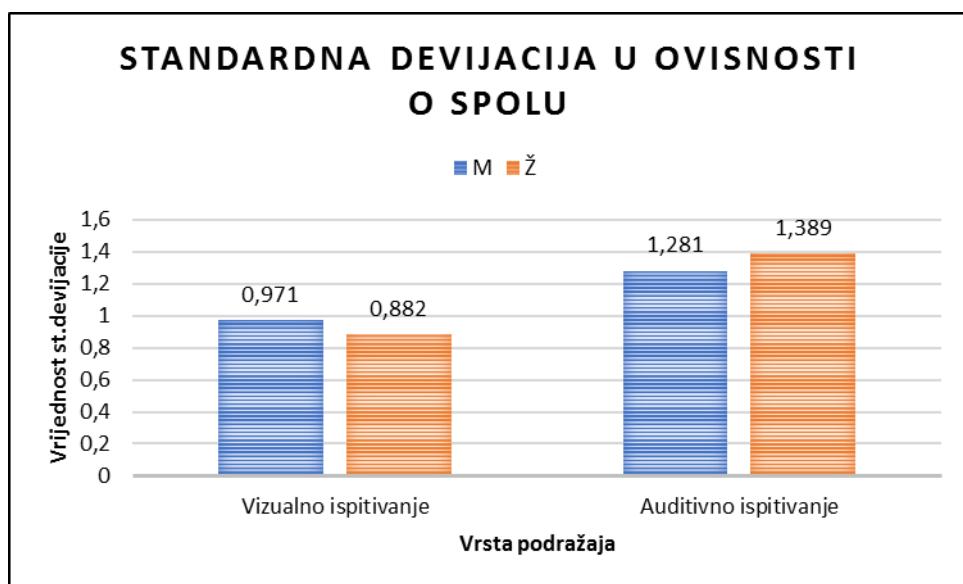


*Graf 16. Odstupanje u ovisnosti o vremenu ispitivanja*

Tablica 9. Koeficijent varijacije (%) u ovisnosti o vremenu ispitivanja

	V (0 minuta)	V (30 minuta)	V (90 minuta)
Vizualno ispitivanje	21,39%	22,02%	25,28%
Auditivno ispitivanje	22,64%	27,5%	29,27%

Graf 16 pokazuje da je standardna devijacija za pojedine rezultate dosta blizu aritmetičkoj sredini rezultata, dok tablica 9 pokazuje da je varijabilitet rezultata relativno slab, što znači da su se rezultati dobro grupirali oko aritmetičke sredine te nije bilo velikog raspršenja rezultata. Međutim, kako se vrijeme od podražaja povećavalo, tako se i standardna devijacija povećavala kao i koeficijent varijacije, koji ima tendenciju povećavanja prema umjerenom varijabilitetu.

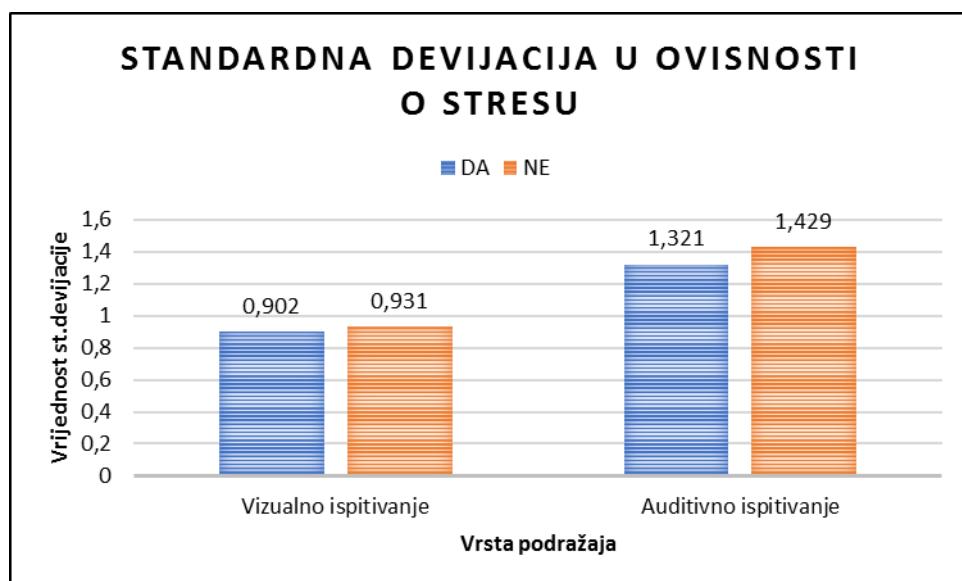


Graf 17. Odstupanje u ovisnosti o spolu, podatci 0 minuta nakon podražaja

Tablica 10. Koeficijent varijacije (%) u ovisnosti o spolu

	V (M)	V (Ž)
Vizualno ispitivanje	23,19%	18,9%
Auditivno ispitivanje	22,29%	22,18%

U ovisnosti o spolu (graf 17) standardna devijacija također predstavlja dobru reprezentativnost aritmetičke sredine, a tablica 10 pokazuje kako je varijabilitet također relativno slab, odnosno raspršenje rezultata je još manje izraženo, pogotovo kod pripadnica ženskog spola.



Graf 18. Odstupanje u ovisnosti o stresu, podatci 0 minuta nakon podražaja

Tablica 11. Koeficijent varijacije (%) u ovisnosti o stresu

	V (pod stresom)	V (nisu pod stresom)
Vizualno ispitivanje	21,58%	19,84%
Auditivno ispitivanje	22,08%	23,4%

Kod ispitivanja utjecaja stresa varijabilitet je također relativno slab (tablica 11), pogotovo kod vizualnog ispitivanja i kod učenika koji nisu pod stresom.

## 6 Zaključak

U cijelom istraživanju donijela sam nekoliko važnih zaključaka. Broj zapamćenih čestica kod vizualnog podražaja bio je između 4 i 5, a kod auditivnog podražaja između 5 i 6. To se poklapa s ranijim istraživanjima vezanim za kratkotrajno pamćenje, pa je kapacitet zapamćenih čestica potvrđen. Isto tako podatke koje primamo vidom sprije zaboravljam od onih koje primamo slušom.

Prolaskom vremena od trenutka podražaja broj zapamćenih čestica se smanjuje, što se pokazalo kod obje vrste podražaja. Pokazalo se da osobe ženskog spola mogu zapamtiti više čestica, ali smatram da bi to još trebali dodatno istražiti.

Učenici pod stresom imaju lošiju sposobnost koncentracije čija je posljedica smanjen kapacitet kratkotrajnog pamćenja (lošija sposobnost pohrane čestica) te lošiju sposobnost zadržavanja podataka, tj. manje zapamte i brže zaborave.

Svi podatci su dobro prikazani aritmetičkom sredinom s obzirom da sam dobila prihvatljivo odstupanje standardne devijacije i koeficijent varijacije koji je relativno slab.

Istraživanje bi se moglo nadograditi uvođenjem novih parametara i uspoređivanjem istih. Na primjer, koja je razlika u pamćenju u različitim dobnim skupinama? Hoću li dobiti drugačije rezultate u vizualnom ispitivanju u kojem prikazujem simbole jedan za drugim? Prisjećamo li se bolje ako smo ispitivani u istim uvjetima u kojima smo učili? Utječe li nedostatak sna (umor) na naše pamćenje? Također bih ispitala kako pamtim informacije koje smo primili ostalim osjetilima (npr. miris, okus, teksturu).

Pamćenje je širok pojam o kojem je čovječanstvo postavljalo mnoga pitanja kroz povijest. Do danas smo na većinu odgovorili no uvijek se može još detaljnije istražiti i postavljati nova pitanja. Žao mi je što ja sama nisam mogla odgovoriti na sva svoja pitanja u vezi kratkotrajnog pamćenja.

## **7 Zahvale**

Najviše se zahvaljujem svojoj mentorici, prof. Magdaleni Srdarević, na pomoći pri osmišljavanju postupka istraživanja, idejama te upućivanju u cijeli proces istraživanja i provođenje istog. Hvala Marku Šariću koji mi je pomogao pri statističkoj obradi podataka. Također zahvaljujem profesoricama Vandi Louč i Sanji Grabusin koje su mi pomogle pri samom provođenju ankete te psihologu profesoru Ivi Žanetiću koji mi je pomogao s literaturom i teorijskim postavom rada.

## **8 Literatura**

- [1.] Šverko, Zarevski, Szabo, Kljaić, Kolega, Turudić-Čuljak: Psihologija, udžbenik za gimnazije, Školska knjiga, Zagreb 2006.
- [2.] Rončević Zubković: Ustrojstvo radnog pamćenja, Odsjek za psihologiju, Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2010.
- [3.] Zarevski: Provjerite pamćenje, Naklada Slap, Zagreb 1995.
- [4.] Furlan, Kljaić, Kolesarić, Krizmanić, Petz, Szabo, Šverko: Psihologički riječnik, Naklada Slap, Zagreb 2005.
- [5.] Zarevski: Psihologija pamćenja i učenja, Naklada Slap, Zagreb 1997.
- [6.] Papić: Primijenjena statistika u MS Excelu, Naklada Zoro, Zagreb, 2014.

## **Problem 1. Planine**

**Autor: Andrej Todić**

**Mentor: Ivan Popčević**

**2. razred, Gimnazija Pula, Pula, Hrvatska**

### **1 Uvod**

Planine ili gore su u geografskom smislu uzdignuti dijelovi Zemljine kore viši od 500 metara. Nastaju i oblikuju se tektonskim procesima koje dijelimo na endogene i egzogene. Endogeni ili unutarnji procesi su seizmička i vulkanska aktivnost. Egzogeni ili vanjski procesi su erozija te razna druga trošenja i ispiranja materijala. Planine mogu biti stara gromadna gorja ili mlade ulančane planine ovisno o starosti. Njihova starost utječe na građu i svojstva planina. Mlada gorja u većini slučajeva imaju strmije padine i postižu veće visine, dok stara gorja imaju padine manjeg nagiba i nemaju toliko visoke vrhove.

Kad postavimo pitanje koja je najviša planina na Zemlji, odgovor na njega nije jedinstven. Razlikuje se ovisno o tome kako mjerimo visinu planine. Ako najvišu planinu definiramo kao onu najviše udaljenu od ekvatora, odgovor na naše pitanje bit će planina Chimborazo u Ekvadoru. Ako najvišu planinu definiramo kao onu s najvećom visinskom razlikom između vrhunca i baze, odgovor na pitanje bit će vulkan Mauna Kea na Havajima, iako se najveći dio te planine nalazi ispod površine mora. Ako najvišu planinu definiramo kao onu koja se nalazi na najvišoj nadmorskoj visini, odgovor će biti Mount Everest. To je ujedno i kriterij kojem se pridaje pažnja u ovom istraživačkom radu: "Najviša planina je ona koja ima najveću nadmorsknu visinu".

Planine na Zemlji se lako mogu proučavati zbog činjenice da se nalaze na ovom planetu. Iako je u ljudskoj prirodi da sagleda svemir u obliku okoliša oko sebe, zadatak ovog rada je pomaknuti se sa Zemlje i promatrati kako planine nastaju na drugim planetima, ali i nekim manjim tijelima Sunčeva sustava. Osim toga, postavlja se i pitanje: kolika je najveća moguća visina koju planina može postići na nebeskom tijelu i koliko stvarne uzvisine pokazuju i realiziraju tu najveću moguću visinu?



*Slika 1. Mt Everest, najviši vrh na Zemlji*

## 2 Teorijska razrada problema

U ovom dijelu eksperimenta uspoređuju se procesi nastanka planina na Zemlji i na drugim nebeskim tijelima kako bi se mogle primijetiti sličnosti i razlike. Određene sličnosti mogu imati utjecaj na vrijednosti koje će biti dobivene eksperimentom. Cilj je matematičkim modelom prikazati najvišu visinu koju uzvisina može postići na nekom nebeskom tijelu. U sljedećim odlomcima navode se parametri koji mogu imati utjecaj na navedenu visinu.

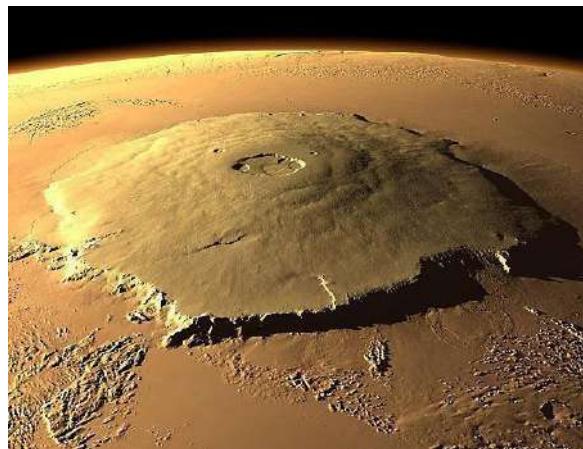
### 2.1 Nastanak planina

Planine na Zemlji stvaraju se kao posljedice tektonske aktivnosti ili vulkanizma. Duboko ispod površine javljaju se sile koje potiskuju površinske stijene i zbog toga nastaje uzvisina. To se može dogoditi zbog sudara tektonskih ploča u kojem se nastavljaju gibati i jedna podlazi ispod druge. Time se oslobađa magma temperature  $4000^{\circ}\text{C}$  i izbija na površinu. Tako nastaju vulkanske planine. U rijetkim slučajevima magma se stvrđne prije nego što dosegne površinu i stvara kupolaste planine koje nemaju zašiljen vrh.

