

# Izazovi eksperimentalnog rada u visokoškolskoj inženjerskoj nastavi u on-line okruženju u uvjetima pandemije COVID-19

---

Rebrina, Marijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:449096>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-05**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH  
TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni preddiplomski studij**

**Izazovi eksperimentalnog rada u visokoškolskoj inženjerskoj  
nastavi u on-line okruženju u uvjetima pandemije  
COVID-19**

**Završni rad**

**Marijan Rebrina**

**Osijek, 2021.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 20.09.2021.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

|   |   |
|---|---|
| <b>Ime i prezime studenta:</b>  | Marijan Rebrina   |
| <b>Studij, smjer:</b>   | Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija   |
| <b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>   | 4421, 26.07.2017.   |
| <b>OIB studenta:</b>  | 15367247481   |
| <b>Mentor:</b>  | Izv. prof. dr. sc. Krešimir Nenadić   |
| <b>Sumentor:</b>  | Dr.sc. Željka Mioković  |
| <b>Sumentor iz tvrtke:</b>  |   |
| <b>Naslov završnog rada:</b>  | Izazovi eksperimentalnog rada u visokoškolskoj inženjerskoj nastavi u on-line okruženju u uvjetima pandemije COVID-19   |
| <b>Znanstvena grana rada:</b>   | <b>Obradba informacija (zn. polje računarstvo)</b>  |
| <b>Predložena ocjena završnog rada:</b>   | Dobar (3)   |
| <b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b> | Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda<br>Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda<br>Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda<br>Razina samostalnosti: 1 razina |
| <b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>   | 20.09.2021.   |
| <b>Datum potvrde ocjene Odbora:</b>   | 22.09.2021.   |
| Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:         | Potpis:   |
|   | Datum:  |



**FERIT**

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 30.09.2021.

Ime i prezime studenta:

Marijan Rebrina

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Mat. br. studenta, godina upisa:

4421, 26.07.2017.

Turnitin podudaranje [%]:

9

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Izazovi eksperimentalnog rada u visokoškolskoj inženjerskoj nastavi u on-line okruženju u uvjetima pandemije COVID-19**

izrađen pod vodstvom mentora Izv. prof. dr. sc. Krešimir Nenadić

i sumentora Dr.sc. Željka Mioković

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.  
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD .....  | 1  |
| 1.1. Preporuke za održavanje nastave na visokim učilištima u razdoblju pandemije bolesti COVID-19 uz primjenu protuepidemijskih mjera .....                          | 1  |
| 1.2. Zadatak završnog rada.....  | 2  |
| 2. EKSPERIMENTALNI RAD U VISOKOŠKOLSKOJ INŽENJERSKOJ NASTAVI U HRVATSKOJ I SVIJETU TIJEKOM PANDEMIJE BOLESTI COVID-19 .....  | 3  |
| 2.1. Primijenjeni oblici eksperimentalnih aktivnosti u nastavi tijekom pandemije COVID-19 .....  | 4  |
| 2.1.1. Nastavnik dostavlja mjerne podatke studentima .....   | 5  |
| 2.1.2. Korištenje simulacija u eksperimentalnom radu .....   | 5  |
| 2.1.3. Korištenje video-demonstracija provedbe eksperimenata.....  | 6  |
| 2.1.4. Izvođenje eksperimenata pomoću kućne opreme .....   | 7  |
| 3. ANKETA O ISKUSTVIMA STUDENATA U EKSPERIMENTALNOM RADU U UVJETIMA PANDEMIJE BOLESTI COVID-19 .....   | 12 |
| 3.1. Struktura anketa.....   | 12 |
| 4. ANALIZA I RASPRAVA REZULTATA ANKETE.....  | 16 |
| 4.1. Postupci analize ankete .....   | 16 |
| 4.2. Stavovi prema eksperimentalnom radu u nastavi fizike i drugih STEM područja .....   | 21 |
| 4.3. Procjena eksperimentalnog rada u srednjoškolskoj nastavi iz STEM predmeta prije i tijekom pandemije COVID-19 .....  | 23 |
| 4.4. Procjena eksperimentalnog rada u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja prije i tijekom pandemije COVID-19.....                               | 23 |
| 4.5. Stavovi o eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja koja se održava u on-line okruženju tijekom pandemije COVID-19 ..... | 28 |
| 4.6. Analiza pitanja otvorenog tipa .....  | 31 |

|  |    |
|--|----|
| 4.6.1. Smjernice za provedbu eksperimentalnog rada u specifičnim uvjetima provođenja nastave ..... | 34 |
| 5. ZAKLJUČAK .....   | 35 |
| LITERATURA .....   | 36 |
| SAŽETAK .....  | 38 |
| SUMMARY .....  | 39 |
| PRILOZI .....  | 40 |

## 1. UVOD

Vrijeme pandemije COVID-19 značajno je utjecalo na visokoškolsko obrazovanje u cijelome svijetu te je zahtijevalo primjenu *on-line* metode poučavanja. Od nastavnika se tražila veća angažiranost u izboru i provođenju nastave, a od studenata, osim osiguravanja materijalno-tehničkih uvjeta za praćenje *on-line* nastave, tražena je i samoorganiziranost, kreativnost i više zalaganja pri radu. Pri tome je provedba eksperimentalnog rada bila osobito zahtjevna. Eksperimentalni rad u visokoškolskoj inženjerskoj nastavi uključuje provedbu laboratorijskih i konstrukcijskih vježbi. Za eksperimentalni rad, koji se do sada isključivo provodio u fakultetskim laboratorijima, trebalo je organizirati nastavu na druge načine i, donekle, izmijeniti metode poučavanja što je prilično izazovno. U radu će biti prikazani izazovi eksperimentalnog rada u visokoškolskom inženjerskom obrazovanju studenata Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Današnje visokoškolsko inženjersko obrazovanje zahtijeva uspješnost studenata u STEM (*science, technology, engineering and mathematics*) disciplinama, odnosno u području prirodoslovlja, tehnike i tehnologije te matematike, jer to osigurava prirodnoznanstvenu pismenost kao nužan temelj za rad i razvoj novih tehnologija. Eksperimentalni rad predstavlja jedan od oblika prenošenja znanja i učenja nastavnog sadržaja iz STEM disciplina na svim razinama obrazovanja. Postoje određeni načini provedbe eksperimentalne nastave koji su se primjenjivali u svijetu te su dani kao ogledni primjeri održavanja eksperimentalnih vježbi. Za procjenu izazova i zahtjevnosti eksperimentalnog rada i mogućih problema u specifičnim uvjetima pandemije COVID-19 provedena je anketa kojom se želi to istražiti. U drugom poglavlju se opisuju načini i oblici provedbe eksperimentalne nastave u Hrvatskoj i svijetu za vrijeme pandemije COVID-19. U trećem poglavlju je opisana struktura ankete. U četvrtom poglavlju se analiziraju podaci iz ankete.

### 1.1. Preporuke za održavanje nastave na visokim učilištima u razdoblju pandemije bolesti COVID-19 uz primjenu protuepidemijskih mjera

Postoje određene preporuke za održavanje nastave na visokim učilištima u razdoblju pandemije bolesti COVID-19 uz primjenu protuepidemijskih mjera koje je donio Hrvatski zavod za javno zdravstvo i Ministarstvo znanosti i obrazovanja. Na visokim učilištima uživo se može izvoditi praktična nastava, studentske vježbe i seminari, laboratorijska nastava, terenska nastava i drugi tečajevi na daljinu.

Preporuke Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo su:

- Održavanje vježbi u manjim konstantnim grupama.
- Obavezno je nošenje zaštitne maske za lice na ispravan način (preko usta i nosa) tijekom boravka u zgradi fakulteta.
- Održavanje distance od 1.5 metara između osoba u laboratoriju.
- Svaki student treba oprane ruke dezinficirati prije nego što pristupi mjestu za rad (prije ulaska u prostor).
- Nužno je nakon svake grupe dezinficirati cijeli laboratorij i korištenu opremu.
- Prostorije u kojima borave studenti je potrebno prozračiti nakon boravka svake grupe.
- Poželjno je da se studenti ne zadržavaju na fakultetu po završetku vježbi.
- Mjerenje tjelesne temperature (ovisno o statusu pandemije i mjerama)
- Rad u manjim grupama

Ukoliko student ima određene simptome kao što su kašalj, curenje nosa, poteškoće s disanjem ili druge simptome vezane za bolest, preporuka je da ostanu kod kuće i ne ugrožavaju zdravlje drugih. Ako je student u samoizolaciji ima dužnost javiti se nastavniku [1].

## **1.2. Zadatak završnog rada**

U radu je potrebno navesti i opisati primjere dobre prakse iz Hrvatske i svijeta u visokoškolskom inženjerskom obrazovanju o načinima provedbe eksperimentalnog rada, tj. laboratorijskih vježbi u nastavi kako temeljnih inženjerskih kolegija (fizika, elektrotehnika) tako i ostalih primijenjenih inženjerskih kolegija. Potrebno je izraditi i provesti *on-line* anketu među studentima inženjerskih studija, prije svega studentima FERIT-a (Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku), svih studijskih smjerova o načinima provedbe laboratorijskih vježbi u *on-line* okruženju tijekom pandemije COVID-19 te motivaciji i stavu prema odradi laboratorijskih aktivnosti u *on-line* okruženju. Također potrebno je statistički analizirati i interpretirati rezultate te ih usporediti s drugim dostupnim sličnim istraživanjima.



## **2. EKSPERIMENTALNI RAD U VISOKOŠKOLSKOJ INŽENJERSKOJ NASTAVI U HRVATSKOJ I SVIJETU TIJEKOM PANDEMIJE BOLESTI COVID-19**

Današnje visokoškolsko inženjersko obrazovanje zahtijeva uspješnost studenata u STEM (science, technology, engineering and mathematics) disciplinama, odnosno u području prirodoslovlja, tehnike i tehnologije te matematike, jer to osigurava prirodoznanstvenu pismenost kao nužan temelj za rad i razvoj novih tehnologija. Eksperimentalni rad predstavlja jedan od oblika prenošenja znanja i učenja nastavnog sadržaja iz STEM disciplina na svim razinama obrazovanja [2]. Laboratorij ima ključnu ulogu u inženjerskom obrazovanju za: razumijevanje teorijskih koncepata, timski rad, sposobnosti promatranja i komunikaciju [3]. Tijekom rada u laboratoriju studenti stječu iskustva u rukovanju i podešavanju mjerne opreme, te u prikupljanju podataka i razvijanju povjerenja u vlastite mogućnosti izračunavanja pouzdanih rezultata mjerenja ili određivanja valjanosti matematičkih relacija između mjerenih fizikalnih veličina. Laboratorijska mjerenja trebaju pomoći studentima u stjecanju iskustava znanstvenih istraživanja kao što su opažanje fizikalnih pojava i zapisivanje rezultata mjerenja. Rad u laboratoriju treba pomoći studentima pri razvijanju suradničkih vještina učenja koje su presudne za uspjeh u različitim životnim situacijama [2]. Eksperimentalni rad uključuje: praktični rad, laboratorijske vježbe, konstrukcijske vježbe. Praktični rad odnosi se na primjenu stečenog teorijskog znanja u praksi. Laboratorijske vježbe su dio nastave gdje se studenti na osnovi usvojenog znanja s predavanja upoznavaju sa metodama rada, mjernom opremom i programima u području predmeta. Na ovim vježbama se rješavaju zadaci, provjerava se stečeno znanje uz prisustvo i pomoć nastavnika prilikom rada vježbi. Konstrukcijske vježbe od studenta zahtijevaju samostalno rješavanje problema i zadataka iz područja predmeta. Pomoć nastavnika treba biti minimalna, više savjetodavna. Nakon odrađenog zadatka provjerava se njegov postupak rješavanja kao i samo rješenje [4]. Rad u laboratoriju, odnosno eksperimentalni rad, predstavlja oblik nastave koji ima nezamjenjivu vrijednost za razumijevanje i znanje temeljnih fizikalnih koncepata u razvoju inženjerskih vještina kod studenata.