Planine mogu nastati i sudarima tektonskih ploča u kojima ne dolazi do podmicanja. Ponekad se nakon sudara poveća debljina kore. Tvari manje gustoće dolaze na površinu, dok tvari veće gustoće tonu na dno i time nastaju nabori prema kojima je ova vrsta planine dobila naziv: nabrane planine. Osim planina, nabori mogu formirati i visoravni i brežuljke. Gromadne planine nastaju sasvim drukčijim procesom. Razmicanjem tektonskih ploča, tj. međusobnim udaljavanjem nastaju rasjedi. Stijene na jednoj strani se uzdižu i ne odvajaju se, već se skupljaju u gromade. Tako se viši odjeljak odvaja od nižeg.

Erozija je također faktor u formaciji planina. Erozijske sile oblikuju njihovu površinu i troše izbočine. Pomoću njih nastaju neki karakteristični reljefni oblici. Mladi planinski lanci su oblikovani djelovanjem vjetra, vode, leda i gravitacije. Jedini oblik erozije posebno vrijedan spomenuti za rad je djelovanje gravitacije jer je promjenjivo ovisno o nebeskom tijelu na kojem se nalazi uzvisina. Kad je nagib padine planine prevelik, materijal ne ostaje na vrhu, već se spušta u podnožje planine. Ipak, zanemariv je utjecaj odrona na smanjenje visine planine, jer se ne nalazi u rasponu veličina između 100 i 1000 metara.

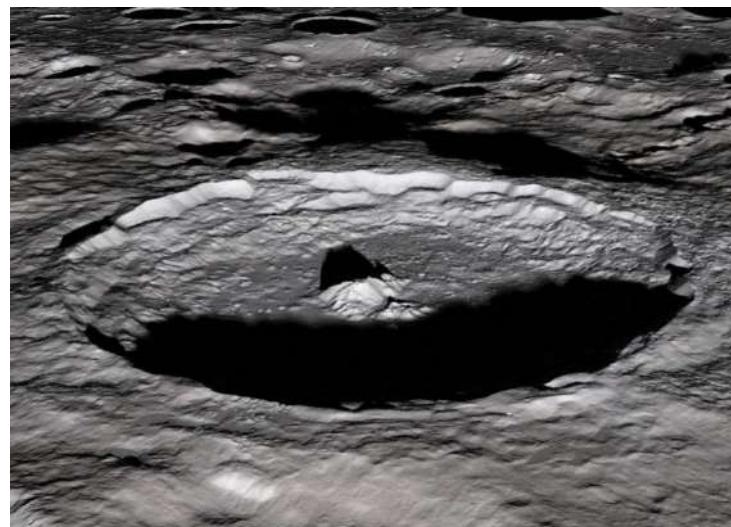
Na drugim astronomskim objektima proces nastanka planina može biti posve drukčiji. Najbolje je kao primjer uzeti Zemljin najbliži planet, Mars. Sve uzvisine na njemu nastaju zbog vulkanske aktivnosti, a sam planet obilježava vrlo slabo ili nepostojano kretanje tektonskih ploča. Na primjeru Marsa je vidljivo da nije potrebno sagledati tektoniku da bi se opisala najveća moguća visina koju uzvisina može dostići. Znanstvenici pokušavaju uspostaviti poveznicu između površinske temperature Marsa i visine najviše planine, Olympus Monsa.



Slika 2. Olympus Mons, najviši vrh Marsa

Postoji nekoliko razloga zašto Olympus Mons može dostići veću visinu od Mt Everesta. Mars ima manju masu od Zemlje zbog čega je i gravitacijsko privlačenje na njemu slabije. Osim toga, izbijanje magme na površinu mnogo je češće na Marsu jer na Zemlji kretanje tektonskih ploča sprječava brzo nakupljanje magme u podzemlju. Do razlike u visini dolazi i do razlike u starosti ovih planina, jer je Olympus Mons aktivovan zadnjih 90 milijuna godina, što je mnogo dulje od vremena aktivnosti zemaljskih vulkana. Na Marsu postoje vulkani koji su aktivni čak 500 milijuna, a za najstarijeg se smatra da je aktivan 2 milijarde godina.

Vulkanska aktivnost nije jedini uzrok nastanka planina na drugim nebeskim tijelima. Primjerice, prije 108 milijuna godina objekt veličine asteroida pogodio je površinu Zemljinog satelita Mjeseca. Time je nastao Tycho krater. Sudar je doveo do kompresije i odlamjivanja materijala. U sredini kratera došlo je do nakupljanja i zbog toga se danas tamo nalazi planina visoka 1600 metara. Ipak, ovaj rad ne sadrži opširnije objašnjenje o djelovanju asteroida jer su udari i njihovi utjecaji na visinu planina nepredvidivi.



Slika 3. Tycho krater na Marsu

## 2.2 Termodinamički model

Planini se povećava visina dodatnim taloženjem materijala na vrh. Do toga može doći izbijanjem magme iz vulkanskog ognjišta pod utjecajem visokog tlaka (što vrijedi za Olympus Mons na Marsu), ali i nanošenjem materijala gibanjem čestica (što vrijedi za Zemlju i

nanošenje čestica vjetrom), iako ovaj oblik taloženja ne pridonosi toliko povišenju planine tako da se može zanemariti.

Što je planina viša, materijal u njezinom podzemlju ima nižu čvrstoću, pri čemu može doći do pucanja. Cijela struktura zatim tone za promjenu visine jednake vrijednosti. Temperatura na dnu je izrazito visoka, stoga može doći do taljenja materijala. U procesu taljenja oslobađa se energija čiju vrijednost možemo i izračunati. Iz osnova fizike znamo izraze za računanje dva važna oblika energije za ovaj model, gravitacijske potencijalne energije i energije faznog prijelaza:

$$Q_T = m\lambda$$

$$E_{GP} = mgh$$

Gravitacijska potencijalna energija nataloženog materijala izravno vodi do taljenja podzemnog sloja. Mase su im međusobno jednake zbog činjenice da dolazi do jednakе promjene u visini, na vrhu planina raste, dok na dnu tone za jednaku promjenu visine. Ako zanemarimo gubitke energije u okolini kojih će uvijek biti jer se ne radi o savršenom sustavu, možemo uspostaviti između topline faznog prijelaza i gravitacijske potencijalne energije:

$$Q_T = E_{GP}$$

$$m\lambda = mgh$$

$$\lambda = gh$$

$$h = \frac{\lambda}{g}$$

Iako iz dobivene formule lako možemo izračunati visinu ako poznajemo iznose specifične topline taljenja materijala i gravitacijsko ubrzanje nekog tijela, za izravno prikazivanje o čemu ona ovisi potreban je primitivniji oblik u kojem se gravitacijsko ubrzanje dalje raspisuje. Kako bi to učinili, astronomski objekti moramo pojednostaviti i prikazati ih kao geometrijska tijela kojima možemo odrediti dimenzije (u ovom slučaju radijus). Kako se oni najčešće prikazuju u obliku kugle zbog malenog koeficijenta spljoštenosti, za obujam tijela u ovom radu se upotrebljava formula za obujam kugle:

$$V = \frac{4}{3}R^3\pi$$

$$M = \rho V$$

Gravitacijsko ubrzanje na astronomskom objektu ovisi o masi tog objekta i udaljenosti između jezgre i površine. Pomoću ove dvije formule, fizičke veličine se mogu razraditi pri čemu nastaje novi izraz prema kojemu je gravitacijsko ubrzanje ovisno samo o prosječnom radijusu i gustoću nebeskog tijela:

$$g = \frac{MG}{R^2}$$

$$g = \frac{\rho V G}{R^2}$$

$$g = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} R^3 \pi \cdot G}{R^2}$$

$$g = \frac{4}{3} R \rho G \pi$$

Dobiveni izraz za gravitacijsko ubrzanje može se uvrstiti u formulu za računanje maksimalne visine pri čemu ona dobiva drugičji oblik i ne može se dalje razrađivati:

$$h = \frac{\lambda}{\frac{4}{3} R \rho G \pi}$$

$$h = \frac{3\lambda}{4\rho RG\pi}$$

$$h = \frac{3}{4G\pi} \cdot \frac{\lambda}{\rho R}$$

Sve konstante (vrijednosti im se ne mijenjaju ovisno o materijalu i nebeskom tijelu) u formuli mogu se grupirati. Možemo uvesti novi koeficijent  $k$  koji će obilježavati njihov umnožak i zamijeniti ih u formuli. Osim samog zapisa, možemo i odrediti vrijednost koeficijenta:

$$k = \frac{3}{4G\pi}$$

$$k = 3,4141 \cdot 10^9 \text{ kgm}^{-3}\text{s}^2$$

Termodinamički model mjeri visinu ukupnu visinu. Nakon svih modifikacija i supstitucije svih konstanti u formuli s koeficijentom, formula poprima sljedeći oblik. Visina planine iznad površine opisana je koeficijentom:

$$h = k \cdot \lambda \cdot \frac{1}{\rho R}$$

$$h_n = xh$$

### 2.3 Model čvrstoće

Model čvrstoće materijala temelji se na tlačenju planine ne samo na površinu, već i na materijal koji se nalazi u podzemlju. Zbog toga on prikazuje visinu planine od njezinog korijena u kori do njezinog vrha, tj. debljinu sloja materijala koji uz svo tlačenje i dalje može ostati u čvrstom stanju. Dodatnim nanošenjem materijala na vrh planine, podzemni dio podvrgava se sve većem tlaku. Nakon nekog vremena počet će pucati. Točno u tom trenutku planina postiže svoju najveću visinu koju ovim modelom pokušavamo i dobiti. Zbog toga je potrebno navedeni tlak izraziti pomoću drugih veličina:

$$p = \frac{F_g}{A}$$

$$p = \frac{mg}{A}$$

$$p = \frac{\rho_{mat} V_p g}{A}$$

Za potrebu ovog modela moramo odrediti kakvog je oblika planina. Iako su planine u stvarnosti najčešće nepravilne i ne možemo ih prikazati u obliku pravilnog geometrijskog tijela, problem moramo pojednostaviti, stoga uzimamo da se planine u prirodi pojavljuju u obliku stožaca i piramida. Nije važno koje od tih tijela odaberemo za prikaz, jer se na kraju utvrđuje da oblik baze nije važan na ishod rezultata. Važno je da budu stožac ili piramida isključivo zbog činjenice da je obujam pravilne četverostrane piramide jednak jednoj trećini obujma kvadra s jednakim dimenzijama baze i visinom te da je obujam stošca jednak jednoj trećini obujma kvadra s jednakim dimenzijama baze i visinom. Zbog toga možemo za obujam jednostavno napisati:

$$V_p = \frac{Ah}{3}$$

Prijašnju formulu za tlak možemo nadopuniti formulom za aproksimirani obujam planine, i u posljednjem koraku možemo vidjeti da je tlak kojim planina djeluje na površinu jednak jednoj trećini tlaka kojim bi valjak ili kvadar djelovali na površinu, što iz prije navedenih tvrdnji potpuno ima smisla:

$$p = \frac{\rho_{mat} \cdot \frac{Ah}{3} \cdot g}{A}$$

$$p = \frac{\rho_{mat} gh}{3}$$

Tlačna čvrstoća nekog materijala je maksimalan tlak kojeg materijal može izdržati bez da se sabija. Planina će svoju najveću visinu dostići kad na njezine najniže slojeve pritišće tlak jednak tlačnoj čvrstoći. Ako je tlak veći, sloj će početi pucati i planina će tonuti zbog čega će joj se visina iznad površine smanjiti. Zbog toga možemo dovesti u jednakost vrijednosti tlaka i čvrstoće:

$$\sigma = p$$

$$\sigma = \frac{\rho_{mat}gh}{3}$$

$$h = \frac{3\sigma}{\rho_{mat}g}$$

$$h = \frac{3\sigma}{\rho_{mat} \cdot \frac{4}{3}R\rho G\pi}$$

$$h = \frac{9\sigma}{\rho_{mat} \cdot 4R\rho G\pi}$$

$$h = \frac{9}{4G\pi} \cdot \frac{\sigma}{\rho_{mat}} \cdot \frac{1}{\rho R}$$

Možemo primijetiti kako se i u ovoj formuli pojavljuju jednake konstante kao i u formuli za termodinamički model, zbog čega ih sve možemo zamijeniti koeficijentom  $k$ . Visina planine iznad površine i u ovom modelu je opisana koeficijentom:

$$h = 3k \cdot \frac{\sigma}{\rho_{mat}} \cdot \frac{1}{\rho R}$$

$$h_n = xh$$

## 2.4 Popis upotrijebljenih fizikalnih veličina

$h$  - tražena maksimalna visina planine

$Q_t$  - Toplina koju je potrebno dovesti za taljenje stijena

$E_{GP}$  - Gravitacijska potencijalna energija

$m$  - Masa sloja stijena

$\lambda$  - latentna toplina taljenja čvrste tvari

$g$  - gravitacijsko ubrzanje

$V$  - obujam astronomskog objekta

$R$  - prosječna udaljenost površine i središta (prosječni radius astronomskog objekta)

$M$  - masa astronomskog objekta

$\rho$  - gustoća astronomskog objekta

$x$  - omjer između nadzemne visine planine i ukupne visine

$h_n$  - visina nadzemnog dijela planine

$p$  - tlak planine na površinu

$F_g$  - težina planine

$A$  - površina baze planine

$\rho_{mat}$  - gustoća materijala od kojeg je izgrađena planina

$V_p$  - obujam planine

$\sigma$  - najveći tlak za kojeg se materijal ne deformira

Vrijednost konstanti:

$$G = 6,67428 \cdot 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2} \text{ (univerzalna gravitacijska konstanta)}$$

$$\pi = 3,1415926535897932384626433832795$$

### 3 Hipoteze i cilj eksperimenta

U eksperimentalnom dijelu pokušava se provjeriti valjanost dobivenih formula pojednostavljenim modelom koji funkcionira po principu planine. Nažalost, zbog nedostatka opreme i resursa, evaluaciju modela čvrstoće nije bilo moguće napraviti. Zbog zaključaka pomoću kojih smo doveli u obzir taj model, za sad ga potvrđujemo. Sljedeći korak uključuje upotrebu tog modela u stvarnim primjerima za astronomске objekte i visine njihovih planina. Postavljaju se četiri hipoteze (koje su vezane za provjeru termodinamičkog modela i kasniju upotrebu modela na stvarnim primjerima):

1. Eksperimentom će se pokazati da se pritiskom veće mase na površinu može rastaliti veća masa materijala.

$$m_1 > m_2$$

$$Q_{T1} > Q_{T2}$$

2. Vrijednosti visine dobivene formulom bit će veće ili jednake visinama najviših uzvišenja pojedinih astronomskih objekata.

$$h_{\text{dobivena}} \geq h_{\text{stvarna}}$$

3. Apsolutna razlika između visine dobivene formulom i stvarne nalazit će se unutar 1000% od stvarne visine. Točnije, odstupanje će biti manje ili jednako deseterostrukoj visini planine.

$$\frac{|h_{\text{dobivena}} - h_{\text{stvarna}}|}{h_{\text{stvarna}}} \leq 10$$

4. Apsolutna razlika između visina dobivenih modelima piti će ispod ili jednaka 20km. ( $h_t$  - visina dobivena termodinamičkim modelom,  $h_c$  - visina dobivena modelom čvrstoće)

$$|h_t - h_c| \leq 10\text{km}$$

## 4 Eksperiment

Vrlo je zahtjevno proučavati valjanost termodinamičkog modela na stvarnoj planini, zbog čega je potrebno taj proces pojednostaviti simulacijom. Tlak planine dovoljan je da se materijal u podnožju rastali. Pojava taljenja materijala pod visokim tlakom prisutna je i u klizanju. Klizaljke imaju jako malu dodirnu površinu s ledom zbog čega je tlak kojim klizač tlači na površinu mnogo veći nego da stoji u običnoj obući. Tako dolazi do taljenja leda i stvaranja tankog sloja vode na površini koji klizačima omogućava gibanje. Ovaj eksperiment prikaz je te pojave.