Osim fizičkih laboratorija postoje i virtualni laboratoriji. Oni su računalno podržana aktivnost koja pomaže studentima u provođenju eksperimenata u stvarnom ili virtualnom okruženju pomoću prikladnog računalnog sučelja. Virtualni laboratoriji imaju vrhunsku opremu i služe kao vizualno pomagalo za poučavanje složenih pojmova. Studenti se ne moraju oslanjati na zastarjelu opremu, već

moгу raditi u laboratorijima na bazi umjetne inteligencije i suvremenim tehnikama poučavanja. Koristeći virtualne laboratorije, nastavnici mogu studentima lakše objasniti složene teorijske koncepte kroz vizualno, sveobuhvatno iskustvo koje studentima može olakšati razumijevanje. Studenti mogu provesti isti eksperiment više puta kako bi bili sigurni da potpuno razumiju koncept. Virtualni laboratoriji su jeftiniji u odnosu na stvarne. Jedna jedinstvena platforma može poslužiti cijelom fakultetu bez velikih troškova sredstava na njezin razvoj [5]. Sastavni dio virtualnih laboratorija čine simulacije. Simulacija je postupak pomoću kojeg se na određenom modelu ispituje, odnosno određuje ponašanje određenog objekta uz uvjete koje je moguće odabirati. Model može biti računalni ili fizički. Složenost modela ovisi o tome koliko je on sposoban imitirati praktične laboratorije. U eksperimentalnom radu se koriste i video demonstracije. To su zapravo video zapisi koji studente „korak po korak“ vode kroz izvršavanje određenog zadatka. One se mogu prikazivati sinkrono ili asinkrono. Asinkroni način poučavanja započinje tako što nastavnici pripreme materijale i alate koje zatim prosljeđuju studentima koji mogu njima pristupiti u bilo kojem trenutku. Asinkrono učenje predstavlja način na koji studenti uče materijale u različito vrijeme i na različitim lokacijama. Stoga se može nazvati i lokacijski neovisnim učenjem. Kod sinkronog načina poučavanja studenti imaju priliku istovremeno prisustvovati nastavi te komunicirati s nastavnikom i ostalim studentima u stvarnome vremenu. U nekim slučajevima postoji mogućnost da student navodi nastavnika koji se nalazi u laboratoriju kako i kojim redom da izvodi pokus [6].

Pri provedbi eksperimenata u *on-line* uvjetima nastave neki od izazova su: pružiti studentima slično iskustvo u eksperimentalnom radu kao što bi imali u fakultetskim laboratorijima, tehnološka ograničenja za provedbu eksperimenta, ispunjavanje ciljeva i ishoda učenja te osigurati studentsku nazočnost i sudjelovanje u eksperimentalnim oblicima nastave.

## **2.1. Primijenjeni oblici eksperimentalnih aktivnosti u nastavi tijekom pandemije COVID-19**

Pandemija COVID-19 uzrokovala je primjenjivanje različitih pristupa eksperimentalne nastave u visokoškolskom obrazovanju. Najčešći pristupi bili su: pružanje podataka studentima za analizu, provođenje laboratorijskih aktivnosti putem simulacija, gledanje video demonstracija nastavnika koji provodi laboratorijske vježbe i izvođenje eksperimenata kod kuće pomoću pametnih telefona.

### 2.1.1. Nastavnik dostavlja mjerne podatke studentima

Učinkovitost pružanja podataka studentima umjesto da studenti samostalno prikupljaju podatke ovisi o tome kakvi su ciljevi učenja. U nastavku su detaljnije opisani neki primjeri kako ova vrsta aktivnosti može funkcionirati. Nastavnik daje podatke koje je prikupio eksperimentom, a pritom pruža više podataka nego što je potrebno za samu analizu. Dostavljanje više podataka pruža studentima mogućnost da odaberu koje će podatke koristiti tijekom analize eksperimenta. Takvim načinom studentima se želi pružiti što sličniji proces donošenja odluka s kojima bi se susreli i osobnim izvođenjem eksperimentalnih vježbi. Osim što su nastavnici slali podatke koje su sami prikupili, koristili su i podatke koje su prethodne generacije dobile ili koji su objavljeni u znanstvenim radovima. Rad s takvim eksperimentalnim podacima studentima ne pruža stvarno istraživačko iskustvo, ali potencijalno može biti korisno za kasnija studentska istraživanja [7].

### 2.1.2. Korištenje simulacija u eksperimentalnom radu

Već je spomenuto da se pomoću simulacija na određenom modelu ispituju ponašanja nekog objekta uz uvjete koje je moguće samostalno podešavati. Ponekad su jednostavnije simulacije visoko učinkovite u dobivanju zadanih ciljeva. Suprotno tome, složene simulacije koriste više parametara i podataka prilikom istraživanja zadatka, što pruža studentima uključenost u donošenje odluka i rješavanje problema eksperimentalnog zadatka. Većina nastavnika je koristila jednostavnije simulacije kako bi se što brže prilagodili načinu rada na daljinu. Najučinkovitije simulacije su one koje studentima omogućavaju samostalno prikupljanje podataka. Nema nepredvidivih i neočekivanih situacija pri radu sa simulacijama u kojima se studenti trebaju snaći i otkloniti poteškoće koje se često događaju pri izvođenju eksperimenata. Također, simulacije su korisne jer omogućuju korištenje softvera kao što su Simulink iz MATLAB-a i Simscape. Easy Power je jedna od simulacija koja se koristi u elektroenergetskim sustavima, dok se kod električnih instalacija može koristiti Relux [7]. U tablici 2.1. prikazane su i pojašnjene neke simulacije kojima se studenti najčešće koriste.

**Tablica 2.1.** *Prikaz simulacija i njen kratki opis*

| SIMULACIJA | OPIS MODELA   |
|------------|---|
| Easy Power | Simulacija koja se koristi u elektroenergetskim sustavima         |
| Relux      | Simulacija električnih instalacija                                |
| Simulink   | Omogućava složene simulacije te kao rezultat daje izlazne signale |

|                      |  |
|----------------------|--|
| PhET                 | Simulacije iz područja fizike, matematike, kemije, biologije i drugih znanosti u softverima poput HTML5, Flash i Java            |
| Fritzing             | Rad s elektronikom opremom kao što je Arduino  |
| oPhysics             | Simulacije iz područja fizike: kinematika, sile, svjetlost...  |
| Bridge designer 2016 | Simulacija projektiranja mostova koja primjenjuje inženjersko projektiranje, simulaciju sila i opterećena na konstrukciju mosta. |

Provođenje eksperimenata na ovaj način ranije se pokazalo vrlo učinkovitim za povećanje učeničkog angažmana i učenja. Umjesto pasivnog sudjelovanja, simulacije studentima pružaju stvarni osjećaj rada u laboratoriju. Povratne informacije studenata o simulacijama su vrlo pozitivne i predlažu da se one uvrste u daljnje provođenje laboratorijske nastave [8].

### 2.1.3. Korištenje video-demonstracija provedbe eksperimenata

Velik broj nastavnika služio se videozapisima na kojima su oni demonstrirali eksperiment u laboratoriju. Videozapisi su se prikazivali sinkrono ili asinkrono ovisno o stavu nastavnika i načinu njegovog rada. Video demonstracije započinju laboratorijskim uvodom, predstavljaju se podaci koji će se analizirati i sredstva pomoću kojih će se zabilježiti mjerenja, Potom slijedi izvođenje eksperimenta. Demonstracije nastavnika važne su jer pružaju učenicima iskustva o stvarnim događajima, pojavama i procesima, pomažući im u učenju. Studenti snimljene video demonstracije mogu zaustaviti i ponovno pokrenuti koliko god je to puta potrebno kako bi bolje shvatili i zapamtili sadržaj videozapisa. Prilikom izvođenja snimanja potrebno je imati opremu s kojom će se izvoditi vježba. Važno je provjeriti dostupnost uređaja i alata, odnosno opreme koja će se koristiti. Poželjno je provjeriti osvjetljenje prostorije te kut snimanja kamere kako bi se dobro reproduciralo studentima koji to prate. Potrebno je studentima pružiti sve potrebne materijale za praćenje izvođenja eksperimenta. Kako bi provjerili aktivnost prilikom vježbi, nastavnici su postavljali pitanja i potpitanja na koja bi studenti davali odgovore [7]. Studenti otkrivaju da je promjena načina izvođenja eksperimenata učinila učenje izazovnijim i da je potrebno više napora za njihovo odrađivanje *on-line*, no utjecaj snimljenih laboratorijskih videozapisa smatraju posebno korisnima. Iako videodemonstracije ne mogu pružiti stvarni osjećaj rada u laboratoriju, pokazale su se kao brza i učinkovita alternativa [9].

#### 2.1.4. Izvođenje eksperimenata pomoću kućne opreme

Zbog nemogućnosti provođenja eksperimenata u fakultetskim laboratorijima, studenti su neke eksperimente mogli ipak samostalno odraditi u svome domu. Nastavnici su u određenim vježbama predložili studentima da koriste opremu iz svojih kućanstava te tako provedu mjerenja. Korištenje kućne opreme može biti brz, lagan i efikasan način provođenja praktičnih vježbi, a kao primjer se može uzeti pametni telefon. Pametni telefoni danas imaju široku i brzu primjenu rada. Zbog svojih karakteristika mogu dobro poslužiti kao mjerni instrument u provođenju eksperimentalnih radova. Postoje razne aplikacije pomoću kojih studenti mogu dobiti željene rezultate eksperimentalnog rada. Pametni telefoni sadrže mnoge komponente u sebi koje se koriste u dobivanju eksperimentalnih rezultata. Gotovo svaki pametni telefon sadrži: kameru, mikrofoni i senzore kao što su: GPS, barometar, magnetometar, akcelerometar, senzor za otisak prsta, žiroskop, senzor blizine, senzor za mjerenje otkucaja srca i senzor za osvijetljenost. Magnetometrom se mjeri jačina magnetskog polja. Žiroskopom se određuje zakrenutost telefona. Akcelerometar se koristi za mjerenje brzine kretanja telefona, mjerenje ubrzanja sile teže i dinamičko ubrzanje. Barometar detektira atmosferski pritisak. Pametni telefoni posjeduju veliku računalnu moć rada. Oni su dobri za rad u nastavi tako da se koriste za: osmišljavanje eksperimenata, praktičan rad, prikupljanje i obradu podataka, analizu grešaka, zamjena za djelomičnu laboratorijsku opremu i za istraživački razvoj. Prednosti ne leže u sposobnosti preciznijeg mjerenja, već u sposobnosti izvođenja raznih eksperimenata i njihovom brzom i jednostavnom tumačenju. Neželjeni učinak koji se može javiti pri radu s pametnim telefonima je ometanje tijeka rada u smislu provođenja vremena na društvenim mrežama ili komunikacije u obliku osobnih poziva i poruka [10].

Phyphox [11] je aplikacija koja omogućava izvođenje eksperimenata uz pomoć mobilnog telefona. Njen sadržaj je na Engleskom jeziku, ali pruža i mogućnost odabira nekih drugih jezika. Ona se koristi senzorima koji se nalaze u telefonu kako bi mogla analizirati željene postupke. Aplikacija je jednostavna i sigurna za korištenje. Aplikacija nudi objašnjenja svakog eksperimenta prije samog početka rada.

Uglavnom se koriste pametni telefoni ili vlastita računala za sakupljanje podataka koji će se analizirati, no za neke eksperimente su nastavnici slali opremu studentima na njihove adrese kako bi ih uspješno proveli [7]. Tim načinom je pokazana volja i htijenje nastavnika i fakulteta da omogući studentima izvođenje eksperimenata u njihovom prostoru kako ne bi bili zakinuti za taj dio nastave.

Praktična iskustva su važna. Jeftina i jednostavna oprema može dovoljno dobro poslužiti u eksperimentalnom radu za dobivanje rezultata. Stavovi studenata o kućnim eksperimentima većinom su pozitivni. Smatraju da ih takav oblik provođenja eksperimenata navodi da nauče više o tome kako provesti istraživanje jer moraju razmisliti o komplicirajućim čimbenicima koji bi mogli utjecati na mjerenja, za razliku od standardnih laboratorijskih eksperimenata prije pandemije u kojima je većina problema već riješena. Kućni eksperimenti zahtijevaju od studenata više razmišljanja o provedbi eksperimenta kako bi se postigli precizni rezultati unatoč nepreciznoj opremi [12].

Prelaskom na laboratorijske vježbe koje se ne održavaju više uživo korišteni su specifični načini provedbe. Istraživane su metode i pristupi u eksperimentalnom radu u nastavi u Hrvatskoj i svijetu.

Istraživanje provedeno u Sjedinjenim Američkim Državama na Sveučilištu u Coloradu na Odjelu za fiziku daje određene informacije o nastavnicima koji su omogućili studentima da pohađaju laboratorijske vježbe na više načina. Primjenjivali su hibridni način rada, osobito u kolegijima iz STEM područja. Hibridni način rada uključuje eksperimentalnu nastavu uživo i virtualne laboratorijske vježbe. Hibridno učenje je kombinacija rada s mjernom opremom na eksperimentalnim postavima u fakultetskim laboratorijima i rada s mobilnim aplikacijama, interaktivnim simulacijama te video snimkama provedbe eksperimenata. Najčešći problem kod studenata je bila nemogućnost eksperimentiranja u fakultetskim laboratorijima. U budućnosti Sveučilište u Coloradu ima namjeru studentima omogućiti izbor održavanja eksperimentalnih vježbi između rada u laboratorijima i hibridnog načina nastave [7].