Pribor i postava:

- Plitka posuda za prikupljanje rastaljenog leda
- Dvije britve skalpela
- Dvije hvataljke
- Magnet
- Dva utega od 1kg
- Laboratorijska vaga
- Voda (kasnije postaje led)

Dvije britve skalpela postavljene su na plitkoj posudi. Između njih nalazi se magnet u obliku valjka kako bi bile britve stabilne i kako se ne bi odvajale jedna od druge za vrijeme trajanja eksperimenta. Magnet u ovom eksperimentu nije bio dovoljno snažan da drži britve zajedno zbog čega su se one morale dodatno učvrstiti hvataljkama s obje strane.

Posuda s britvama se stavlja u hladnjak zajedno s dva utega utezima i vodom na temperaturu  $0^{\circ}\text{C}$  ( $273\text{ K}$ ) kako bi se sav pribor smanjio na istu temperaturu. Razlika između temperatura mora biti što manja kako bi se minimizirala izmjena topline. Osim toga, voda treba preći u čvrsto stanje.

Nakon što je prošlo dovoljno vremena i temperature su se međusobno izjednačile, led se stavlja na britve i na njega se polaže utezi. Ako je termodinamički model ispravan, dio mase leda rastalit će se isključivo zbog gravitacijske potencijalne energije utega i tlaka na jako malu površinu.

Taljenje se svakih sat vremena zaustavlja kako bi se laboratorijskom vagom izmjerila masa rastaljenog leda (vode). Trajanje eksperimenta je četiri sata sa četiri mjerena. Ponavlja se dva puta. Prvi put na led tlači jedan uteg, a drugi put na led tlače dva utega.



*Slika 4. Svi dijelovi*



*Slika 5. Eksperiment sa teretom od 1kg*



*Slika 6. Eksperiment sa teretom od 2kg*

## 5 Rezultati eksperimenta

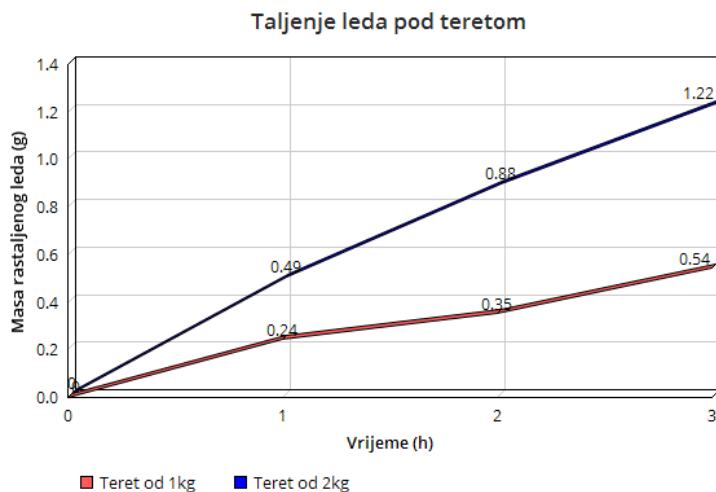
U eksperimentu su dobiveni ovakvi rezultati za promjenu mase leda kad je na led tlačio uteg od mase 1kg:

Proteklo vrijeme (h)	Masa rastaljenog materijala (g)
1	0,24
2	0,35
3	0,54

U eksperimentu su dobiveni ovakvi rezultati za promjenu mase leda kad je na led tlačio uteg od mase 2kg:

Proteklo vrijeme (h)	Masa rastaljenog materijala (g)
1	0,49
2	0,88
3	1,22

Rezultate eksperimenta možemo prikazati i grafički pomoću linijskog dijagrama s dvije linije:



## 6 Primjena modela

Nakon što smo utvrdili da su teoretski modeli točni, možemo ih primijeniti za računanje maksimalne visine planina na nebeskim tijelima. Prije toga moramo odrediti vrijednosti svih parametara za materijal od kojih je planina izgrađena i određeni astronomski objekt na kojem se planina nalazi (gustoće planeta i materijala, radijus planeta, specifičnu toplinu taljenja i tlačnu čvrstoću materijala):

Astronomski objekt	Gustoća planeta (kg / m <sup>3</sup> )	Radijus (m)	Gradivni materijal kore (u većini)	Gustoća materijala (kg / m <sup>3</sup> )	Specifična toplina taljenja (J / kg)	Tlačna čvrstoća (Pa)
Merkur	5427	2439000	Granit	2750	200000	175000000
Venera	5243	6052000	Granit	2750	200000	175000000
Zemlja	5514	6378000	Granit	2750	200000	175000000
Mjesec	3340	1738000	Bazalt	2750	225000	200000000
Mars	3933	3393500	Bazalt	2750	225000	200000000
Vesta	3460	277500	Diogenit	3260	60500	65000000
Ceres	2090	512500	Led	1000	334000	5000000
Io	3530	1815000	Granit	2750	200000	175000000
Mimas	1150	196000	Led	1000	334000	5000000
Dione	1480	5060000	Led	1000	334000	5000000
Titan	1850	2575000	Led	1000	334000	5000000
Iapetus	1090	730000	Led	1000	334000	5000000
Oberon	1560	775000	Led	1000	334000	5000000
Pluton	1860	1150000	Led	1000	334000	5000000
Charon	1700	500000	Led	1000	334000	5000000

Vrijednosti parametra potrebno je uvrstiti u formule za termodinamički model i model čvrstoće nakon čega dobivamo rezultate. Postotak greške u rezultatima računa se pomoću sljedeće formule ( u kojoj  $h_{\text{dobivena}}$  predstavlja vrijednost dobivenu prema modelu):

$$p\% = \frac{|h_{\text{dobivena}} - h_{\text{stvarna}}|}{h_{\text{stvarna}}}$$

Model čvrstoće za planet Zemlju uvjetuje da je najveća ukupna visina uzvisine 19,42 km. Pošto znamo da je visina Mount Everesta oko 8,6 km iznad površine mora, možemo utvrditi koliko iznosi koeficijent za visinu nadzemnog dijela planine:

$$\chi = \frac{8,6\text{km}}{19,42\text{km}} \approx \frac{4}{9}$$

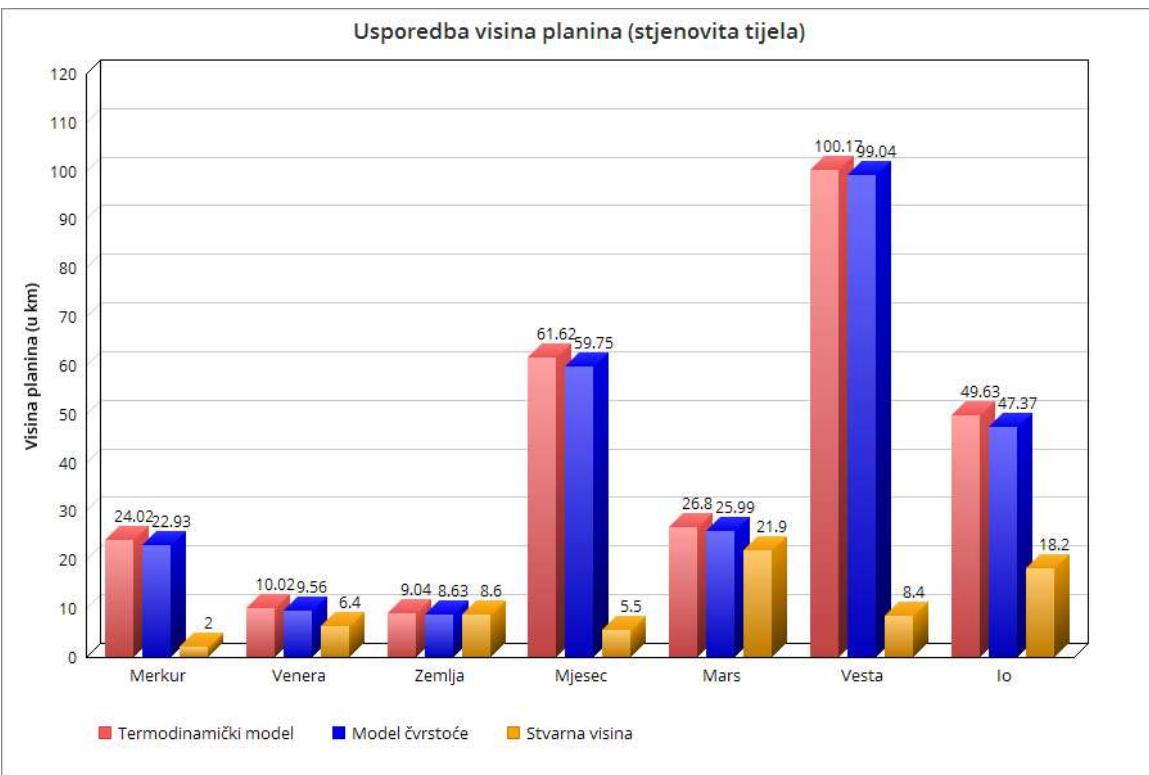
Uz pomoć dobivene vrijednosti za koeficijent, možemo izračunati nadzemnu visinu planine za sva promatrana nebeska tijela, kojih je ukupno petnaest. Za svakog od njih poznajemo stvarnu visinu najviše planine:

Astronomski objekt	Najviša uzvisina	Visina najviše uzvisine (km)	Termodinamički model (km)	Postotak pogreške
Merkur	Caloris Montes	2	24,02	1101%
Venera	Skadi Mons	6,4	10,02	57%
Zemlja	Mount Everest	8,6	9,04	5%
Mjesec	Mons Huygens	5,5	61,62	1020%
Mars	Olympus Mons	21,9	26,80	22%
Vesta	Rheasilvia	8,4	100,17	1093%
Ceres	Ahuna Mons	4	495,71	12293%
Io	Boösaule Montes (Jug)	18,2	49,63	173%
Mimas	Herschel središnji vrh	7	2355,68	33553%
Dione	Janiculum Dorsa	1,5	70,90	4627%
Titan	Mithrim Montes	3,3	111,46	3278%
Iapetus	Ekvatorijalni rasjed	20	667,30	3237%
Oberon	Neimenovan	11	439,18	3893%
Pluton	Tenzing Montes	6,2	248,23	3904%
Charon	Butler Mons	4,5	624,67	13782%