Na Odjelu za biomedicinsko inženjerstvo Sveučilišta Virginia provedeno je istraživanje u kojemu su opisane promjene u odnosu na proljetni dio nastave u 2020. godini, kako bi idući semestri bili kvalitetniji. Studenti su većinom imali sve resurse potrebne za rad. Smatraju da je učenje bilo izazovnije te da su uložili više napora kako bi obavili zadane zadatke. Virtualni laboratorij se pokazao jako učinkovit u učenju i angažmanu studenata. Razvoj psihomotoričnih sposobnosti izostaje prilikom rada sa simulacijama i one ne mogu zamijeniti u potpunosti praktične vježbe. Gotovo svi studenti smatraju video demonstracije eksperimenata korisnima [8].

Procesi poučavanja tijekom pandemije COVID-19 za kolegij fizike na sveučilišnoj razini, istraženi su u anketi u kojoj je sudjelovalo pet sveučilišta iz Europe, jedno iz Austrije i Hrvatske te tri iz Njemačke. Rezultati u istraživanju pokazuju da je studentima teže uspostaviti interakciju s drugim

studentima za vrijeme pandemije. Preporuka je aktivno učenje, gdje su studenti uključeni u razgovor, pisanje, objašnjavanje, opisivanje i razmišljanje. Kako bi se to postiglo nastavnici koriste kvizove, postavljaju pitanja, potiču grupne razgovore i rasprave. Navikavanjem studenata na hibridni način rada mogla bi se poboljšati samoorganiziranost studenata jer zahtjeva više samostalnosti u radu, samomotivaciju, samodisciplinu i izvršavanje zadataka u zadanom roku [9].

Na Tehnološkom sveučilištu Delft u Nizozemskoj, studenti fizike su se koristili aplikacijom Phypox kako bi proveli eksperimentalna mjerenja. Izvođenje eksperimenata je zahtijevalo samostalno osmišljavanje metode kojom će se izvoditi pokusi, prikupljati podatke, analizirati ih i donositi zaključke o eksperimentu. Korišteni načini rada bili su korisni za brzo obavljanje eksperimenata u svrhu razvijanja istraživačkih vještina kod studenata, a pritom ne zahtijevaju dodatno utrošeno vrijeme za nastavnika [12].

U istraživanju srednjoškolske nastave tijekom pandemije COVID-19 iz područja kemije u Slovačkoj, eksperimenti su se provodili u sljedećim oblicima: video demonstracije, simulacije i virtualni laboratoriji. Nastavnici vjeruju da *on-line* izvođenje omogućava više vremena studentima za raspravu eksperimentalnih rezultata. Unatoč tome, nedostatkom smatraju što studenti nisu samostalno izvodili eksperimente nego su pasivno u njima sudjelovali. Učenici su uglavnom izrazili pozitivna mišljenja o *on-line* nastavi te se osjećaju opuštenije u ovom načinu provedbe eksperimentalne nastave u odnosu na njeno izvođenje prije pandemije [13].

Istraživanje provedeno u Indiji prikazuje način provođenja eksperimentalne nastave strojarstva u virtualnim laboratorijima. Njihovi laboratoriji na fakultetima su loše opremljeni pa su se korišteni virtualni laboratoriji pokazali učinkovitijima. Nastavnici u Indiji su trebali proći brzi tečaj obuke prije prelaska na *on-line* eksperimentalnu nastavu, što govori da nisu bili informatički pripremljeni. Uglavnom nisu postojale tehničke poteškoće pri radu nastavnika, ali studenti su imali poteškoća pogotovo oni u ruralnim i udaljenim područjima. Tehničke poteškoće najčešće uključuju slabu internetsku vezu i lošu informatičku opremu kao što su kamera i mikrofoni [14].

Istraživački tim sa Sveučilišta u Zadru proveo je anketu tijekom pandemije kako bi dobili odgovore o studentskom akademskom životu, vještinama i infrastrukturi za učenje od kuće, životnim okolnostima kao i o sposobnostima, znanju, vještinama i resursima koje studenti posjeduju. Približno polovica studenata je izvodila eksperimente *on-line* s predavačem u stvarnom vremenu. Studenti imaju neutralno mišljenje o organizaciji laboratorijske prakse. Njihov uspjeh u nastavi je počeo slabiti

otkako se nastava počela provoditi u različitim oblicima, zbog teže i sporije prilagodbe. Studentima se obujam posla povećao prilikom nastave na daljinu u odnosu na klasično izvođenje. Osjećaju se sigurnima pri radu na mrežnim platformama (Zoom, BigBlueButton, Microsoft Teams...). Preporuka je da kvaliteta izvođenja eksperimentalne nastave u *on-line* okruženju treba biti podjednako učinkovita kao i prilikom provođenja u realnim laboratorijima [15].

Primjere dobre prakse prikazalo je Sveučilište Camerino iz Italije. Iskustvo koje su stekli uslijed potresa koji se dogodio 2016. godine im je omogućio neometani prijelaz na *on-line* nastavu. Na tom Sveučilištu se primjenjivao hibridni način rada kada god je to bilo moguće, posebno za STEM područje. Kako bi se uvjerali da studenti imaju sve što im je potrebno za studij, Sveučilište bi redovno prikupljalo povratne informacije od njih. Knjižnice su im bile dostupne, a učinkovito obrazovanje je bilo jako važno [16].

Eksperimentalni način rada tijekom pandemije predstavlja velik izazov kako za studente tako i za nastavnike. Postoji mnogo sličnosti između provođenja eksperimentalne nastave u Hrvatskoj i svijetu u *on-line* okruženju. Glavne prednosti ovakvog provođenja nastave su prije svega samostalnost studenta u radu te fleksibilnost pri provođenju eksperimenata. Isto tako, rad sa simulacijama studentima predstavlja zanimljiv oblik izvođenja eksperimenata kao i rad u virtualnim laboratorijima. Rad nastavnika s manjim grupama studenata putem videokonferencije se pokazao učinkovit. Prijelaz na *on-line* nastavu sa sobom nosi i niže troškove studiranja što studentima svakako ide u prilog. S druge strane, postoje određeni problemi koji se javljaju pa time i otežavaju eksperimentalni rad u *on-line* okruženju. Prije svega, to su moguće tehničke poteškoće koje uključuju probleme s internetskom vezom i nedostatak računalne opreme. Nedostatak fizičkog kontakta otežava komunikaciju pa samim time dolazi i do manjka interakcije između nastavnika i studenata te studenata međusobno. Studentima nedostaje rad u paru ili grupi jer se tako osjećaju sigurnije u izvođenju eksperimenata i mogu se osloniti na međusobno pomaganje. Sve nabrojane poteškoće uzrokuju manjak motivacije kod studenata što im dodatno otežava provedbu eksperimentalne nastave u *on-line* okruženju. U tablici 2.2. sažete su prednosti i nedostaci različitih primijenjenih oblika eksperimentalnog rada.



**Tablica 2.2.** Prednosti i nedostaci primijenjenih oblika eksperimentalnog rada

| Primijenjeni oblici eksperimentalnog rada | Prednosti   | Nedostaci   | Referenca      |
|---|---|---|----------------|
| Virtualni laboratorij                     | korištenje vrhunske opreme, pristupačna alternativa fizičkim laboratorijima,  | smanjenje timskog rada i komunikacije s nastavnikom/studentom   | [7, 13, 8, 14] |
| Simulacije                                | stvarni osjećaj rada u laboratoriju, napredak u učenju i razumijevanju gradiva, poboljšanje kvalitete eksperimentalnih vježbi, nema nepredvidivih situacija | izostaje razvoj psihomotoričkih sposobnosti, skupo održavanje i ažuriranje  | [7, 13, 8, 14] |
| Video demonstracije                       | mogućnost ponavljanja videozapisa, jednostavna i učinkovita alternativa eksperimentalnim laboratorijima, rad od kuće  | pasivno sudjelovanje studenata u izvođenju eksperimenta, nemogućnost pružanja stvarnog osjećaja rada u laboratoriju | [7, 13, 8, 15] |
| Rad s pametnim telefonima                 | korištenje modernih tehnologija, rad od kuće, jeftin i jednostavan alat, dostupnost besplatnih aplikacija   | ometanje tijeka rada, manja preciznost  | [7, 12]        |
| Hibridni način rada                       | fleksibilnost i prilagodba nastave, timski rad, samostalni rad  | zahtjevnija organizacija nastave  | [7, 9, 16]     |

### **3. ANKETA O ISKUSTVIMA STUDENATA U EKSPERIMENTALNOM RADU U UVJETIMA PANDEMIJE BOLESTI COVID-19**

Na temelju iskustva dobivenih iz istraživanja o eksperimentalnoj nastavi u Hrvatskoj i svijetu osmišljena je anketa u kojoj se istražuju pristupi i metode u eksperimentalnom radu s kojima su se studenti FERIT-a susreli za vrijeme pandemije COVID-19. Iskustva koja su viđena, prepoznata i istražena u svijetu prenesena su u ovoj anketi. Anketa je izrađena i puštena početkom svibnja 2021. godine, dok su rezultati preuzeti 18.6.2021. godine. Ona je izrađena preko alata koji se zove Google Forms. Taj alat je besplatan te se provodi *on-line*. Omogućava korisniku da kreira anketu i pregleda odgovore. Moguće je odgovore vidjeti pojedinačno ili grupno. Također daje mogućnost ispisa rezultata ankete u programu MS Excel. U tom programu je i napravljena analiza svih podataka iz ovog rada. *On-line* anketu je popunilo 145 studenata prvih godina i 69 studenata drugih i trećih godina. Cijela anketa nalazi se kao prilog na CD-u.

Cilj istraživanja bio je istražiti motivaciju i stavove studenata prema eksperimentalnom radu u nastavi temeljnih kolegija/predmeta iz STEM područja na inženjerskim i drugim srodnim studijima iz STEM područja. Također istraženi su i primijenjeni oblici eksperimentalnog rada u nastavi temeljnih kolegija iz STEM područja prije i tijekom pandemije COVID-19. Isto tako istraženi su pristupi i iskustva studenata u odradi laboratorijskih aktivnosti u specifičnim epidemiološkim uvjetima.

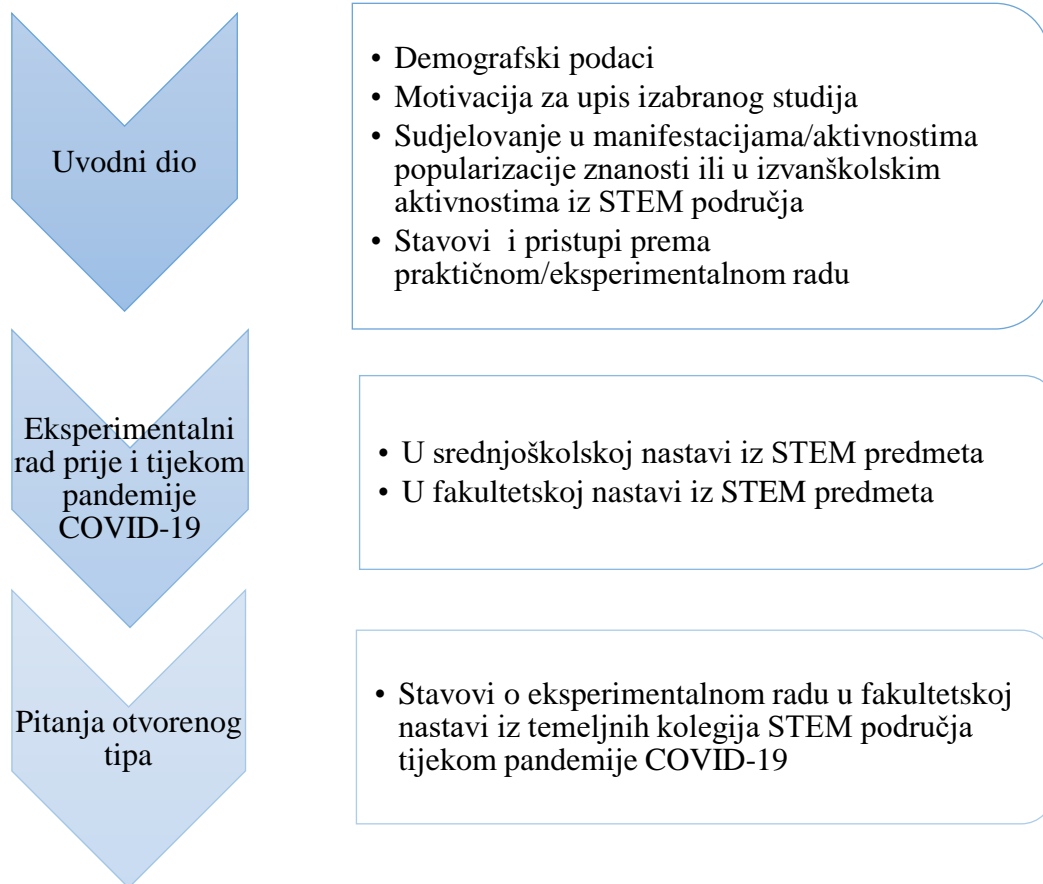
Svrha istraživanja je postići bolje razumijevanje utjecaja nepredviđenih pandemijskih okolnosti i uvjeta na provedbu eksperimentalnog rada i pristupa studenata prema eksperimentalnom radu u visokoškolskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja. Uz to, bilo je potrebno ukazati na mogućnosti i buduće smjernice za osmišljavanje, primjenu i prilagodbu naprednijih metoda poučavanja u eksperimentalnoj nastavi na temeljnim kolegijima inženjerskih (i srodnih) studija primjenom modernih informacijskih i komunikacijskih tehnologija.