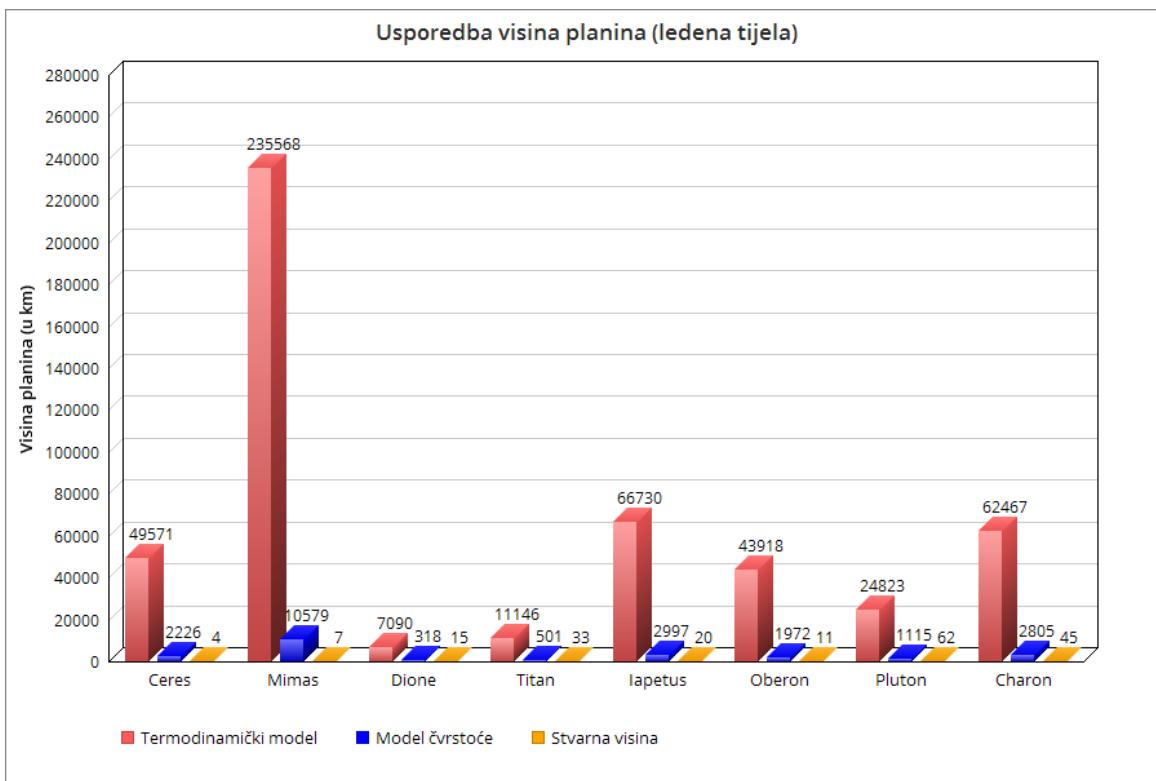
Astronomski objekt	Najviša uzvisina	Visina najviše uzvisine (km)	Model čvrstoće (km)	Postotak pogreške
Merkur	Caloris Montes	2	22,93	1046%
Venera	Skadi Mons	6,4	9,56	49%
Zemlja	Mount Everest	8,6	8,63	0%
Mjesec	Mons Huygens	5,5	59,75	986%
Mars	Olympus Mons	21,9	25,99	19%
Vesta	Rheasilvia	8,4	99,04	1079%
Ceres	Ahuna Mons	4	22,26	457%
Io	Boësaule Montes (Jug)	18,2	47,37	160%
Mimas	Herschel središnji vrh	7	105,79	1411%
Dione	Janiculum Dorsa	1,5	3,18	112%
Titan	Mithrim Montes	3,3	5,01	52%
Iapetus	Ekvatorijalni rasjed	20	29,97	50%
Oberon	Neimenovan	11	19,72	79%
Pluton	Tenzing Montes	6,2	11,15	80%
Charon	Butler Mons	4,5	28,05	523%

Prema vrijednostima u tablici razlikujemo dvije vrste rezultata: nebeska tijela kod kojih oba modela daju bliske vrijednosti i nebeska tijela kod kojih se vrijednosti uveliko razlikuju. Ako pogledamo kakva su svojstva tijela kod kojih se vrijednosti razlikuju, vidjet ćemo da je kod svih kora izgrađena većinom od leda. Zaključujemo da na tim tijelima pod utjecajem visokog tlaka brže dolazi do pucanja nego do taljenja leda zbog čega je uvijek visina dobivena modelom čvrstoće mnogo niža i mnogo bliža stvarnoj visini najvišeg uzvišenja od visine dobivene termodinamičkim modelom.

Rezultati se mogu prikazati grafički. Zbog bolje preglednosti podataka, podijeljeni su u dva grafa. Prvi pokazuje vrijednosti za stjenovita nebeska tijela, a drugi pokazuje rezultate za nebeska tijela kojima je kora izgrađena od leda.



*Graf 1. Usporedba visina planina (stjenovita tijela)*



*Graf 2. Usporedba visina planina (ledena tijela)*

## 7 Zaključak

Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da je model čvrstoće mnogo bolji za predviđanje maksimalne visine na nebeskom tijelu od termodinamičkog modela. Kod stjenovitih tijela pojavljuju se vrlo male razlike između rezultata za termodinamički model i model čvrstoće. Kod tijela kojima je kora izgrađena od leda velika je razlika između rezultata zbog velike vrijednosti specifične latentne topline taljenja leda.

Evaluacija hipoteza:

1. Hipoteza je potvrđena. U svakom vremenskom intervalu masa otopljenog leda bila je veća u eksperimentu s teretom od 2 kg nego u onom s teretom od 1 kg.
2. Hipoteza je potvrđena jer je u svakom slučaju visina dobivena formulom veća ili jednaka stvarnoj najvišoj visini planine na nekom nebeskom tijelu.
3. Hipoteza je točna u određenim slučajevima. Ako se radi o stjenovitom nebeskom tijelu, odstupanje za oba modela je u većini slučajeva manje od deseterostrukе visine planine. Jedini izuzetci u ovom eksperimentu su vrijednosti dobivene za Merkur, Vestu i Mjesec kojima su odstupanja veća od deseterostrukе visine najviše planine. Ako se radi o nebeskom tijelu čija je kora izgrađena od leda, hipoteza je za većinu slučajeva zadovoljena ako gledamo model čvrstoće jer su rezultati za Mimas jedini koji odstupaju. Gledamo li termodinamički model, hipoteza je netočna jer je raspon odstupanja je od 3237% do 33553%.
4. Hipoteza je točna u određenim slučajevima. Ako se radi o stjenovitom tijelu, apsolutna razlika između dobivenih visina bit će uvijek manja od 10 km. Ako promatramo tijelo kojemu je kora građena od leda, apsolutna razlika uvijek će biti veća od 10 km.

## Literatura

- [1.] <http://www.hps.hr/planinarstvo/osnove-planinarstva/o-planinama/>
- [2.] <https://geek.hr/e-kako/znanost/kako-nastaju-planine/>
- [3.] <http://fakulteti.edukacija.rs/zanimljivosti/kako-nastaju-planine>
- [4.] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=48589>
- [5.] <https://www.universetoday.com/29833/how-mountains-are-formed/>
- [6.] <https://prezi.com/dccwcsgdbqvk/postanak-i-poznavanje-planina/>
- [7.] [https://www.reddit.com/r/explainlikeimfive/comments/3dmseo/eli5\\_how\\_are\\_mountains\\_and\\_canyons\\_formed\\_on/](https://www.reddit.com/r/explainlikeimfive/comments/3dmseo/eli5_how_are_mountains_and_canyons_formed_on/)
- [8.] <https://earthsky.org/space/mars-mountains-mounds-formation-wind-climate-change>
- [9.] [https://www.reddit.com/r/askscience/comments/240o0h/if\\_earths\\_mountains\\_are\\_formed\\_by\\_shifting/](https://www.reddit.com/r/askscience/comments/240o0h/if_earths_mountains_are_formed_by_shifting/)
- [10.] <https://www.deccanchronicle.com/science/science/310818/nasa-mission-to-find-how-giant-mars-mountains-formed.html>
- [11.] [http://www.hk-phy.org/articles/mount\\_high/mount\\_high\\_e.html](http://www.hk-phy.org/articles/mount_high/mount_high_e.html)
- [12.] <http://www-old.ias.ac.in/jarch/jaa/2/165-169.pdf>
- [13.] <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/pdf/10.1680/geot.1962.12.4.251>
- [14.] <https://www.wired.com/2011/07/does-the-slope-of-a-pyramid-really-matter/>

- [15.] [https://mountainscholar.org/bitstream/handle/11124/170000/Jacobs\\_mines\\_0052N\\_10901.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://mountainscholar.org/bitstream/handle/11124/170000/Jacobs_mines_0052N_10901.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [16.] [https://books.google.hr/books?id=-i-6ssRi8okC&pg=PA28&lpg=PA28&dq=height+of+mountains+yield+strength&source=bl&ots=AqqWSvi-Sm&sig=SMe\\_OGpSkrILfABHU154VZS7pl8&hl=hr&sa=X&ved=2ahUKEwiutu6JvaXfAhVNkMMKHWwJDQoQ6AEwAноECAIQAQ#v=onepage&q=height%20of%20mountains%20yield%20strength&f=false](https://books.google.hr/books?id=-i-6ssRi8okC&pg=PA28&lpg=PA28&dq=height+of+mountains+yield+strength&source=bl&ots=AqqWSvi-Sm&sig=SMe_OGpSkrILfABHU154VZS7pl8&hl=hr&sa=X&ved=2ahUKEwiutu6JvaXfAhVNkMMKHWwJDQoQ6AEwAноECAIQAQ#v=onepage&q=height%20of%20mountains%20yield%20strength&f=false)
- [17.] <https://talkingphysics.wordpress.com/2011/09/08/how-high-can-mountains-be/>
- [18.] [https://www.engineeringtoolbox.com/compression-tension-strength-d\\_1352.html](https://www.engineeringtoolbox.com/compression-tension-strength-d_1352.html)
- [19.] [https://www.engineeringtoolbox.com/latent-heat-melting-solids-d\\_96.html](https://www.engineeringtoolbox.com/latent-heat-melting-solids-d_96.html)
- [20.] <https://www.jsg.utexas.edu/tyzhu/files/Some-Useful-Numbers.pdf>
- [21.] <https://www.space.com/20133-olympus-mons-giant-mountain-of-mars.html>
- [22.] <https://medium.com/moon-minute-monday-m3/mountain-in-a-crater-tycho-204120d1956a>
- [23.] <https://www.quora.com/Are-there-really-mountains-on-the-moon>
- [24.] [https://www.reddit.com/r/space/comments/9b0fkv/how\\_did\\_mars\\_get\\_such\\_enormous\\_mountains\\_like\\_any/](https://www.reddit.com/r/space/comments/9b0fkv/how_did_mars_get_such_enormous_mountains_like_any/)
- [25.] <https://sciencing.com/how-does-gravity-cause-erosion-13710457.html>
- [26.] <https://www.corrosionpedia.com/definition/1620/compressive-strength-material-science>
- [27.] [https://www.engineeringtoolbox.com/density-solids-d\\_1265.html](https://www.engineeringtoolbox.com/density-solids-d_1265.html)
- [28.] <https://www.britannica.com/place/Mercury-planet/Surface-composition>
- [29.] <https://www.britannica.com/place/Venus-planet/Surface-composition>
- [30.] <https://www.nuclear-power.net/silicon-specific-heat-latent-heat-vaporization-fusion/>
- [31.] [https://www\\_azom\\_com/properties.aspx?ArticleID=1114](https://www_azom_com/properties.aspx?ArticleID=1114)
- [32.] [http://www.pas.rochester.edu/~blackman/ast104/moon\\_surface.html](http://www.pas.rochester.edu/~blackman/ast104/moon_surface.html)
- [33.] [file:///C:/Users/Andrej/Downloads/ThemalStorageAndTransportPropertiesOfRocks\\_I\\_preprint\\_corrected2014.pdf](file:///C:/Users/Andrej/Downloads/ThemalStorageAndTransportPropertiesOfRocks_I_preprint_corrected2014.pdf)
- [34.] <https://www.space.com/16895-what-is-mars-made-of.html>
- [35.] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/maps.12830>
- [36.] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/maps.12324>
- [37.] <https://solarsystem.nasa.gov/planets/dwarf-planets/ceres/in-depth/>
- [38.] <https://chemistry.tutorvista.com/physical-chemistry/latent-heat-of-ice.html>
- [39.] <https://solarsystem.nasa.gov/moons/jupiter-moons/io/in-depth/>
- [40.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/001910358890084X>
- [41.] <http://solarviews.com/eng/dione.htm>
- [42.] <https://phys.org/news/2015-11-saturn-moon-dione.html>
- [43.] <https://www.space.com/20727-iapetus-moon.html>
- [44.] <https://www.universetoday.com/55518/oberon/>
- [45.] <https://www.space.com/18562-what-is-pluto-made-of.html>
- [46.] <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/plutofact.html>
- [47.] <https://www.space.com/32032-charon.html>
- [48.] <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>

- [49.] <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/saturniansatfact.html>
- [50.] <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/uraniansatfact.html>
- [51.] <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/plutofact.html>
- [52.] <https://www.britannica.com/place/Vesta-asteroid>
- [53.] <https://solarsystem.nasa.gov/planets/dwarf-planets/ceres/by-the-numbers/>
- [54.] <http://meteorites.wustl.edu/id/density.htm>
- [55.] [http://www.r744.com/files/pdf\\_088.pdf](http://www.r744.com/files/pdf_088.pdf)

**Slike:**

- [1.] <https://cdn.britannica.com/s:500x350/17/83817-004-C5DB59F8.jpg>
- [2.] [https://vignette.wikia.nocookie.net/the-martian/images/0/08/Olympus\\_Mons\\_3.jpg/revision/latest?cb=20170705195621](https://vignette.wikia.nocookie.net/the-martian/images/0/08/Olympus_Mons_3.jpg/revision/latest?cb=20170705195621)
- [3.] <http://images.spaceref.com/news/2018/oo26560950357.jpg>

**Problem 3. Slana tla**  
**Autor: Magdalena Žokalj**  
**Mentor: Lara Kralj**  
**1. razred, Gimnazija Josipa Slavenskog Čakovec, Čakovec, Hrvatska**

## 1 Uvod

Odabran je problem 3. "Slana tla" koji glasi: "Slanost tla može utjecati na rast biljaka. Kako soli utječu na rast i razvoj biljaka?".

U ovom će radu istražiti djelovanje različitih soli različitih bioloških djelovanja na istu vrstu biljke (grah) te usporediti visinu biljaka, izgled listova i stabljike.

## 2 Teorijska razrada

### 2.1 Hranidbeni elementi

Hranidbeni elementi su kemijski elementi koji su potrebni za normalan razvoj biljke. "Hranidbeni makroelementi, koji su potrebni u većim količinama, su: C, O, H, N, S, P, K, Ca, Mg te Fe. Hranidbeni elementi bezuvjetno potrebni u manjim količinama su: Mn, B, Zn, Cu, Mo i Cl. Elementi koji su potrebi samo nekim višim biljkama u tragovima su: Na, Se, Co, Si." (Deffner i Ziegler, 1991)

"Hranidbeni elementi moraju biti dobavljeni u ionskom obliku. C, O i N prima u obliku plinova dok ostale elemente prima preko hranidbenih otopina." (Deffner i Ziegler, 1991) Hranidbene otopine najčešće sadrže soli kao što su  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  te  $\text{KI}$ . Najčešće su 0,02%-tne.