#### **3.1. Struktura anketa**

Za bolje razumijevanje ankete pojašnjene su korištene ključne riječi i izrazi:

- *On-line* učenje – svi procesi učenja koji se odvijaju prije, tijekom i poslije *on-line* nastave.
- *On-line* nastava uživo – sve nastavne aktivnosti koje se održavaju *on-line* u realnom vremenu putem odgovarajućih videokonferencijskih platformi (Zoom, BigBlueButton, Teams, ...)

- STEM područje/kolegiji/predmeti – školski predmeti tijekom srednjoškolskog obrazovanja, odnosno nastavni kolegiji tijekom studija koji pripadaju STEM području (prirodoslovno-matematičko i tehničko područje) , a odnose se na temeljna područja (matematika, fizika, kemija, biologija, osnove elektrotehnike, ...)
- Kolegiji temeljnih inženjerskih područja – uvodni kolegiji čiji nastavni sadržaji uključuju temeljna prirodoslovno-matematička područja (matematika, fizika, kemija, biologija, osnove elektrotehnike, ...), a izučavaju se u 1. (ili 2.) godini inženjerskih i srodnih studija iz STEM područja
- Prije pandemije COVID-19 – uključuje vremenski period, do ožujka 2020., kada se nastava isključivo održavala „uživo“ u neposrednom kontaktu s učenicima/studentima u učionicama/predavaonicama
- Tijekom pandemije COVID-19 – uključuje vremenski period, od ožujka 2020. (potpuno zatvaranje -„lockdown“) do današnjih dana, kada se nastava, još uvijek, održava u *on-line* okruženju.



U ovome radu su izrađene dvije ankete koje su uglavnom popunjavali studenti FERIT-a. Jedna je bila za studente koji pohađaju prvu godinu na fakultetu, dok je druga bila za studente drugih i trećih godina. Tvrdnje u anketi su bile iste za obje ankete. Studenti prvih godina pitani su za srednjoškolsku eksperimentalnu nastavu koja se provodila u realnim uvjetima prije pandemije i za fakultetsku nastavu koja se provodi za vrijeme pandemije. Studenti drugih i trećih godina bili su pitani za provođenje eksperimentalne nastave prije i tijekom pandemije COVID-19 za vrijeme njihovog studiranja na fakultetu. Anketa sadrži pitanja koja su kodirana uz pomoć Likertove 4-stupanjske i 5-stupanjske skale.

Anketa uključuje demografske podatke vezane za spol, godine, završenu srednju školu, trenutni fakultet i godina studija te je li studentu fakultet bio prvi izbor prilikom upisa ili nije.

Nakon toga se ispituje dio vezan za sudjelovanje u manifestacijama, odnosno aktivnostima vezanima za znanost ili u izvanškolskim aktivnostima vezanima za STEM područje. Ispitanici su pitani da kažu jesu li sudjelovali u nekoj aktivnosti na bilo koji način. Načini na koji su mogli sudjelovati su: promatrači, odnosno posjetitelji, polaznici radionice, voditelji radionice, odnosno prezentacije ili nisu uopće upoznati s tom aktivnošću.

Stavovi i pristup prema praktičnom, odnosno eksperimentalnom radu u nastavi fizike i drugih predmeta, odnosno kolegija iz STEM područja su kategorizirani prema Likertovoj skali koja ima četiri stupnja slaganja. Stupnjevi slaganja su označeni kao: uopće se ne slažem, uglavnom se ne slažem, uglavnom se slažem i potpuno se slažem.

Procjena eksperimentalnog rada u srednjoškolskoj nastavi iz STEM predmeta prije i tijekom pandemije COVID-19 je kategorizirana putem Likertove skale koja ima pet stupnjeva slaganja. Stupnjevi slaganja su označeni kao: nikad, ponekad, odnosno rijetko, često, vrlo često i uvijek.

Procjena eksperimentalnog rada u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja tijekom pandemije COVID-19 se temelji na pitanjima gdje su odgovori dani u obliku prije pandemije COVID-19, tijekom pandemije COVID-19, a moguć odgovor je bio i prije i tijekom pandemije COVID-19.

Stavovi o eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja koja se održava u uvjetima pandemije COVID-19 također su kategorizirani putem Likertove skale od pet stupnjeva slaganja.

Pitanjima otvorenog (esejskog) tipa ispitanici se mogu izjasniti, napisati svoje mišljenje o prednostima i nedostacima i preporukama za poboljšanje provedbe eksperimentalne nastave.

## 4. ANALIZA I RASPRAVA REZULTATA ANKETE

U ovome dijelu rada opisati će se dobiveni rezultati ankete kako bi se dobila što jasnija predodžba o održavanju eksperimentalne nastave u uvjetima pandemije COVID-19.

### 4.1. Postupci analize ankete

Likertovu skalu razvio je američki psiholog Renis Likert 1935. godine. Ljestvica dozvoljava ispitanicima da odaberu svoje mišljenje tj. stupanj slaganja o postavljenom pitanju. Najčešće se sastoji od 10 do 20 pitanja, kojima se iskazuje pozitivan odnosno negativan stav prema danoj izjavi u pitanju. Svako pitanje ili tvrdnja uglavnom ima pet ponuđenih odgovora. Oni predstavljaju stupanj slaganja, odnosno stupanj neslaganja s danom tvrdnjom. Najčešće stupnjevi slaganja imaju oblik: potpuno se slažem, uglavnom se slažem, neutralnost ili neodlučnost, tj. niti se slažem niti se ne slažem, uglavnom se ne slažem i uopće se ne slažem. Te stupnjeve je moguće kodirati te im pridružiti određene brojeve na način da se najnegativnijem stavu pridruži vrijednost 1, dok najpozitivnijem pridružujemo broj 5. Također se još mogu koristiti brojevi -2 za najnegativniji, a +2 za najpozitivniji, dok 0 označava neutralnost (Tablica 4.1.). Za rad s Likertovom ljestvicom je poželjan velik broj izjava popunjenih od više ispitanika. Svako veće pitanje ili cjelina se sastoji od više manjih izjava na koje ispitanici odgovaraju putem stupnjeva slaganja. Potrebno je imati jasne i jednostavne izjave kako bi ih ispitanici lakše razumjeli. Potrebno je potaknuti ispitanike da svaku izjavu popune s ciljem dobivanja što kvalitetnijih rezultata. Izjave koje imaju visok korelacijski koeficijent su najbolje, dok one koje su blizu nule se nastoje zanemariti. Za svakog ispitanika se računa vagana aritmetička sredina za sve odgovore. Likertovu ljestvicu jednostavno je za konstruirati zbog čega ju se često i koristi. Također jednostavna je i ispitanicima. Nedostatak je što treba više vremena kako bi ispitanici dali svoje odgovore. Problem još može biti nedoumica oko mišljenja koje ispitanici daju jer trebaju odrediti stupanj slaganja tj. neslaganja. Na taj način može biti problema na intervalnoj razini oko sigurnosti u razmak između izjava „uglavnom se slažem“ i „niti se slažem niti se ne slažem“ također i između „uglavnom se slažem“ i „potpuno se slažem“. Važno je voditi brigu o tumačenju stupnjeva oko slaganja, odnosno neslaganja s pozitivnim, odnosno negativnim tvrdnjama [17]. Podaci iz ankete su obrađivani putem programa MS Excel.

**Tablica 4.1.** prikazuje Likertovu (5-stupanjsku) skalu i (4-stupanjsku) skalu

| Likertova (5-stupanjska) skala |   |
|--------------------------------|---|
| Nikad                          | 1 |
| Ponekad / rijetko              | 2 |
| Često                          | 3 |
| Vrlo često                     | 4 |
| Uvijek                         | 5 |

| Likertova (4-stupanjska) skala |    |
|--------------------------------|----|
| Uopće se ne slažem             | -2 |
| Uglavnom se ne slažem          | -1 |
| Uglavnom se slažem             | 1  |
| Potpuno se slažem              | 2  |

Ukupan broj odgovora, odnosno stavova je dobiven na način da su sumirani svi odgovori koje su ispitivači dali. Za svaku tvrdnju nije uvijek isti broj odgovora jer neki ispitivači nisu dali svoj odgovor. Tako je onda za svaku pojedinačnu tvrdnju unutar jedne grupe pitanja rađeno sumiranje odgovora. Sumiranje se radilo posebno za svako stav te su se dobivali brojevi istomišljenih ispitanika vezano za odabrani stav. Formula koja se koristila za sumiranje je:

$$y = stav_1 + stav_2 + stav_3 + \dots + stav_n = \sum_{i=1}^n stav_i \quad (4-1)$$

Zbroj stavova se računa:

$$x = n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 2 + n_3 \cdot 3 + n_4 \cdot 4 + n_5 \cdot 5 \quad (4-2)$$

gdje je:

|                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| x - zbroj stavova             | $n_2$ - ukupan broj stavova 2 |
| y - broj stavova              | $n_3$ - ukupan broj stavova 3 |
| u - usrednjeni stav           | $n_4$ - ukupan broj stavova 4 |
| $n_1$ - ukupan broj stavova 1 | $n_5$ - ukupan broj stavova 5 |

Zbroj stavova dobije se na način da se svaki broj stavova pomnoži s vrijednošću koju koja je nastala kodiranjem stupnjeva slaganja kao što je u tablici prikazano.

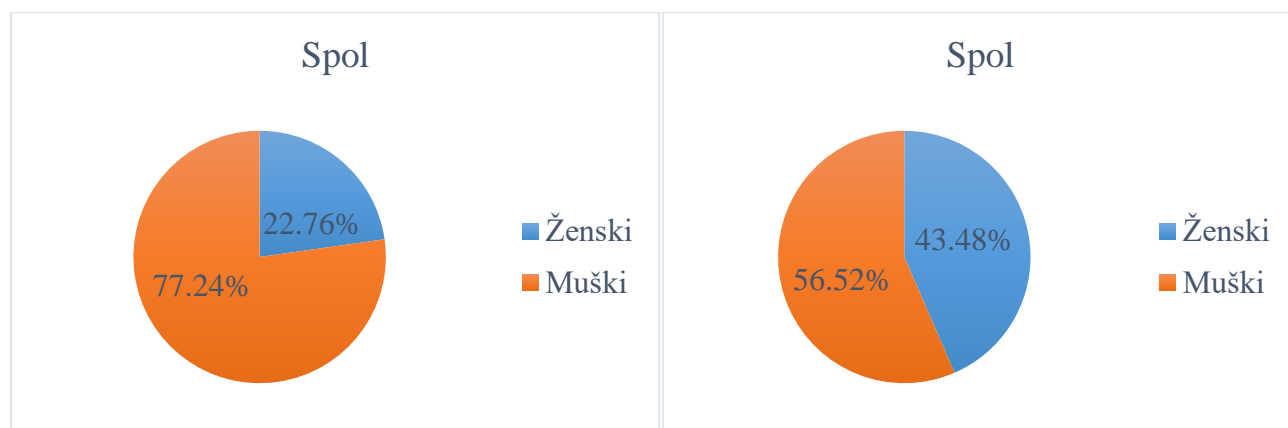
Usrednjeni stav se dobije:

$$Usrednjeni\ stav = \frac{Zbroj\ stavova}{Broj\ stavova} \quad u = \frac{x}{y} \quad (4-3)$$

Usrednjeni stav je omjer zbroja stavova i ukupnog broja stavova. Iz njega je moguće zaključivati na temelju većeg broja ispitanika kakve stavove imaju te da li ih dijele međusobno, odnosno ne dijele. Preko stupnjeva slaganja iskazujemo konačne rezultate ovisno o određenoj izjavi te se to sve može prikazati grafički. Ako je prikaz u grafičkom obliku onda se zornije može vidjeti koji stav prevladava za koju tvrdnju i u kojoj količini ispitanici dijele isto odnosno suprotno mišljenje.