### 2.2 Biološko djelovanje i upotreba korištenih soli

**Kuhinjska sol** je najzastupljenija sol u ljudskoj prehrani. Glavni sastojak joj je natrijev klorid.

**Morska sol** je vrlo komplikiranog kemijskog sastava u koji je uklopljena većina hranidbenih elemenata te se zato može koristiti u gnojivima kućne proizvodnje.

**Soda bikarbona ( $\text{NaHCO}_3$ )** koristi se u ljudskoj prehrani te u poljodjelstvu kao fungicid.

**Kalcijev karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )** važan je u poljodjelstvu zbog svojih svojstava koja poboljšavaju kvalitetu tla. Jeftin je pa se koristi za neutralizaciju kiselina u tlu, te je glavni sastojak vapna koje se koristi za flokulaciju zbijenog tla.

**Kalijev jodid (KI)** koristi se za jodiranje kuhinjske soli kako bi se zadovoljila ljudska potreba za jodom te je sastojak hranidbenih otopina za više biljke. U većim količinama je štetan za živi svijet.

**Kalcijev klorid ( $\text{CaCl}_2$ )** je vrlo zastupljen u prehrambenoj industriji kako regulator kiselosti, na pakovanjima se označava kao E509. Njegova upotreba u organskom uzgoju hrane strogo je zabranjena.

**Bakrov (II) sulfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )** pentahidrat je nagrizajuća tvar opasna za okoliš, ali se stavlja u hranidbene otopine jer sadrži hranidbene elemente.

**Cinkov sulfat ( $ZnSO_4$ )** se koristi u industriji gnojiva jer se sastoji od hranidbenih elemenata koji su potrebni za normalan razvoj biljke. Njegov nedostatak izaziva malolisnost.

**Kalijev nitrat ( $KNO_3$ )** se koristi u industriji gnojiva zato što sadrži hranidbene elemente K, N i O bez kojih se biljka ne može normalno razvijati.

Amonijev klorid ( $NH_4Cl$ ) je tvar bez štetnog biološkog djelovanja. Koristi se u proizvodnji gnojiva.

**Olovov (II) nitrat ( $Pb(NO_3)_2$ )** je otrovna tvar koji izaziva nekoliko različitih karcinoma kod ljudi.

**Kalijev dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ )** je otrovna, nagrizajuća, kancerogena tvar opasna po ljudsko zdravlje te je štetna za okoliš.

**Natrijev tetraborat dekahidrat ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ )**, trivijalni naziv boraks, je tvar štetna za ljudski reproduktivni sustav. Može se koristiti za proizvodnju sredstva za pranje.

### 2.3 Grah

"Grah (*Phaseolus vulgaris L.*) je biljka koja pripada porodici lepirnjača (Fabaceae). Postoje različite sorte graha koje se dijele na mahunare i zrnaše." (Benyovsky Šoštarić, 2010).

Grah je jednogodišnja biljka koja potječe iz Srednje i Južne Amerike, a uzgaja se jer ima važnu ulogu u ljudskoj prehrani kao izvor škroba i bijelančevina. Za uzgoj graha potrebna je sezona od oko 100 dana bez mraza, a najbolje uspijeva na temperaturi od oko 16 do 30°C. Na višoj temperaturi te ako je vlažnost visoka, mahune se ne razvijaju. Za rast graha potrebno je plodno, rahlo tlo koje mora biti blago kiselo.

### 2.4 Hipoteze

**Hipoteza 1.** Sjemenke tretirane kuhinjskom soli, kalcijevim karbonatom, sodom bikarbonom, kalcijevim kloridom, boraksom, cinkovim(II) sulfatom, kalijevim nitratom te amonijevim kloridom će normalno prokljati. Kalijev nitrat, amonijev klorid i cinkov(II) sulfat će pogodovati dobrom razvoju biljke dok ostale gore navedene soli neće utjecati na rast biljke. Negativan utjecaj na kljanje imat će kalijev dikromat, kalijev jodid, modra galica i olovov(II) nitrat. Biljke tretirane cinkovim(II) sulfatom će imati povećane listove.

**Hipoteza 2.** Korištene soli će imati različiti utjecaj na razvitak biljaka koje su do pojave listova zalihevane samo vodom. Kuhinjska sol, morska sol, soda bikarbona, kalcijev karbonat te kalcijev klorid neće imati značajnog utjecaja na rast i razvitak. Kalijev nitrat, amonijev klorid te cinkov(II) sulfat će pogodovati dalnjem razvitu već prokljalih biljaka. Negativan utjecaj na razvitak imat će kalijev dikromat, kalijev jodid, olovov(II) nitrat i modra galica. Biljke tretirane cinkovim(II) sulfatom će imati povećane listove.

Hipoteza 3. Soli će imati različiti utjecaj na daljni rast biljaka koje su zalihevane samo vodom do otpadanja supki. Kuhinjska sol, morska sol, soda bikarbona, kalcijev karbonat te kalcijev klorid neće imati utjecaj na rast. Kalijev nitrat, amonijev klorid i cinkov(II) sulfat će pospješiti rast biljaka. Kalijev dikromat, kalijev jodid, olovov(II) nitrat i modra galica će ometati rast biljaka. Biljke tretirane cinkovim(II) sulfatom će imati povećane listove.

### 3 Aparatura, eksperimentalne metode i mjerena

#### 3.1 Eksperimentalne metode

Cilj ovog pokusa bio je otkriti kakav utjecaj različite soli u tlu imaju na biljke. U pokusu je korišten grah (*Phaseolus vulgaris L.*).

Pokus je proveden na tri skupine biljaka. Prvu su skupinu činile biljke u fazi sjemena kako bi se ispitalo mogu li biljke uz utjecaj pojedinih soli uopće proklijati. Drugu skupinu su činile proklijale biljke koje još nemaju razvijene listove te im još uvijek nisu otpale supke kako bi se otkrio utjecaj pojedinih soli na razvoj mlade biljke koje se još uvijek ne mogu same hraniti. U trećoj skupini su bile biljke kojima su otpale supke te su razvile listove kako bi se ispitao utjecaj korištenih soli na biljke koje se mogu same hraniti.

U svakoj od tri skupine su se nalazile ukupno 52 biljke, 4 po istoj soli. Postojale su dvije kontrolne skupine, zalihevane samo destiliranom vodom. U svakoj kontrolnoj skupini su se nalazile 4 biljke.

Promatrala sam izgled listova (boja i usporedba veličine), debiljinu i boju stabljike te mjerila i uspoređivala visine biljaka. Kod prve sam skupine pratila i vrijeme potrebno za klijanje.

#### 3.2 Korištena aparatura

**Aparatura:** 41 tegla za cvijeće, 40 L zemlje za balkonsko cvijeće, 164 sjemenki običnog graha, 15 L destilirane vode, 13 staklenki s čepom, laboratorijska čaša od 100 mL, medicinska štrcaljka od 10 mL, kuhinjska digitalna vaga, mala plastična posuda, plastična žličica, kuhinjska menzura, mjerna vrpca, plastično ravnalo, 28 mg kuhinjske soli, 28 mg prirodne morske soli, 28 mg sode bikarbonate, 28 mg kalijeva jodida, 28 mg kalcijeva karbonata, 28 mg modre galice, 28 mg cinkova (II) sulfata, 28 mg kalcijeva klorida, 28 mg kalijeva nitrata, 28 mg olovova (II) nitrata, 28 mg boraksa, 28 mg kalijeva dikromata

#### 3.3 Opis pokusa

Pripremila sam 1%-tne otopine soli. U 700 mL destilirane vode sam otopila 7 g soli. 41 teglu za cvijeće sam napunila sa zemljom za cvijeće. U svaku teglu sam posijala četiri sjemenke

graha. Sve biljke sam držala na četiri prozora koji su u prostorijama grijanim na 21°C te su okrenuti na istočnu stranu.

Biljke prve skupine sam odmah počela zalijevati s otopinama soli. Zalijevala sam ih svaki treći dan sa 100 mL otopine.

Biljke druge i treće skupine sam zalijevala vodovodnom vodom sve dok nisu došle u razvojni stadij potreban za pokus. Također sam ih zalijevala sa 100 mL otopine svaki treći dan. Visine biljaka prve skupine sam počela mjeriti tri tjedna nakon sijanja kad je većina biljaka niknula te ih ponovo mjerila svakih tjedan dana iduća dva tjedna. Biljke druge i treće skupine sam izmjerila prije početka zalijevanja otopinama te sam visine ponovno mjerila svakih tjedan dana dva tjedna.

Usporedno s mjeranjem visine, uspoređivala sam izgled listova i stabljika uzgojenih biljaka. Zemlju koja je bila zalijevana vodenim otopinama olova(II) nitrata, boraksa i kalijevim dikromatom sam zbrinula u opasni otpad.



Slika 1. Vaganje soli za pripremu otopine soli



Slika 2. Priprema otopine soli



Slika 3. Sijanje graha



Slika 4. Zalijevanje biljaka otopinama soli

## 4 Rezultati

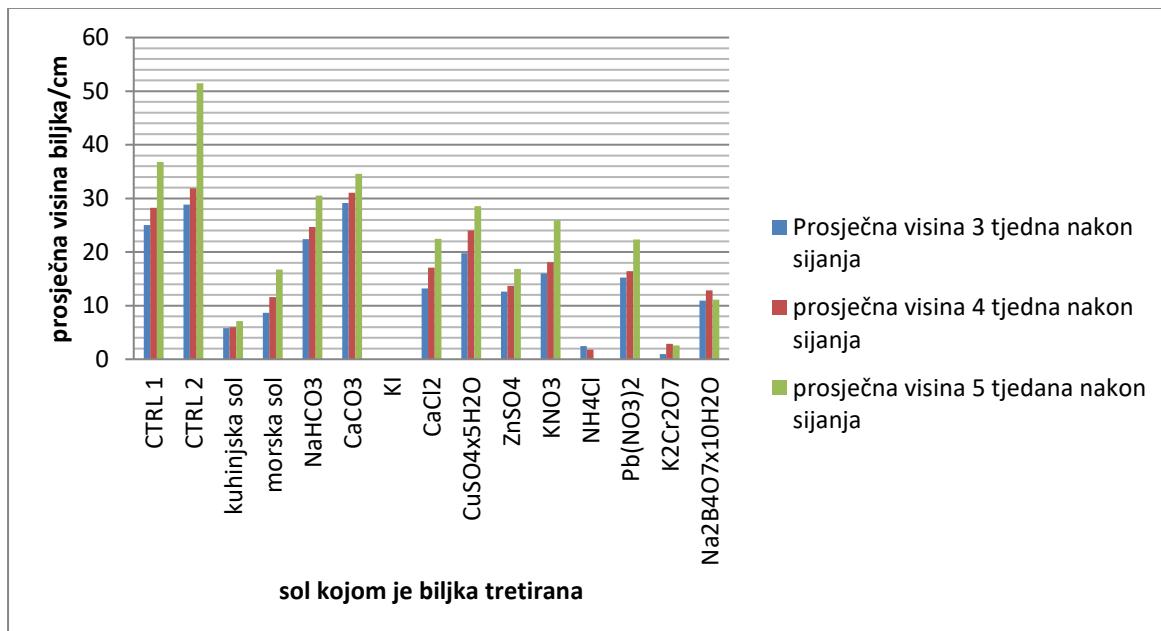
### 4.1 Rezultati prve skupine

Tabela 1: Odnos datuma sijanja i niknuća biljka tretiranih različitim solima

Sol kojom je biljka tretirana	Datum sijanja				Datum niknuća			
	1	2	3	4	1	2	3	4
CTRL 1	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	8.11. 2018.	7.11. 2018.	9.11. 2018.	8.11. 2018.
CTRL 2	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	6.11. 2018.	6.11. 2018.	6.11. 2018.	7.11. 2018.
kuhinjska sol	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	22.11. 2018.	10.11. 2018.	22.11. 2018.	10.11. 2018.
morska sol	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	12.11. 2018.	8.11. 2018.	22.11. 2018.	14.11. 2018.
NaHCO <sub>3</sub>	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	9.11. 2018.	10.11. 2018.	7.11. 2018.	9.11. 2018.
CaCO <sub>3</sub>	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	8.11. 2018.	8.11. 2018.	6.11. 2018.	6.11. 2018.
KI	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	-	-	-	-
CaCl <sub>2</sub>	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	10.11. 2018.	7.11. 2018.	11.11. 2018.	11.11. 2018.
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	6.11. 2018.	10.11. 2018.	9.11. 2018.	6.11. 2018.
ZnSO <sub>4</sub>	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	9.11. 2018.	7.11. 2018.	8.11. 2018.	10.11. 2018.
KNO <sub>3</sub>	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	8.11. 2018.	6.11. 2018.	11.11. 2018.	8.11. 2018.
NH <sub>4</sub> Cl	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	-	16.11. 2018.	15.11. 2018.	-
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	1.11. 2018.	9.11. 2018.	9.11. 2018.	9.11. 2018.	7.11. 2018.
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	3.11. 2018.	3.11. 2018.	3.11. 2018.	3.11. 2018.	22.11. 2018.	18.11. 2018.	18.11. 2018.	22.11. 2018.
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	3.11. 2018.	3.11. 2018.	3.11. 2018.	3.11. 2018.	9.11. 2018.	10.11. 2018.	12.11. 2018.	24.11. 2018.

Najprije su proklijale biljke kontrolne skupine koje su bile zalijevane samo destiliranom vodom. Sljedeće su proklijale biljke zalijevane vodenom otopinom kalcijeva karbonata. Posljednje su nikle biljke tretirane kalijevim dikromatom. Dvije od četiri posijane sjemenke

tretirane amonijevim kloridom nisu proklijale. Nijedna sjemenka tretirana kalijevim jodidom nije proklijala.



**Grafikon 1:** Odnos visina biljka prve skupine (biljke tretirane solima od kljanja i tijekom rasta i razvitka Biljke kontrolne skupine su najviše narašle.

Od biljaka tretiranih različitim solima najviše su narašle biljke zalijevane vodenom otopinom kalcijeva karbonata, a najmanje su narašle biljke tretirane amonijevim kloridom te kalijevim dikromatom.



Slika 5. Prva kontrolna skupina nakon tjedan dana sijanja



Slika 6. Prva kontrolna skupina 3 tjedna nakon sijanja



Slika 7. Prva kontrolna skupina 5 tjedana nakon sijanja



Slika 8. Druga kontrolna skupina  
nakon tjedan dana od sijanja



Slika 9. Druga kontrolna skupina 3  
tjedana nakon sijanja



Slika 10. Druga kontrolna skupina 5  
tjedana nakon sijanja

Uspoređujući listove biljaka kontrolnih skupina s listovima ostalih biljaka primjetila sam da su srednje veličine i ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su bile uspravne i svjetlo zelene boje.



Slika 11. Biljke tretiranje kuhinjskom  
soli tje dan nakon sijanja



Slika 12. Biljke tretiranje kuhinjskom  
soli 3 tjedna nakon sijanja



Slika 13. Biljke tretiranje kuhinjskom  
soli 5 tjedana nakon sijanja

Primjetila sam da su listovi biljaka tretiranih kuhinjskom soli prema listovima biljaka tretiranih ostalim solima maleni te ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su bile uspravne te svjetlozelene boje. Sporije su se razvijale od kontrolnih skupina te biljaka tretiranih ostalim solima koje su se normalno razvijale, čime očekivanje da kuhinjska sol neće imati utjecaj na razvitak biljke nije ispunjeno. Prepostavljam da je do tog fenomena došlo zbog kalijevog jodida, koji može imati negativan utjecaj na žive organizme, a njime se jodira kuhinjska sol kako bi se zadovoljile ljudske potrebe za jodom.



Slika 14. Biljke tretirane morskom soli tje dan nakon sijanja



Slika 15. Biljke tretirane morskom soli 3 tjedna nakon sijanja



Slika 16. Biljke tretirane morskom soli 5 tjedana nakon sijanja

U usporedbi s listovima kontrolnih skupina te listovima biljaka tretiranih ostalim solima, listovi biljaka tretiranih morskom soli su srednje veličine te ravnomjerno zelene boje. Stabljike su bile uspravne i svijetlozelene boje. Iako su biljke imale organe prihvatljivog izgleda, bile su niže od većine biljaka tretiranih ostalim solima te kontrolnih skupina. Prepostavljam da je do te pojave došlo zato što su biljke tretirane morskom soli kasnije niknule od kontrolnih skupina te većine biljaka tretiranih ostalim solima. Hipoteza da morska sol nema utjecaja na rast biljke je prihvaćena, ali je hipoteza da morska sol nema utjecaja na klijanje biljke je odbačena. Prepostavljam da je to te pojave došlo zato što je morska sol absorbirala vodu pa je sjemenkama trebalo više vremena da dovoljno nabubre da bi mogle proklijati.



Slika 17. Biljke tretirane s  $\text{NaHCO}_3$  tje dan nakon sijanja



Slika 18. Biljke tretirane s  $\text{NaHCO}_3$  3 tjedna nakon sijanja



Slika 19. Biljke tretirane s  $\text{NaHCO}_3$  5 tjedana nakon sijanja

Uspoređujući listove biljaka tretiranih sodom bikarbonom s listovima biljaka tretiranih drugim solima te kontrolnih skupina, uočila sam da su srednje veličine te ravnomjerno zelene boje. Stabljike su bile uspravne te svijetlozelene boje. Iako su nikle u isto vrijeme kao i kontrolne skupine, pri prvom su mjerenu bile niže od njih, ali daljnja mjerena su pokazala da su rasle jednakom brzinom. Prepostavljam da su u početku sporije rasle zbog bazičnosti tla koju je prouzročila soda bikarbona, a u literaturi je pronađen podatak da grahu više odgovaraju blago kisela tla. Prepostavka da soda bikarbona nema utjecaja na klijanje biljke je potvrđena, dok prepostavka da nema utjecaja na rast biljke nije potvrđena.



Slika 20. Biljke tretirane s  $\text{CaCO}_3$  tjedan dana nakon sijanja



Slika 21. Biljke tretirane s  $\text{CaCO}_3$  3 tjedna nakon sijanja



Slika 22. Biljke tretirane s  $\text{CaCO}_3$  5 tjedana nakon sijanja

Promatrajući listove biljaka tretiranih s kalcijevim karbonatom te listova biljaka tretiranih s ostalim solima i kontrolnih skupina, listovi biljaka tretiranih s kalcijevim karbonatom su srednje veličine te ravnomjerno zelene boje. Stabljike su bile svjetlo zelene i uspravne. Prepostavke da kalcijev karbonat nema utjecaja na klijanje i razvitak biljke su potvrđene.



Slika 23. Biljke tretirane s KI tjedan dana nakon sijanja



Slika 24. Biljke tretirane s KI 3 tjedna nakon sijanja



Slika 25. Biljke tretirane s KI 5 tjedana nakon sijanja

Sjemenke tretirane kalijevim jodidom nisu proklijale. Očekivanje je da će kalijev jodid imati negativan utjecaj na klijanje biljke je ispunjeno.



Slika 26. Biljke tretirane s  $\text{CaCl}_2$  tjedan dana nakon sijanja



Slika 27. Biljke tretirane s  $\text{CaCl}_2$  3 tjedna nakon sijanja



Slika 28. Biljke tretirane s  $\text{CaCl}_2$  5 tjedana nakon sijanja

Listovi biljaka tretiranih kalcijevim kloridom su prema listovima biljaka tretiranih ostalim solima i kontrolnih skupina mali i ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su bile uspravne i svjetlozelene boje. Iako su prokljale u isto vrijeme kad i kontrolne skupine, bile su znatno niže od njih. Pretpostavka da kalcijev klorid ne utječe na rast biljke je djelomično točna. Biljke su razvile listove i stabljiku kao kontrolne skupine, ali su biljke malene.



Slika 29. Biljke tretirane s  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  tjeđan dana nakon sijanja



Slika 30. Biljke tretirane s  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  3 tjedna nakon sijanja



Slika 31. Biljke tretirane s  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  5 tjedana nakon sijanja

Uspoređujući listove biljka tretiranih s modrom galicom s listovima biljaka tretiranih s ostalim solima, srednje su veličine i ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su bile uspravne i svjetlozelene boje. Pretpostavka da će modra galica u korištenoj koncentraciji imati negativan utjecaj na klijanje biljke se je pokazala netočnom. Biljke tretirane modrom galicom su zapravo bile identične kontrolnim skupinama. Pretpostavljam da u korištenoj količini nije štetna za biljke, već im godi zato što sadrži hranidbene elemente.



Slika 32. Biljke tretirane s  $\text{ZnSO}_4$  tjeđan dana nakon sijanja



Slika 33. Biljke tretirane s  $\text{ZnSO}_4$  3 tjedna nakon sijanja



Slika 34. Biljke tretirane s  $\text{ZnSO}_4$  5 tjedana nakon sijanja

Prema listovima kontrolnih skupina i biljaka tretiranih ostalim solima, listovi biljaka tretiranih cinkovim(II) sulfatom su veliki i ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su bile uspravne i svjetlozelene boje te deblje od stabljika kontrolnih skupina. Pretpostavka da će listovi biti povećani je točna. Očekivanje da cinkov(II) sulfat neće imati utjecaja na klijanje je ispunjeno dok je očekivanje da će goditi razvitku biljke djelomično ispunjeno. Iako su biljke bile znatno niže od kontrolnih skupina, imale su razvijene čvrste i krupne organe.



Slika 35. Biljke tretirane s  $\text{KNO}_3$   
tjedan dana nakon sijanja



Slika 36. Biljke tretirane s  $\text{KNO}_3$  3  
tjedna nakon sijanja



Slika 37. Biljke tretirane s  $\text{KNO}_3$  5  
tjedana nakon sijanja

Uspoređujući listove biljaka tretiranih kalijevim nitratom s biljkama tretiranim ostalim solima te kontrolnim skupinama, listovi biljaka tretiranih s kalijevim nitratom su iznimno veliki te ravnomjerno zelene boje. Stabljične su svijetlozelene boje, uspravne te deblje od stabljičnih biljaka kontrolne skupine. Pretpostavka da kalijev nitrat nema utjecaja na klijanje biljke je točna, dok je pretpostavka da godi rastu biljke djelomično točna zato što iako su biljke bile niske prema kontrolnim skupinama, imale su razvijene čvrste i krupne organe.



Slika 38. Biljke tretirane s  $\text{NH}_4\text{Cl}$   
tjedan dana nakon sijanja



Slika 39. Biljke tretirane s  $\text{NH}_4\text{Cl}$  3  
tjedna nakon sijanja



Slika 40. Biljke tretirane s  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5  
tjedana nakon sijanja

Samo su dvije od četiriju biljaka tretiranih amonijevim kloridom niknule. Biljkama koje su niknule se nisu razvili listovi te su dva dana nakon niknuća uvenule. Očekivanje da će biljke tretirane amonijevim kloridom normalno proklijati nije ispunjeno. Očekivanje da će amonijev klorid goditi razvitku biljaka je se također pokazalo krivim. Zapravo je se pokazalo suprotno. Dvije od četiri posijane sjemenke nisu proklijale, dok su one koje su proklijale tjedan dana kasnije od kontrolnih skupina te su biljke uvenule prije razvijanja listova. Pretpostavljam da je do ovih rezultata došlo zato što je amonijev klorid apsorbirao vodu.



Slika 41. Biljke tretirane s  $Pb(NO_3)_2$   
tjedan dana nakon sijanja



Slika 42. Biljke tretirane s  $Pb(NO_3)_2$  3  
tjedna nakon sijanja



Slika 43. Biljke tretirane s  $Pb(NO_3)_2$  5  
tjedana nakon sijanja

Prema listovima biljaka tretiranih ostalim solima te kontrolnih skupina, listovi biljaka tretiranih olovovim(II) nitratom su bili veliki i uglavnom zeleni, žuti na nekim mjestima (Slika 52). Stabljike su bile svijetlozelene i uspravne. Očekivanje da će olovov(II) nitrat imati negativan utjecaj na klijanje se je djelomično ispunilo. Biljkama su se razvili čvrsti i otporni organi, ali se je na nekim listovima pojavila kloroza (Slika 52).



Slika 44. Biljke tretirane s  $K_2Cr_2O_7$   
tjedan dana nakon sijanja



Slika 45. Biljke tretirane s  $K_2Cr_2O_7$  3  
tjedna nakon sijanja



Slika 46. Biljke tretirane s  $K_2Cr_2O_7$  5  
tjedana nakon sijanja

Biljke tretirane kalijevim dikromatom nisu razvile listove. Stabljike su im bile smeđe boje i zavinute. Pretpostavka da kalijev dikromat ima negativan utjecaj na klijanje biljke je se pokazala djelomično točnom. Sve četiri posijane sjemenke su proklijale, ali tek tri tjedna nakon većine. Biljke su uvenule ubrzo nakon što su proklijale i uopće nisu razvile listove. Također sam primijetila da je kalijev dikromat lupine sjemenki, koje su bile krem boje, obojio u tamnosmeđe (slika 51).



Slika 47. Biljke tretirane s  
 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$  tjedan dana nakon  
sijanja



Slika 48. Biljke tretirane s  
 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$  3 tjedna nakon  
sijanja



Slika 49. Biljke tretirane s  
 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$  5 tjedana nakon  
sijanja

Listovi biljaka su u usporedbi s listovima biljaka tretiranih s drugim solima i kontrolnih skupina bili mali te su bili zeleni i prošarani svjetlozelenim točkama. Stabljike su im bile svjetlozelene i uspravne. Prepostavka da boraks nema utjecaja na kljanje biljke je točna, dok je prepostavka da nema utjecaja na rast i razvitak biljke netočna. Kod biljaka koje su njime bile tretirane uzrokovao je malolisnost te mjestimičnu klorozu.

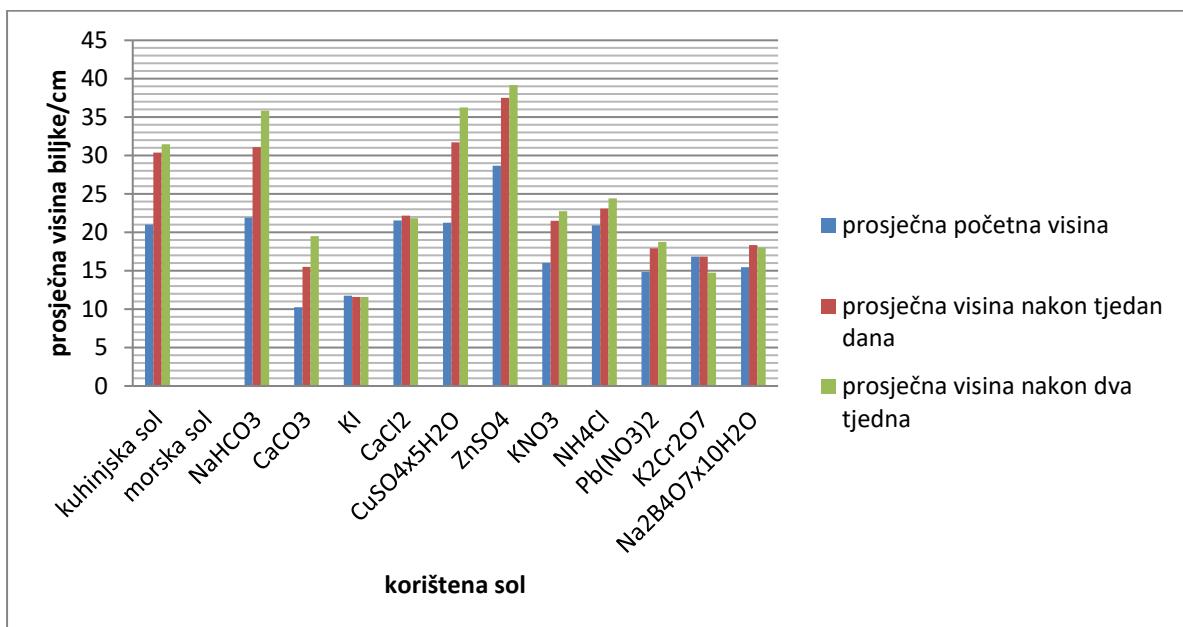


Slika 50. Promjena boje lupine sjemenke koja je bila  
tretirana s  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$



Slika 51. Promjena boje lista kod biljke koja je bila  
tretirana s  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

## 4.2 Rezultati druge skupine



Grafikon 2: Odnos visina biljka druge skupine

Iz grafikona iznad je vidljivo da je najveća razlika između prosječne početne visine te prosječne visine nakon 2 tjedna prisutna kod biljaka koje su bile tretirane sa sodom bikarbonom te modrom galicom. Početna visina biljaka tretiranih solju je 0 cm, vjerojatno zbog bolesti posijanih sjemena, te kasnije tijekom eksperimenta te biljke uopće nisu niknule.