U uvodnom dijelu ankete obrađeni su demografski podaci, kao i podaci vezani uz motivaciju za upis izabranog studija. Također opisuju se i podaci o sudjelovanju u manifestacijama/aktivnostima popularizacije znanosti ili u izvanškolskim aktivnostima iz STEM područja.

Prema slikama 4.1. i 4.2. vidljivo je da prevladavaju muški studenti (77,24%, 56,52%). Ovu anketu je ispunilo 145 studenata prvih godina različitih smjerova čija je prosječna dob 19,6 godina. Studenti koji pohađaju druge i treće godine studija u prosijeku imaju 22 godine, a ukupno njih 69 je ispunilo anketu.



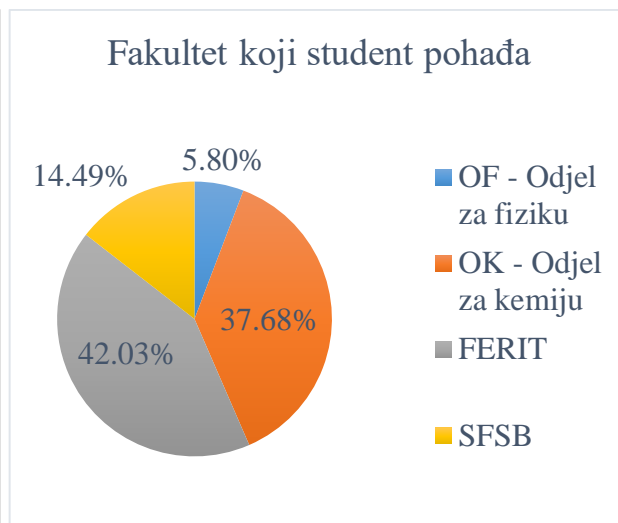
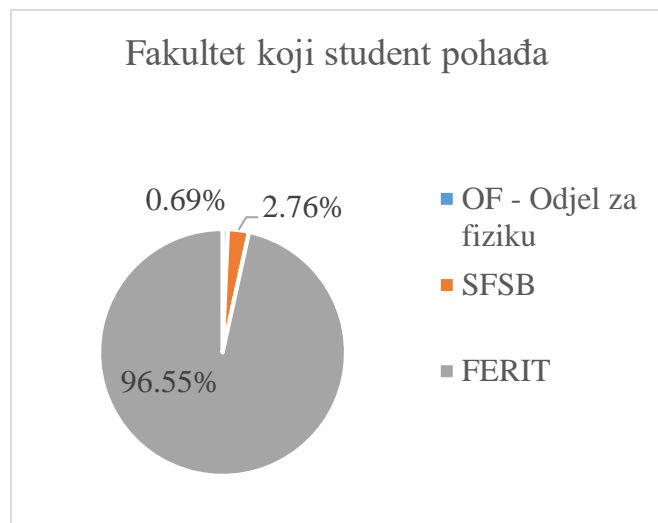
**Slika 4.1.** Grafički prikaz raspodjele studenata 1. god. po spolu

**Slika 4.2.** Grafički prikaz raspodjele studenata 2. i 3. god. po spolu

Gotovo svi ispitanici s prvih godina studija (96,55%) pohađaju Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku (FERIT) koji se nalazi pod Sveučilištem Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Nekoliko ispitanika (2,76%) pohađa Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu (SFSB) te jedan ispitanik (0,69%) pohađa Odjel za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku (Slika 4.3.). Većina ispitanika drugih i trećih godina je s Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku (42,03%), dok je najmanje studenata s Odjela za fiziku (5,8%).



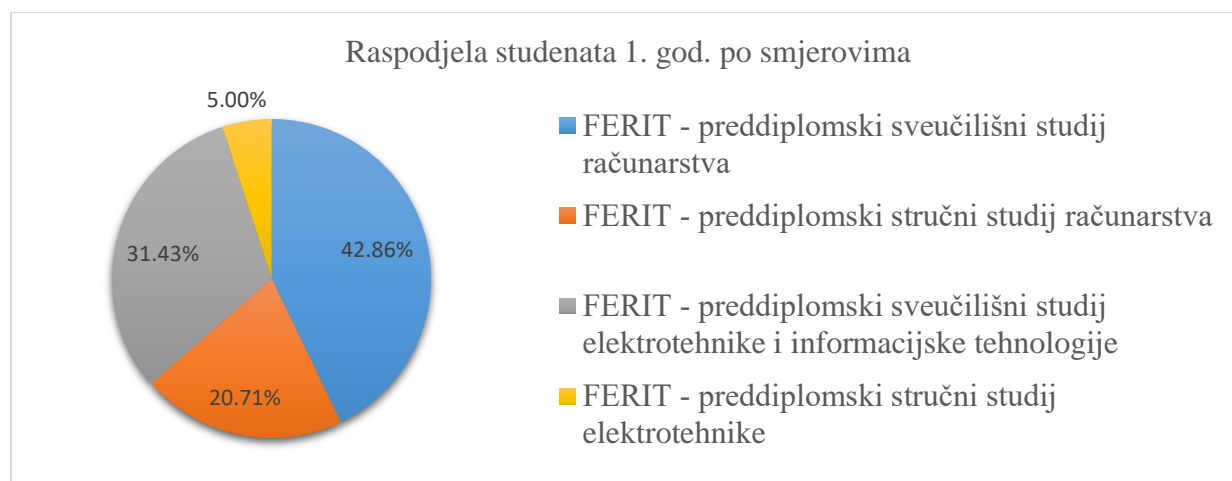
Velik broj studenata koji se odazvao anketi je s Odjela za kemiju (37,68%) te su još sudjelovali studenti sa Strojarskog fakulteta u Slavanskom Brodu (14,49%) (Slika 4.4.).



**Slika 4.3.** Grafički prikaz raspodjele studenata 1. god. po fakultetima

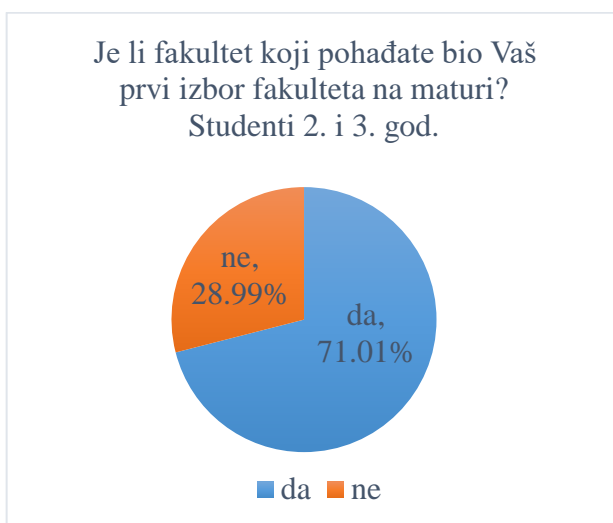
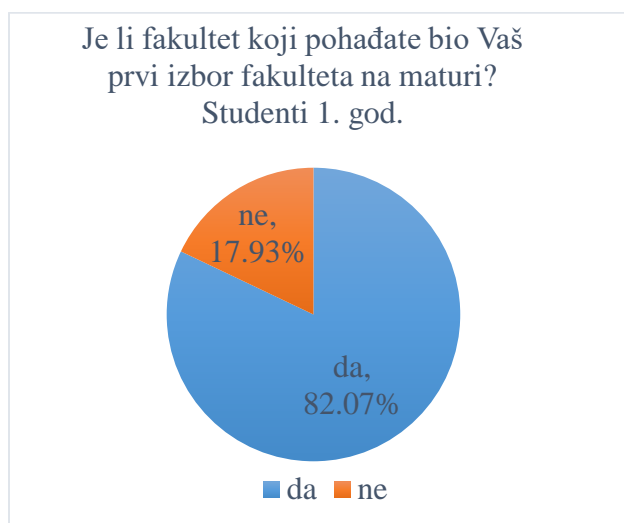
**Slika 4.4.** Grafički prikaz raspodjele studenata 2. i 3. god. po fakultetima

Glavnina studenata prvih godina koja je ispunila anketu je s FERIT-a i to s preddiplomskog sveučilišnog studija računarstva (42,86%), dok je najmanji dio studenata (5%) s preddiplomskog stručnog studija elektrotehnike (Slika 4.5.).



**Slika 4.5.** Grafički prikaz raspodjele studenata 1.god. FERIT-a

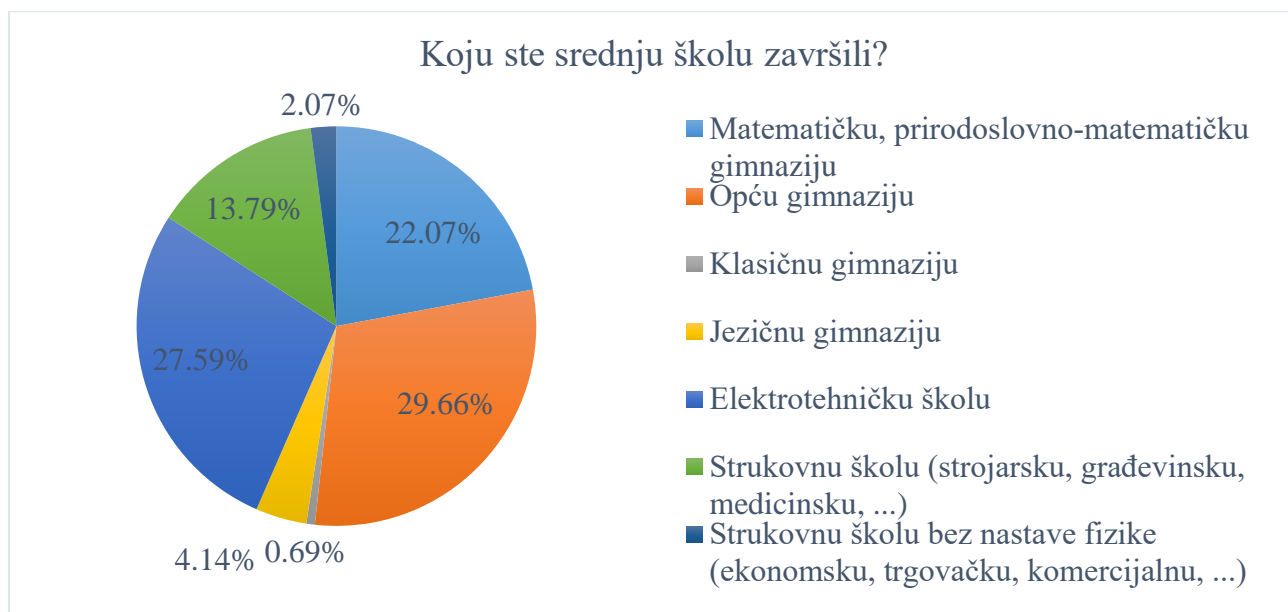
82,07% studenata prve godine i 71,01% studenata druge i treće godine je izjavilo da im je fakultet koji pohađaju bio prvi izbor na maturi (Slika 4.6., Slika 4.7.).



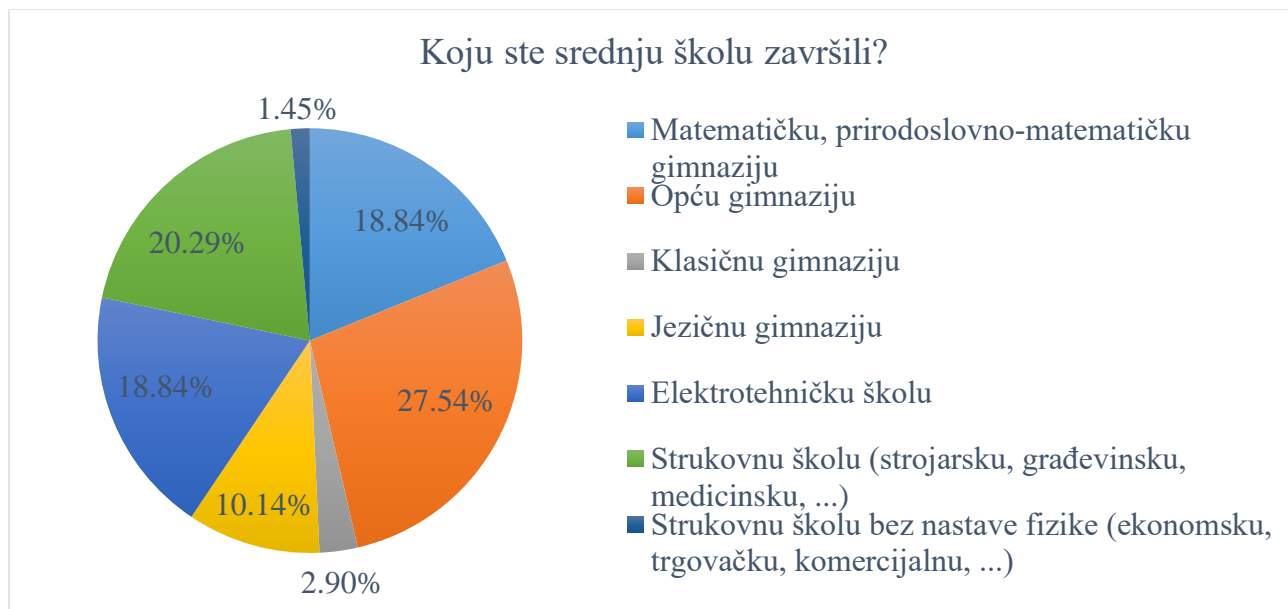
**Slika 4.6.** Motivacija za upis izabranog studija za studente 1. god.