Slika 52. Biljke tretirane kuhinjskom soli nakon 1 tjedna tretmana



Slika 53. Biljke tretirane kuhinjskom soli nakon 2 tjedna tretmana



Slika 54. Biljke tretirane morskom soli nakon 1 tjedna tretmana



Slika 55. Biljke tretirane morskom soli nakon 1 tjedna tretmana

Primjetila sam da su listovi biljaka tretiranih kuhinjskom soli prema listovima biljaka tretiranih ostalim solima maleni te ravnomjerno zelene boje. Stabljike su bile uspravne te svijetlozelene boje. Pošto su listovi manji, pretpostavka da kuhinjska sol nema utjecaja na razvitak biljke je netočna. Prepostavljam da je do ove pojave došlo zbog kalijeva jodida, kojim se jodira kuhinjska sol kako bi se zadovoljile ljudske potrebe za jodom, koji je, kako je ranije u ovom eksperimentu dokazano, štetan za biljke.

Sjemenke iz kojih su se trebale razviti biljke koje bi bile zalijevane otopinom morske soli kako bi se ispitao utjecaj te soli na rast biljaka u razvitu nisu prokljale. Ne prokljale sjemenke su

svejedno dva tjedna zalijevane otopinom morske soli, ali nije došlo do promjene. Vjerojatno su sve četiri posijane sjemenke bile bolesne.



Slika 56. Biljke tretirane  
 $\text{NaHCO}_3$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 57. Biljke tretirane  
 $\text{NaHCO}_3$  nakon 2 tjedna  
tretmana



Slika 58. Biljke tretirane  
 $\text{CaCO}_3$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 59. Biljke tretirane  
 $\text{CaCO}_3$  nakon 2 tjedna  
tretmana

Uspoređujući listove biljaka tretiranih sodom bikarbonom s listovima biljaka tretiranih drugim solima te kontrolnih skupina, uočila sam da su srednje veličine te ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su bile uspravne te svijetlozelene boje. Očekivanje da soda bikarbona neće imati značajnog utjecaja na daljnji razvitak biljke je potvrđeno.

Promatrajući listove biljaka tretiranih s kalcijevim karbonatom te listova biljaka tretiranih s ostalim solima i kontrolnih skupina, listovi biljka tretiranih s kalcijevim karbonatom su srednje veličine te ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su bile svijetlo zelene i uspravne. Prepostavke da kalcijev karbonat nema utjecaja na daljnji razvitak biljke su potvrđene.



Slika 60. Biljke tretirane KI  
nakon 1 tjedna tretmana



Slika 61. Biljke tretirane KI  
nakon 2 tjedna tretmana



Slika 62. Biljke tretirane  
 $\text{CaCl}_2$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 63. Biljke tretirane  
 $\text{CaCl}_2$  nakon 2 tjedna  
tretmana

Biljke koje su bile zalijevane kalijevim jodidom su već nakon prvog tretmana počele venuti. Listovi su im potamnili, spustili se te postali lomljivi na dodir. Nakon dva tjedna tretmana su se biljke potpuno isušile. Stabljičke su se stanjile, posmeđile i savinule se. Očekivanje da će kalijev jodid imati negativan utjecaj na daljnji razvoj biljke je ispunjeno.

Nakon prvog tretmana listovi biljaka tretiranih kalcijevim kloridom su u usporedbi s listovima biljaka tretiranih drugim solima i kontrolnim skupinama bili srednje veličine, ravnomjerno zelene boje te spušteni. Nakon tjedan dana su stabljičke bile uspravne i svijetlozelene boje, a nakon dva tjedna su bile smeđe boje, istanjene i slomljene. Nakon dva tjedna tretmana biljka

se je potpuno isušile čime je poništena pretpostavka da kalcijev klorid neće imati utjecaja na daljnji razvitak biljke.



Slika 64. Biljke tretirane  
 $ZnSO_4$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 65. Biljke tretirane  
 $ZnSO_4$  nakon 2 tjedna  
tretmana



Slika 66. Biljke tretirane  
 $CuSO_4 \times 5H_2O$  nakon 1  
tjedna tretmana



Slika 67. Biljke tretirane  
 $CuSO_4 \times 5H_2O$  nakon 2  
tjedna tretmana

Prema listovima kontrolnih skupina i biljaka tretiranih ostalim solima, listovi biljaka tretiranih cinkovim(II) sulfatom su veliki i ravnomjerno zelene boje. Nakon tjedan dana tretmana stabljične su bile uspravne i svijetlozelene boje te deblje od stabljičnih kontrolnih skupina, dok su nakon tjedan dana također bile svijetlozelene boje i deblje od stabljičnih biljaka kontrolnih skupina, ali su se savinule, vjerojatno jer su bile nestabilne zbog velikih listova na njima. Prepostavka da će listovi biti povećani je točna. Prepostavka da će cinkov(II) sulfat goditi dalnjem razvitu biljke je točna.

Uspoređujući listove biljka tretiranih s modrom galicom s listovima biljaka tretiranih s ostalim solima, srednje su veličine i ravnomjerno zelene boje. Stabljične su bile uspravne i svijetlozelene boje. Prepostavka da će modra galica u korištenoj koncentraciji imati negativan utjecaj na daljnji razvitak biljke se je pokazala netočnom. Biljke tretirane modrom galicom su zapravo bile identične kontrolnim skupinama. Prepostavljam da u korištenoj količini nije štetna za biljke, već im godi zato što sadrži hranidbene elemente.



Slika 68. Biljke tretirane  
 $KNO_3$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 69. Biljke tretirane  
 $KNO_3$  nakon 2 tjedna  
tretmana



Slika 70. Biljke tretirane  
 $NH_4Cl$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 71. Biljke tretirane  
 $NH_4Cl$  nakon 2 tjedna  
tretmana

Uspoređujući listove biljaka tretiranih kalijevim nitratom s biljkama tretiranim ostalim solima te kontrolnim skupinama, listovi biljaka tretiranih s kalijevim nitratom su iznimno veliki te ravnomjerno zelene boje. Stabljične su svijetlozelene boje, uspravne te deblje od stabljičnih biljaka kontrolne skupine. Prepostavka da kalijev nitrat godi dalnjem razvoju biljke je točna.

Uspoređujući listove biljaka tretiranih s amonijevim kloridom s listovima biljaka tretiranih drugim solima te kontrolnim skupinama nakon prvog tjedna tretmana, uočila sam da su listovi srednje veličine i razmjerno zelene boje, dok su nakon drugog tjedna tretmana bili smeđe-zelene boje te isušeni i krhki. Stabljičke su nakon prvog tjedna tretmana bile uspravne i svjetlozelene boje, dok su nakon drugog tjedna tretmana bile smeđe boje, savijene i lomljive. Očekivanje da amonijev klorid će amonijev klorid goditi dalnjem razvitku biljke ipak nije ispunjeno. Prepostavljam da su se biljke isušile zato što je amonijev klorid apsorbirao vodu.



Slika 72. Biljke tretirane  
 $Pb(NO_3)_2$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 73. Biljke tretirane  
 $Pb(NO_3)_2$  nakon 2 tjedna  
tretmana



Slika 74. Biljke tretirane  
 $K_2Cr_2O_7$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 75. Biljke tretirane  
 $K_2Cr_2O_7$  nakon 2 tjedna  
tretmana

Prema listovima biljaka tretiranih ostalim solima te kontrolnih skupina, listovi biljaka tretiranih olovovim(II) nitratom su bili veliki i uglavnom zeleni, žuti na nekim mjestima. Stabljičke su bile svjetlozelene i uspravne. Očekivanje da će olovov(II) nitrat imati negativan utjecaj na daljnji razvoj biljke se je djelomično ispunilo. Iako su biljke imale razvijene čvrste i otporne listove, na nekim listovima se pojavila kloroza.

Biljke tretirane kalijevim dikromatom su se već nakon prvog tretmana isušile. Listovi su im u usporedbi s listovima biljaka tretiranih drugim solima i kontrolnih skupina bili smeđe boje, spušteni, smežurani i lomljivi. Stabljičke su im nakon prvog tjedna tretmana bile žute, uspravne i istanjene, dok su nakon dva tjedna tretmana bile smeđe, savijene i lomljive. Prepostavka da će kalijev dikromat biti štetan za biljke je točna.



Slika 76. Biljke tretirane  
 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{x}10\text{H}_2\text{O}$  nakon 1 tjedna  
 tretmana



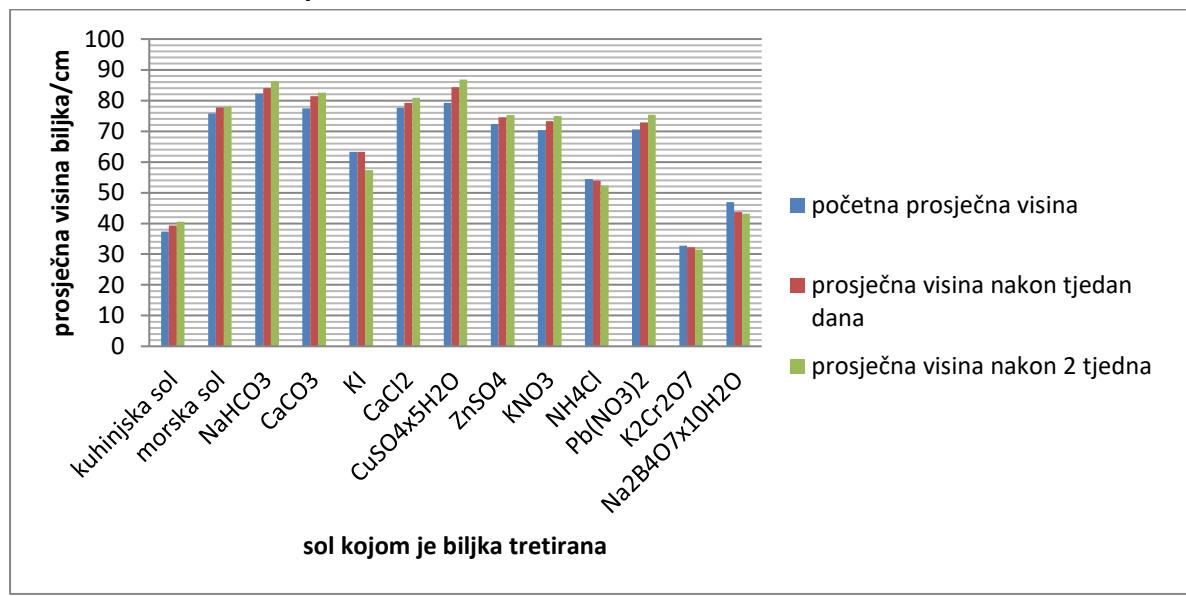
Slika 77. Biljke tretirane  
 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{x}10\text{H}_2\text{O}$  nakon 2 tjedna  
 tretmana



Slika 78. Promjene na listovima  
 biljaka treniranih  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{x}10\text{H}_2\text{O}$   
 nakon 2 tjedna tretmana

Nakon tjedan dana tretmana listovi biljaka tretiranih boraksom u usporedbi s listovima biljaka tretiranih drugim solima i kontrolnih skupina bili su srednje veličine, zelene boje s točkama različitih veličina raspoređenim po cijeloj plojki koje su bile svijetlozelene, gotovo bijele boje. Stabljike su bile uspravne i svijetlozelene boje. Nakon dva tjedna tretmana listovi su bili smežurani i svijetlosmeđe boje, dalje s točkama i krhki. Stabljike su bile istanjene i svijetlosmeđe boje, blago savinute. Prepostavka da boraks neće imati utjecaj na daljnji razvitak biljke je se pokazala krivom. Prepostavljam da boraks kod biljaka uzrokuje klorozu.

#### 4.3 Rezultati treće skupine



Grafikon 3: Odnos visina biljka treće skupine

Iz grafikona možemo iščitati da razlika između prosječne početne visine i prosječne visine nakon 2 tjedna tretmana nije velika. Također možemo vidjeti da se prosječna visina biljaka tretiranih kalijevim jodidom, amonijevim kloridom, kalijevim dikromatom te boraksom smanjila. Do te promjene je došlo zbog propadanja dijelova stabljike zbog isušenosti. Najveća

promjena između početne prosječne visine i prosječne visine nakon 2 tjedna prisutna je kod biljaka tretiranih modrom galicom, a najmanja kod biljaka tretiranih morskom soli.



Slika 79. Biljke tretirane kuhinjskom soli nakon 1 tjedna tretmana



Slika 80. Biljke tretirane kuhinjskom soli nakon 2 tjedna tretmana



Slika 81. Biljke tretirane morskom soli nakon 1 tjedna tretmana



Slika 82. Biljke tretirane morskom soli nakon 1 tjedna tretmana

Primijetila sam da su listovi biljaka tretiranih kuhinjskom soli prema listovima biljaka tretiranih ostalim solima srednje veličine te ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su se savinule zbog nestabilnosti te svjetlozelene boje. Očekivanje da kuhinjska sol neće imati utjecaj na razvoj biljke je ispunjeno.

U usporedbi s listovima kontrolnih skupina te listovima biljaka tretiranih ostalim solima, listovi biljaka tretiranih morskom soli su srednje veličine te ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su bile savijene zbog nestabilnosti i svjetlozelene boje. Očekivanje da morska sol neće imati utjecaja na rast biljke je ispunjeno.



Slika 83. Biljke tretirane  $\text{NaHCO}_3$  nakon 1 tjedna tretmana



Slika 84. Biljke tretirane  $\text{NaHCO}_3$  nakon 2 tjedna tretmana



Slika 85. Biljke tretirane  $\text{CaCO}_3$  nakon 1 tjedna tretmana



Slika 86. Biljke tretirane  $\text{CaCO}_3$  nakon 2 tjedna tretmana

Uspoređujući listove biljaka tretiranih sodom bikarbonom s listovima biljaka tretiranih drugim solima te kontrolnih skupina, uočila sam da su srednje veličine te ravnomjerno zelene boje. Stabljičke su se savinule zbog nestabilnosti te su bile svjetlozelene boje. Očekivanje da soda bikarbona neće imati značajnog utjecaja na rast biljke je potvrđeno.

Promatrajući listove biljaka tretiranih s kalcijevim karbonatom te listova biljaka tretiranih s ostalim solima i kontrolnih skupina, listovi biljaka tretiranih s kalcijevim karbonatom su srednje veličine te zelene, žute i smeđe boje, vjerojatno zbog nedostatka vode. Stabljičke su bile svjetlo

zelene i uspravne. Prepostavke da kalcijev karbonat nema utjecaja na daljnji rast biljke su potvrđene.



Slika 87. Biljke tretirane KI  
nakon 1 tjedna tretmana



Slika 88. Biljke tretirane KI  
nakon 2 tjedna tretmana



Slika 89. Biljke tretirane  
 $\text{CaCl}_2$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 90. Biljke tretirane  
 $\text{CaCl}_2$  nakon 2 tjedna  
tretmana

Biljke koje su bile zalijevane kalijevim jodidom su već nakon prvog tretmana počele venuti. Listovi su im potamnili, spustili se te postali lomljivi na dodir. Nakon dva tjedna tretmana su se biljke potpuno isušile. Stabljične su se stanjile, posmeđile i savinule se. Očekivanje da će kalijev jodid ometati rast biljke je ispunjeno.

Nakon prvog tretmana listovi biljaka tretiranih kalcijevim kloridom su u usporedbi s listovima biljaka tretiranih drugim solima i kontrolnim skupinama bili srednje veličine, ravnomjerno zelene boje te spušteni. Nakon tjedan dana su stabljične bile uspravne i svjetlozelene boje, a nakon dva tjedna su bile smeđe boje, istanjene i slomljene. Nakon dva tjedna tretmana biljka se je potpuno isušile čime je poništena prepostavka da kalcijev klorid neće imati utjecaja na daljnji razvitak biljke. Prepostavljam da je do ove pojave došlo zato što je kalcijev klorid apsorbirao vodu.



Slika 91. Biljke tretirane  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  nakon 1 tjedna tretmana



Slika 92. Biljke tretirane  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  nakon 2 tjedna tretmana



Slika 93. Biljke tretirane  $\text{ZnSO}_4$  nakon 1 tjedna tretmana



Slika 94. Biljke tretirane  $\text{ZnSO}_4$  nakon 2 tjedna tretmana

Uspoređujući listove biljka tretiranih s modrom galicom s listovima biljaka tretiranih s ostalim solima, srednje su veličine i uglavnom ravnomjerno zelene boje, neki su mjestimice žuti. Prepostavljam da su požutjeli zbog nedostatka svjetlosti. Stabljične su bile uspravne i svjetlozelene boje. Prepostavka da će modra galica u korištenoj koncentraciji ometati rast biljke se je pokazala netočnom. Biljke tretirane modrom galicom su zapravo bile identične kontrolnim skupinama. Prepostavljam da u korištenoj količini nije štetna za biljke, već im godi zato što sadrži hranidbene elemente u količinama potrebnim za biljku.

Prema listovima kontrolnih skupina i biljaka tretiranih ostalim solima, listovi biljaka tretiranih cinkovim(II) sulfatom nakon tjedan dana tretmana su bili veliki i ravnomjerno zelene boje, dok su nakon dva tjedna tretmana bili tamnozelene boje, krhki i smežurani. Nagađam da je do te pojave došlo zbog oštećenja biljke pri mjerjenjima. Nakon tjedan dana tretmana stabljične su bile uspravne i svjetlozelene boje te deblje od stabljičnih kontrolnih skupina, dok su nakon dva tjedna tretmana bile smeđe boje, istanjene te isušene. Do ovih rezultata je također vjerojatno došlo zbog oštećenja pri mjerjenjima. Prepostavka da će listovi biti povećani je točna. Prepostavka da će cinkov(II) sulfat pospješiti rast biljke je točna.



Slika 95. Biljke tretirane  
 $\text{KNO}_3$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 96. Biljke tretirane  
 $\text{KNO}_3$  nakon 2 tjedna  
tretmana



Slika 97. Biljke tretirane  
 $\text{NH}_4\text{Cl}$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 98. Biljke tretirane  
 $\text{NH}_4\text{Cl}$  nakon 2 tjedna  
tretmana

Uspoređujući listove biljaka tretiranih kalijevim nitratom s biljkama tretiranim ostalim solima te kontrolnim skupinama, nakon tjedan dana tretmana listovi biljaka tretiranih s kalijevim nitratom bili su iznimno veliki te ravnomjerno zelene boje. Nakon dva tjedna tretmana su se listovi na vrhovima stabljike smežurani. Stabljike su nakon tjedan dana tretmana bile svijetlozelene boje, uspravne te deblje od stabljika biljaka kontrolne skupine, dok su nakon dva tjedna tretmana bile savijene, prepostavljam zbog nestabilnosti, te su na vrhovima bile smeđe i istanjene. Vjerljivo su nakon dva tjedna stabljike i listovi promijenili izgled zbog oštećenja pri mjerjenjima. Prepostavka da kalijev nitrat godi dalnjem razvoju biljke je točna. Uspoređujući listove biljaka tretiranih s amonijevim kloridom s listovima biljaka tretiranih drugim solima te kontrolnim skupinama nakon prvog tjedna tretmana, uočila sam da su listovi srednje veličine i razmjerne zelene boje, dok su nakon drugog tjedna tretmana bili smeđe-zelene boje te isušeni i krhki. Stabljike su nakon prvog tjedna tretmana bile uspravne i svijetlozelene boje, dok su nakon drugog tjedna tretmana bile smeđe boje, savijene i lomljive. Očekivanje da amonijev klorid će amonijev klorid goditi dalnjem razvitku biljke ipak nije ispunjeno. Vjerljivo je amonijev klorid apsorbirao vodu i tako isušio biljke.



Slika 99. Biljke tretirane  
 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 100. Biljke tretirane  
 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 101. Biljke tretirane  
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  nakon 1 tjedna  
tretmana



Slika 102. Biljke tretirane  
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  nakon 2 tjedna  
tretmana

Prema listovima biljaka tretiranih ostalim solima te kontrolnih skupina, nakon tjedan dana tretmana listovi biljaka tretiranih olovovim(II) nitratom su bili srednje veliki i ravnomjerno zelene boje, dok su nakon dva tjedna Stabljike su bile svijetlozelene i uspravne. Očekivanje da

će olovov(II) nitrat imati negativan utjecaj na daljnji razvoj biljke se nije ispunilo. Vjerojatno zato što sadrži nitrati, a nitrati gode dušikovim bakterijama koje žive u simbiozi s mahunarkama.

Biljke tretirane kalijevim dikromatom su se već nakon prvog tretmana isušile. Listovi su im u usporedbi s listovima biljaka tretiranih drugim solima i kontrolnih skupina bili smeđe boje, spušteni, smežurani i lomljivi. Stabljike su im nakon prvog tjedna tretmana bile žute, uspravne i istanjene, dok su nakon dva tjedna tretmana bile smeđe, savijene i lomljive. Pretpostavka da će kalijev dikromat biti štetan za biljke je točna.



Slika 103. Biljke tretirane  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{x}10\text{H}_2\text{O}$  nakon 1 tjedna



Slika 104. Biljke tretirane  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{x}10\text{H}_2\text{O}$  nakon 2 tjedna

Već nakon prvog tjedna tretmana, uspoređujući listove uzgojenih biljaka primijetila sam da su listovi biljaka tretiranih boraksom smežurani, spušteni, krhki i tamnozelene boje. Stabljike su nakon tjedan dana bile svijetlozelene boje i uspravne, dok su nakon dva tjedna bile smeđe i savijene. Očekivanje da boraks neće imati utjecaj na rast biljke nije ispunjeno. Vjerojatno je boraks apsorbirao vodu i tako isušio biljke.

## 5 Zaključak

Različite soli imaju različit utjecaj na rast i razvitak biljke.

Jodirana kuhinjska sol kod graha uzrokuje malolisnost. Morska sol, soda bikarbona, kalcijev karbonat i modra galica nemaju utjecaja na rast i razvitak graha. Kalijev jodid i kalijev dikromat isušuju grah. Cinkov(II) sulfat i kalijev nitrat pomažu grahu da razvije čvrste i krupne organe. Amonijev klorid i kalcijev klorid postupno isušuju biljku.

Olovov(II) nitrat pomaže grahu da razvije čvrste i otporne organe, ali uzrokuje klorozu. Boraks uzrokuje klorozu te postupno isušuje biljku.

Mogao bi se još ispitati utjecaj ovih soli na različite vrste biljke. Rezultati bi vjerojatno bili nešto drugačiji zbog različite potrebe različitih biljaka za hranidbenim elementima.

## 6 Zahvala

Zahvaljujem svojoj mentorici koja mi je pomogla pri pisanju ovog rada.

## Literatura

- [1] Benyovsky Šoštarić, K. *Zeleni kvadrat*. Profil, Zagreb, 2010.
- [2] Denffer, D., Ziegler, H. *Botanika: morfologija i fiziologija*. Školska knjiga, Zagreb, 1991.
- [3] Teržanova, I. *Predavanja o gnojenju*. Ruše, Ljubljana, 1973.
- [4] The Royal Horticultural Society *Vrt*. Mozaik knjiga, Zagreb, 2005.
- [5] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=31995> (pristupljeno prosinac 2018.)
- [6] <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2588> (pristupljeno prosinac 2018.)
- [7] <https://homeguides.sfgate.com/fertilize-plants-sea-salt-39373.html> (pristupljeno prosinac 2018.)
- [8] [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium\\_dichloride#section=Density](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium_dichloride#section=Density) (pristupljeno prosinac 2018.)
- [9] [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Copper\\_II\\_sulfate\\_pentahydrate](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Copper_II_sulfate_pentahydrate) (pristupljeno prosinac 2018.)
- [10] [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/potassium\\_dichromate](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/potassium_dichromate) (pristupljeno prosinac 2018.)

# 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 su bili (abecednim redoslijedom): *Ana Lovrić, Ana Petrinec, Ana Ratković, Barbara Keran, Danko Marušić, Daria Matković, Dario Dabić, Domagoj Gajski, Domagoj Tomić, Dominik Barbarić, Elena Lukačević, Frano Rajić, Goran Popović, Iva Stojan, Ivan Sudić, Ivana Osredek, Jelena Simić, Josip Igrec, Jovana Katrinka, Juraj Fulir, Karmela Slačanac, Lara Vrbanec, Leonard Volarić Horvat, Magdalena Valenta, Magdalena Živković, Marija Šokčević, Marijana Žgela, Marko Filip Horvat, Matea Brezak, Matej Nemičić, Nera Frajlić, Petra Bucić, Snježana Kodba, Tomislav Barberić, Tomislav Lokotar, Toni Marković, Una Pale, Vasilije Perović, Zoe Jelić Matošević.*

# ZAHVALE SPONZORIMA I DONATORIMA

## DONACIJE U PROIZVODIMA

Donacijama u proizvodima ove godine Turnir su podržali (abecednim redom): *ALFA izdavačka kuća, Antikvarijat Studio, Davor Škrlec, zastupniku u Europskom parlamentu, Element Naklada, Naklada Ljevak, Turistička zajednica Grada Zagreba, Školska knjiga.*

## NOVČANE DONACIJE

Novčano su nas podržali mnogi te bez njih odlazak hrvatske ekipa na međunarodno natjecanje u Minsk, glavni grad Bjelorusije ne bi bilo izvedivo. Iz toga razloga beskrajno smo im zahvalni.

Donatori koji su novčano potpomogli organizaciju Državnog turnira mladih prirodoslovaca i odlazak hrvatske ekipe na IYNT 2019. u Minsk, Bjelorusiju su (abecednim redom): *Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Općina Donji Kraljevec.*



MINISTARSTVO ZNANOSTI  
I OBRAZOVANJA  
REPUBLIKE HRVATSKE



OPĆINA  
DONJI KRALJEVEC



ŠK Školska knjiga

ELEMENT

LJEVAK

Zagreb  
HRVATSKA



DAVOR ŠKRLEC  
Zastupnik u Europskom parlamentu

# ISTRAŽIVAČKI CENTAR MLADIH