**Slika 4.7.** Motivacija za upis izabranog studija za studenata 2. i 3. god.

Približno jednak postotak studenata završio je neku od gimnazija (56,56%, 59,42%), dok ostatak studenata dolazi iz strukovnih srednjih škola (Slika 4.8., Slika 4.9.).



**Slika 4.8.** Podaci o završenoj srednjoj školi za studente 1.god.



**Slika 4.9.** Podaci o završenoj srednjoj školi za studente 2. i 3 .god.

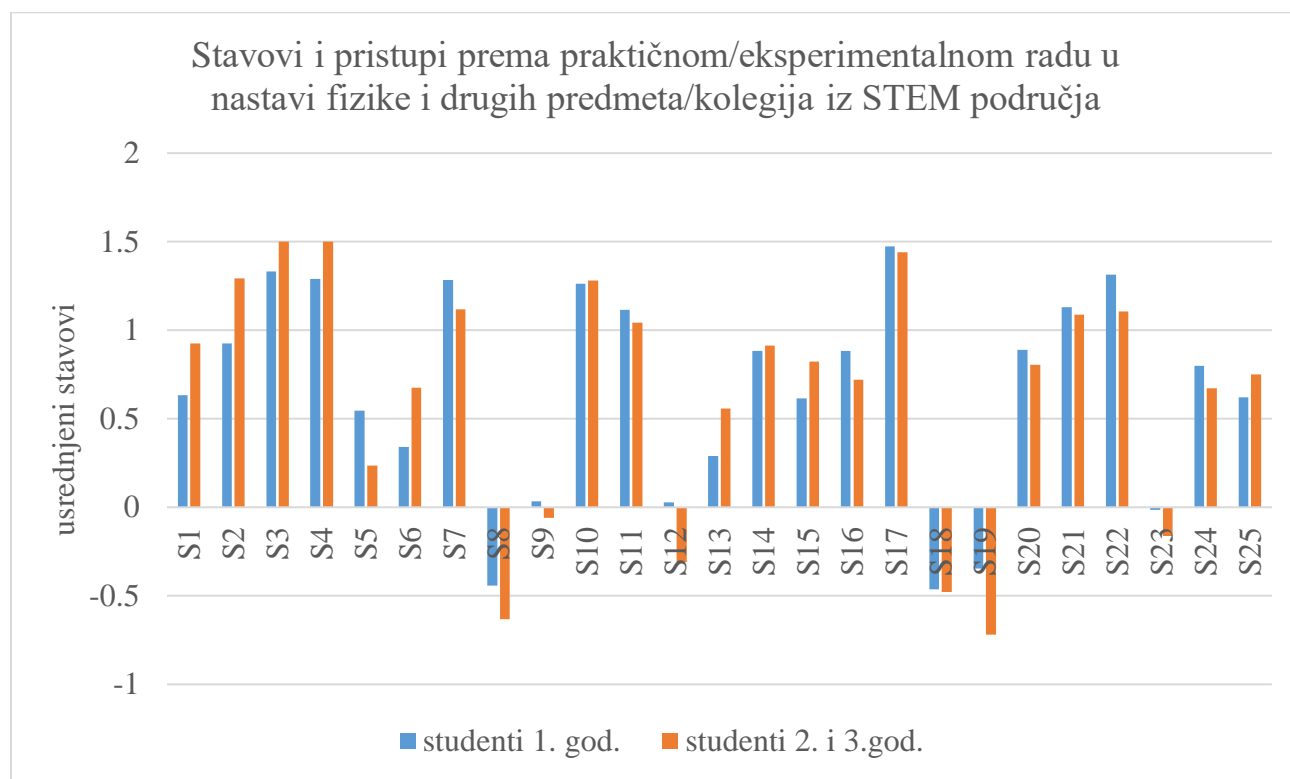
Iz godine u godinu u Hrvatskoj se provode brojni projekti popularizacije STEM područja. Glavni cilj takvih projekata je potaknuti mlade učenike i studente na uključivanje u radionice te da tako na zabavan način nauče nešto više o prirodnim znanostima. Ispitanici iz ove ankete posjetili su neke od takvih manifestacija. Najviše su sudjelovali na Danima otvorenih vrata FERIT-a Osijek, LABUS sajmu na FERIT-u Osijek te na Festivalu znanosti također u Osijeku. Osim manifestacija posjećivali su i prirodoslovno-tehničke muzeje u Zagrebu, Beču, Münchenu, Ženevi.

## **4.2. Stavovi prema eksperimentalnom radu u nastavi fizike i drugih STEM područja**

Dobiveni stavovi su uspoređeni prema eksperimentalnom radu u nastavi fizike i drugih kolegija iz STEM područja. Usporedba je napravljena pomoću Likertove ljestvice na način da je dobiven grafički prikaz usrednjenih stavova ispitanika. Korištena je Likertova (4-stupanjska) skala (Tablica 4.1.). Sa slike 4.10. se može vidjeti da se svi ispitanici gotovo u potpunosti slažu da je nastava zanimljivija ukoliko ona uključuje izvođenje eksperimenata. Češće korištenje eksperimenata tijekom srednjoškolskog obrazovanja povećalo bi motivaciju učenika za upisivanje tehničkih fakulteta. Izvođenje eksperimenata u nastavi pomaže boljem znanju i razumijevanju gradiva. Rad na računalima se pokazao korisnim za prikupljanje, prikazivanje i analizu podataka. Studenti su samodisciplinirani i mogu uspješno upravljati svojim vremenom za učenje i izvršiti zadatke na vrijeme. Također ako se dovoljno potrudite mogu uspješno provoditi fizikalne eksperimente. Tijekom izvođenja eksperimenta

pokušavaju razumjeti kako eksperimentalni postav funkcionira i bitne relacije između mjerenih veličina. Grupni rad poboljšava komunikaciju i suradnju između studenata. Pokusi se izvode kako bi se potvrdili već poznati teorijski rezultati. Ukoliko studenti imaju poteškoća u laboratoriju, prvo što učine je da se obrate nastavniku.

Neslaganje se može uočiti u tvrdnjama da su dečki u grupnome radu spretniji pri mjerenju i korištenju mjernih instrumenata. Iz toga se vidi da se studenti međusobno smatraju ravnopravnima. Smatraju da nastavnici pokazuju sklonost eksperimentalnom radu što pridonosi boljim i učinkovitijim vježbama.



**Slika 4.10.** Usporedba stavova prema eksperimentalnom radu u nastavi fizike i drugih kolegija iz STEM područja.

### **4.3. Procjena eksperimentalnog rada u srednjoškolskoj nastavi iz STEM predmeta prije i tijekom pandemije COVID-19**

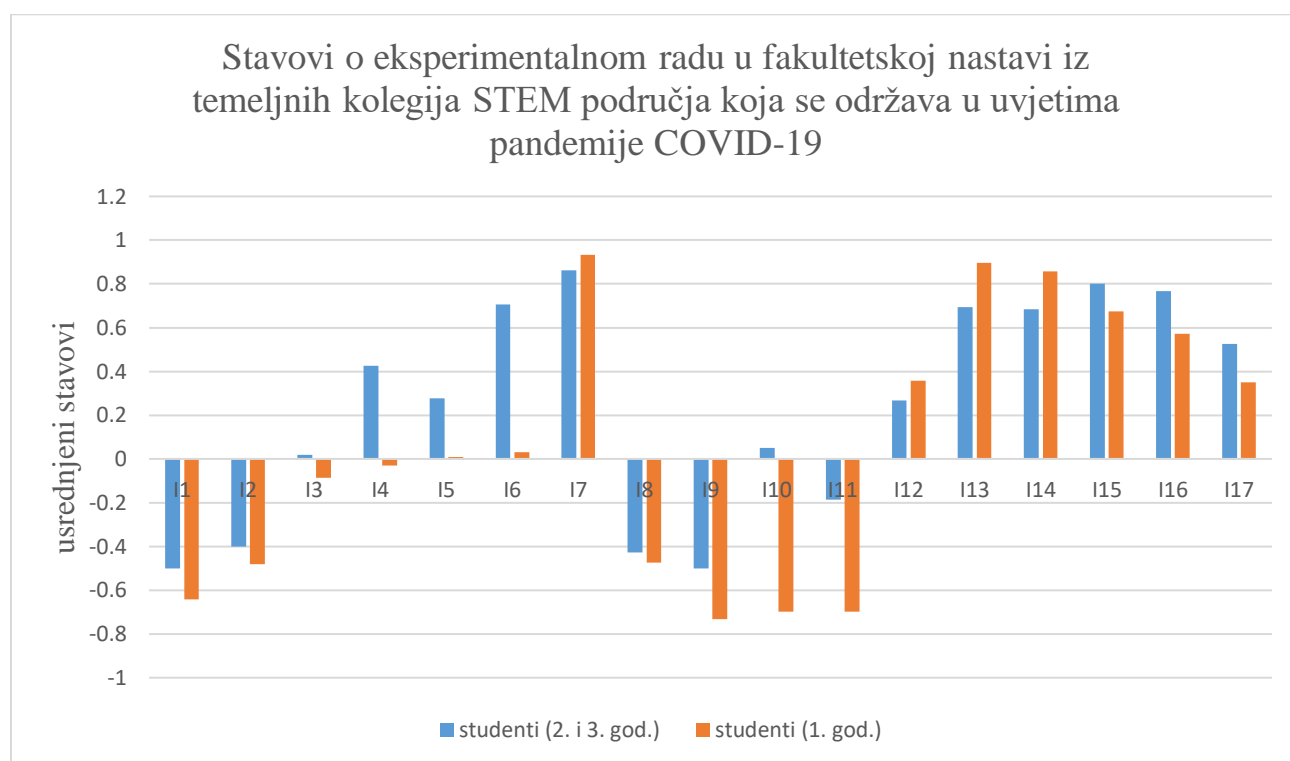
Prije pandemije COVID-19 eksperimenti su se obavljali samo u školi. Učenici su tada grupno izvodili eksperimente na eksperimentalnim postavima koje su samostalno pripremili prema uputama nastavnika. Isto tako primjenjivani su demonstracijski pokusi tijekom kojih nastavnik samostalno izvodi eksperiment, dok učenici bilježe mjerne podatke. Prijelazom na *on-line* način rada korišteni su video-zapisi za eksperimente koji se provode na realnim eksperimentalnim postavima, a s nastavnicima su učenici komentirali, analizirali i interpretirali rezultate tih eksperimenata. Također, učenici obavljaju mjerenja pomoću virtualnih eksperimenata tj. simulacija/interaktivnih animacija.

### **4.4. Procjena eksperimentalnog rada u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja prije i tijekom pandemije COVID-19**

Usporedba stavova o eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja koja se održava u uvjetima pandemije COVID-19 nalazi se na slici 4.11. Usporedba je napravljena pomoću Likertove ljestvice na način da je dobiven grafički prikaz usrednjenih stavova ispitanika.

Unatoč promjenama u strukturi i provedbi laboratorijskih vježbi/praktikuma, studentima je uglavnom drago da su se one ipak odvijale. Studenti smatraju kako je rad u realnim laboratorijskim uvjetima ipak mnogo kvalitetniji te da se on samo u krajnjoj nuždi može zamijeniti provođenjem eksperimenata na daljinu korištenjem video-snimki i interaktivnih animacija eksperimenata. Druga istraživanja također pokazuju kako bi nastava na daljinu trebala biti privremena te da čim uvjeti i mogućnosti budu dozvoljavale da se vježbe izvode na klasičan način [13]. Svi studenti smatraju kako nedostatak suradnje među članovima tima i nedostatak neposredne komunikacije s nastavnikom prilikom izvođenja eksperimenata otežava provedbu laboratorijskih vježbi izvan fakultetskih laboratorija. To se posebno vidi na rezultatima studenata prvih godina s obzirom da su tek započeli svoje studiranje, a nisu imali priliku steći dovoljno iskustva za potrebnu kvalitetnu suradnju. Primjena modernih tehnologija olakšava studentima eksperimentalni rad te pozitivno utječe na razumijevanje nastavnih sadržaja. Studenti viših godina pokazuju nešto veće zadovoljstvo korištenjem mobilnih aplikacija jer su u dosadašnjem fakultetskom obrazovanju stekli potrebna znanja i vještine za njihovo korištenje. Najčešća korištena mobilna aplikacija među studentima je Phyphox [12].

Sa istog grafa mogu se iščitati i velike razlike u odgovorima među studentima prvih i viših godina studija. Primjerice, studenti viših godina češće komuniciraju putem e-maila s nastavnicima u odnosu na studente prvih godina. Većinom studenti prvih godina primjećuju razliku u svom napretku u učenju i razumijevanju nastavnog sadržaja ako se eksperimentalni zadaci odrađuju korištenjem mobilnih aplikacija i interaktivnih simulacija eksperimenata, dok su studenti viših godina podijeljenog mišljenja. Podijeljeno mišljenje dijele i s izjavom da ne postoji razlika u njihovom napretku u učenju i razumijevanju nastavnog gradiva odrađujući eksperimente u fakultetskim laboratorijima u odnosu na provedbu eksperimenata izvan laboratorija. Studenti prvih godina s tom izjavom se uglavnom ne slažu. Moguć razlog zašto je to tako je veća zainteresiranost studenata prvih godina za odrađivanjem zadanih zadataka i napredovanjem u učenju.



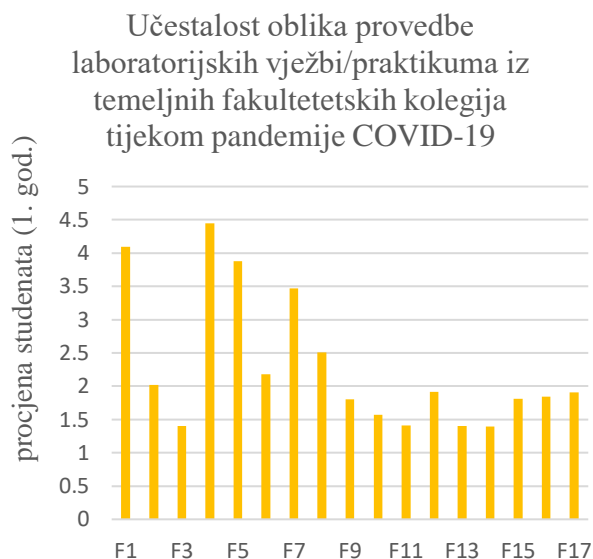
**Slika 4.11.** *Usporedba stavova o eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja koja se održava u uvjetima pandemije COVID-19.*

Iz priloženih grafova (Slika 4.12. i Slika 4.13.) može se iščitati kako se oblici provedbe laboratorijskih vježbi iz temeljnih fakultetskih kolegija iz STEM područja tijekom pandemije COVID-19 nisu znatno razlikovali između studenata prvih i viših godina. Prije pandemije COVID-19 eksperimenti su se obavljali samo u fakultetskim laboratorijima, a kod studenata prvih godina

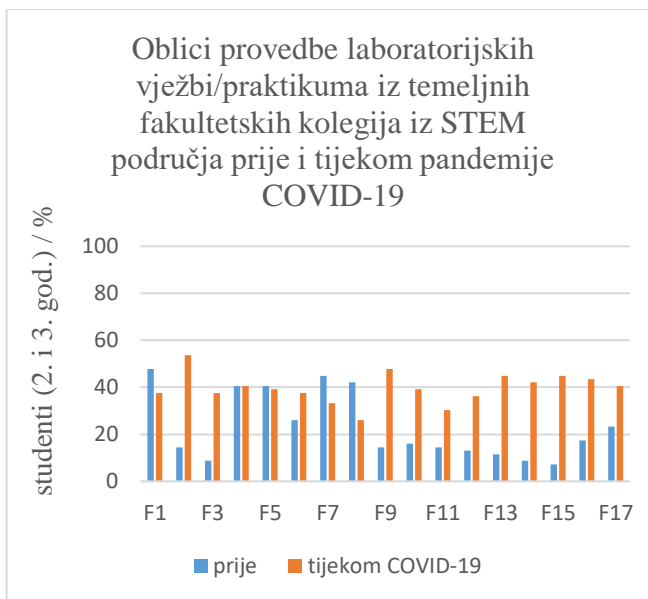
većinom su se tako nastavili provoditi i tijekom pandemije. Gotovo svi studenti se prije laboratorijskih vježbi pripremaju uz pomoć predložaka i priručnika ili neke druge literature. Studenti i prije i tijekom pandemije samostalno odrađuju eksperimentalni zadatak na već pripremljenim eksperimentalnim postavama koristeći predloške, priručnike ili neku drugu literaturu kako bi se pripremili za eksperimentalnu nastavu. Isto tako, izvode i eksperimente na eksperimentalnom postavu koji trebaju, uz pomoć nastavnika, samostalno prirediti. Studenti više vole kada samostalno prikupljaju podatke u usporedbi kada podatke dobiju iz simulacija jer time stječu eksperimentalne vještine [9]. Prijašnja istraživanja pokazuju da studenti učinkovito provode eksperimente ako imaju predznanje o eksperimentalnom postavu i eksperimentalnom postupku [18].

Iako se studenti prvih godina rijetko koriste svojim pametnim telefonima kao mjernim instrumentima, studenti viših godina češće koriste mobilne aplikacije u odnosu na razdoblje prije pandemije. Simulacije su se uglavnom koristile u vrijeme pandemije kao i virtualni mjerni instrumenti, dok se samo mali postotak studenata (17,39%) njima koristio i prije pandemije. Studenti iz drugih istraživanja kao dopunu eksperimentalnim vježbama koriste simulacije za poboljšanje kvalitete vježbi. Kod njih se virtualni laboratorij pokazao jako učinkovit u učenju i angažmanu studenata [8]. U vrijeme pandemije korišteni su i video-zapisi koji se provode na realnim eksperimentalnim postavama, a prema naputcima nastavnika studenti provode analizu i interpretaciju eksperimentalnih rezultata. Takav oblik provođenja eksperimentalne nastave vrlo je rijetko korišten prije pandemije.

Dobiveni rezultati ukazuju da su studenti viših godina eksperimentalne vježbe izvodili djelomično u fakultetskim laboratorijima, a djelomično izvan njih. Kada su se eksperimenti obavljali izvan laboratorija, studenti su se koristili opremom i priborom koji im je dostupan kod kuće. U pretpandemijskom razdoblju to je bila rijetka praksa. Različita istraživanja pokazuju kako skoro svi studenti imaju pristup potreban za rad na daljinu što uključuje računalo i dobru internetsku vezu [8, 9]. Suprotno tome, istraživanje provedeno u Indiji govori kako njihovi studenti koji žive u ruralnim i udaljenim područjima imaju slabiju internetsku vezu te povremene poteškoće u nastavi na daljinu [14]. S obzirom na otežano održavanje eksperimentalnih vježbi tijekom pandemije, studenti češće koriste konzultacije s nastavnicima za ovaj oblik nastave.



**Slika 4.12.** Učestalost oblika provedbe laboratorijskih vježbi/praktikuma iz temeljnih fakultetskih kolegija tijekom pandemije COVID-19 za studente 1. god.

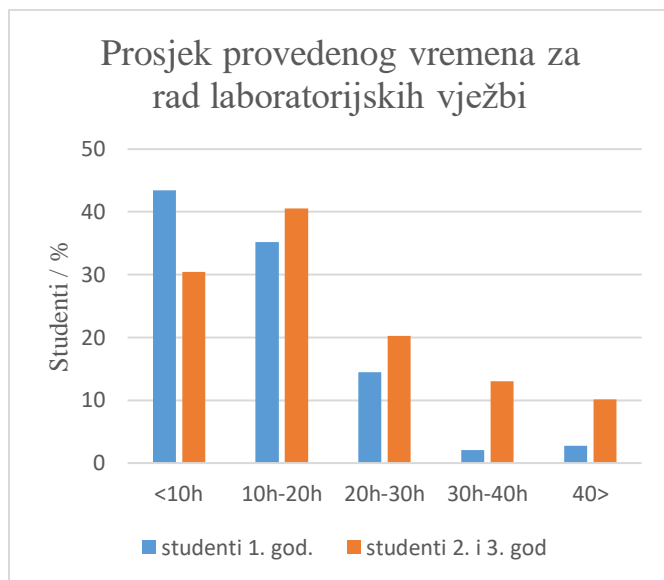


**Slika 4.13.** Oblici provedbe laboratorijskih vježbi/praktikuma iz temeljnih fakultetskih kolegija iz STEM područja prije i tijekom pandemije COVID-19.

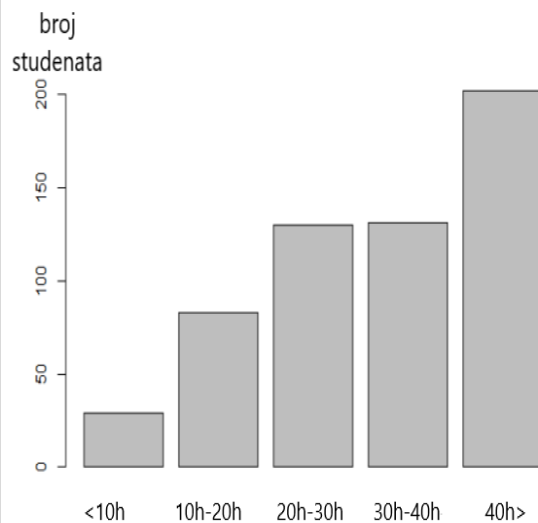
Programi koji su korišteni tijekom eksperimentalnog rada za neke aktivnosti poput pisanja laboratorijskih priprema, analizu eksperimentalnih rezultata, izradu laboratorijskih izvješća su: MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, Adobe Reader, E-mail, Internet preglednici... Računalni alati i sustavi *on-line* učenja koji su se koristili u eksperimentalnom radu prije pandemije su uglavnom bili Loomen i Merlin. Tijekom pandemije su se znatnije počeli koristiti MS Teams, BigBlueButton, Zoom i Google Meet [15].

Sa slike 4.14 je vidljivo da studenti prvih godina fakulteta provode manje vremena za rad laboratorijskih vježbi u odnosu na kolege drugih i trećih godina. Uspoređujući s vremenom koje studenti na drugim fakultetima (Slika 4.15.) provode za laboratorijske aktivnosti vidi se da više od jedne trećine studenata uči više od 40 sati tjedno [9]. Može se zaključiti da studenti FERIT-a u odnosu na studente s drugih fakulteta provode puno manje vremena za rad u laboratoriju. Dok ispitanici ove ankete najčešće provode manje od 20 sati tjedno u istraživanju [9] je takvih studenata najmanje.



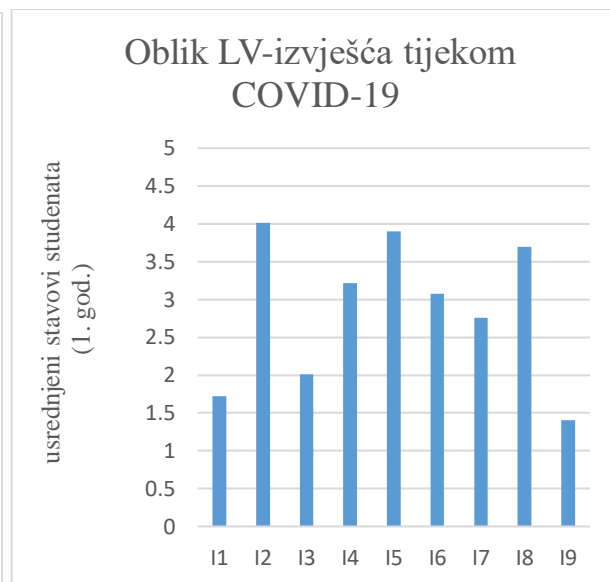
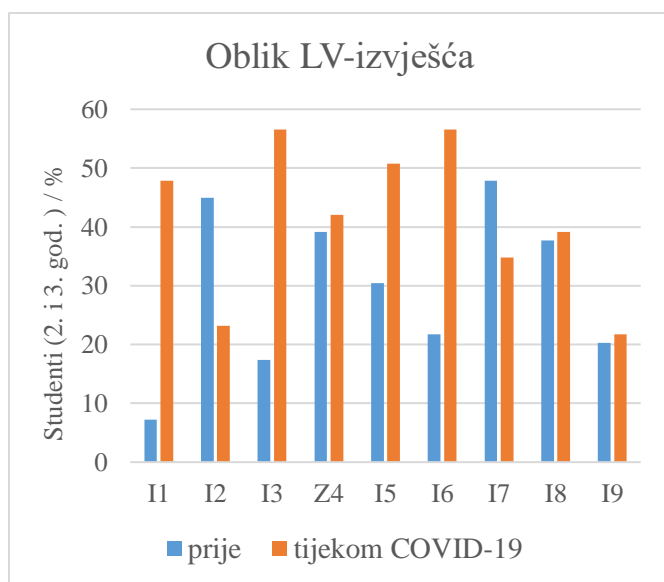


**Slika 4.14.** Broj provedenog vremena za rad laboratorijskih vježbi sudionika ove ankete.



**Slika 4.15.** Broj provedenog vremena za rad laboratorijskih vježbi gdje je sudjelovalo pet sveučilišta [9].

Tijekom pandemije studenti su najčešće radili s mjernim podacima koje su samostalno izmjerili. Uz ovaj način studenti su još analizirali i stvarne mjerne podatke koje je izmjerio nastavnik. Rijetko su se koristili vrijednostima dobivenih iz simulacija. Studenti prvih godina izvještaje su najčešće predavali u papirnatom obliku, dok su 47,83% studenata viših godina svoja izvješća predavala u elektroničkom obliku. Svi studenti se slažu da je najvažniji dio izvješća bila analiza i rasprava o dobivenim eksperimentalnim rezultatima. Često se za crtanje grafova i grafičku analizu mjernih podataka koriste računalni programi (npr. Excel,...). Kao i prije pandemije, u izvješću su se nastavili rješavati zadaci koji su bili zadani u predlošku (kao radna bilježnica) za eksperiment. Izvješća se rijetko izlažu usmeno, a 21,74% studenata viših godina svoja izvješća je prezentiralo koristeći PowerPoint prezentacije (Slika 4.16., 4.17.).



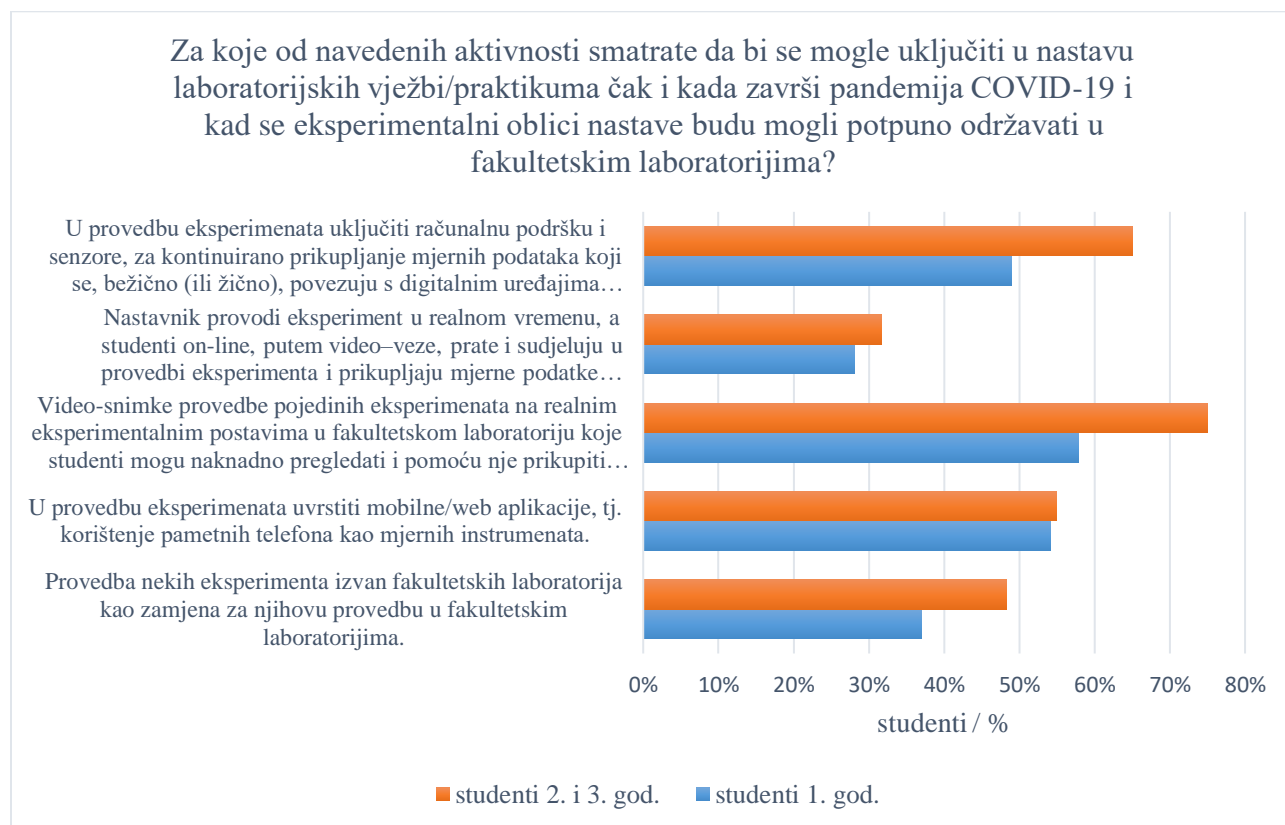
**Slika 4.16.** *Oblik laboratorijskih izvješća o provedenim eksperimentima za studente viših godina*

**Slika 4.17.** *Oblik laboratorijskih izvješća o provedenim eksperimentima za studente prvih godina*

#### **4.5. Stavovi o eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja koja se održava u on-line okruženju tijekom pandemije COVID-19**

Aktivnosti koje bi se mogle uključiti u nastavu laboratorijskih vježbi čak i kada završi pandemija COVID-19 i kad se eksperimentalni oblici nastave budu mogli potpuno održavati u fakultetskim laboratorijima su dani mišljenjem studenata (Slika 4.18.). Studenti su suglasni oko provedbe video snimki pojedinih eksperimenata na realnim eksperimentalnim postavima u fakultetskom laboratoriju koje mogu naknadno pregledati i pomoću nje prikupiti mjerne podatke za analizu. Takav način provedbe eksperimenata im se najviše svidio zbog toga što imaju mogućnost pregleda video snimke koja im omogućava detaljniji pregled eksperimenta u odnosu na provedbu kada nastavnik izvodi eksperiment u realnom vremenu, a studenti *on-line*, putem video-veze, prate i sudjeluju u provedbi eksperimenta i prikupljaju mjerne podatke za analizu. Gotovo svi studenti iz istraživanja [8] također smatraju gledanje videozapisa korisnim. Više od polovine studenata htjeli bi uvrstiti mobilne ili *web* aplikacije u provedbu eksperimenata (54,1%, 55%), a čak 65% studenata drugih i trećih godina te 48,9% studenata prvih godina u provedbu eksperimenata žele uključiti računalnu podršku i senzore, za kontinuirano prikupljanje mjernih podataka koji se, bežično (ili žično), povezuju s digitalnim uređajima. Dok se studenti u ovoj anketi uglavnom slažu da provedba

nekih eksperimenata izvan fakultetskih laboratorija ne mogu biti zamjena za njihovu provedbu u fakultetskim laboratorijima, studenti u Indiji [14] smatraju da virtualni laboratoriji pozitivno utječu na njih te žele njihovo uvođenje i u drugim semestrima. Prema navedenim stavovima može se zaključiti da studenti prihvaćaju hibridni oblik eksperimentalne nastave i smatraju da bi se takav oblik trebao uključiti u nastavu i po završetku pandemije.



**Slika 4.18.** Aktivnosti za koje studenti smatraju da bi se mogle uključiti u laboratorijsku nastavu.

Usporedba muških i ženskih stavova prema eksperimentalnom radu donosi sljedeće zaključke. Studentice prvih i viših godina uglavnom se slažu da su samodisciplinirane te da mogu uspješno upravljati svojim vremenom za učenje i izvršiti zadatke na vrijeme. Isto mišljenje dijele i studenti viših godina, dok je samodisciplina kod muških studenata prvih godina nešto slabija. Razlog tome može biti da dio muških studenata prvih godina nije razvio dovoljno radnih navika. Prilikom izvođenja eksperimenata, studentice viših godina smatraju se spretnijima prilikom izvođenja eksperimenata naspram studentica nižih godina te muških studenata. Studentice i studenti ne smatraju da su dečki spretniji pri mjerenju i korištenju mjernih instrumenata. Smatraju se međusobno ravnopravnima. Muški studenti drugih i trećih godina, dok izvedu eksperiment rade, češće rade pretpostavke kako bi

provjerili imaju li dobiveni rezultati smisla. Iz toga proizlazi zaključak da su sposobni primijeniti stečena znanja te procijeniti ispravne rezultate. (P.4.1., P.4.2.) Razlike u mišljenjima kod studenata FERIT-a i studenata s ostalih fakulteta uglavnom su minimalne. Studenti drugih fakulteta smatraju da njihovi nastavnici pokazuju veću sklonost prema eksperimentalnom radu, dok studenti FERIT-a neutralnog mišljenja. Studenti FERIT-a smatraju kako je osnovna svrha eksperimenata potvrđivanje već poznatih teorijskih rezultata. Studenti s ostalih fakulteta također se slažu s tim stavom, ali u nešto manjoj mjeri vjerojatno zbog toga što imaju mogućnost provođenja više različitih i novih eksperimenata. Studenti FERIT-a uglavnom se ne slažu da mogu završiti neki eksperiment bez razumijevanja jednadžbi i fizikalne pozadine sustava ili pojave koju istražuju. Oni se prije svakih laboratorijskih vježbi moraju pripremiti i proučiti potrebne predloške kako bi mogli prisustvovati provođenju eksperimentalne nastave. (P.4.3., P.4.4.)

Usporedba stavova prema eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi fizike i drugih temeljnih kolegija STEM područja koja se održavala tijekom pandemije COVID-19 donosi iduće zaključke. Muški studenti viših godina uglavnom izražavaju zadovoljstvo provođenjem eksperimenata izvan laboratorija jer nisu bili vremenski ograničeni za izvođenje eksperimenata, dok su studentice neutralnog mišljenja. Pretpostavka je da vremensko ograničenje studentima izaziva veći stres nego studenticama. Svi studenti smatraju da nisu u mogućnosti izvesti zadane eksperimente izvan fakultetskih laboratorija, a posebno se tu ističu stavovi studentica prvih godina koje izražavaju veće neslaganje. Razlog tome je nedostatak mjerne opreme što otežava rad eksperimenata izvan fakultetskih laboratorija. (P.4.7., P.4.8.)

Studenti FERIT-a i studenti s ostalih fakulteta podijeljenog su mišljenja kada se radi o provođenju eksperimenata izvan laboratorija. Studenti FERIT-a provode puno više vremena na pojedinom eksperimentu, nego što bi proveli standardno na fakultetu. Studenti ostalih fakulteta s tom tvrdnjom uglavnom se ne slažu. Pretpostavka je da studenti FERIT-a brže odrađuju zadatke ako rade u grupi ili u paru, nego kada eksperimente izvode samostalno kod kuće. Studenti FERIT-a vide korist u video konzultacijama prije i nakon eksperimenta jer na taj način brže i jasnije mogu dobiti odgovore na svoja pitanja. Studenti s drugih fakulteta o video konzultacijama imaju neutralno mišljenje. (P.4.5., P.4.6.)

## 4.6. Analiza pitanja otvorenog tipa

Na temelju iskustava u eksperimentalnom radu iz STEM područja tijekom pandemije COVID-19 studenti su izrazili najčešće prednosti. Studenti preddiplomskog sveučilišnog studija kao i preddiplomskog stručnog studija smatraju da su manje grupe studenata na laboratorijskim vježbama bile bolje jer su imali mogućnost lakše i opuštenije komunikacije s nastavnikom. Izvođenje nekih laboratorijskih vježbi koje se rade od kuće u određenom vremenskom periodu omogućavaju studentu fleksibilnost i prilagođavanje drugim obavezama. Studenti nisu vremenski ograničeni u provedbi eksperimenata, ali moraju imati napravljene kompletne eksperimentalne izvještaje koje predaju nastavcima u dogovorenim terminima. *On-line* nastava pruža i uštedu vremena kao i troškova studiranja jer većina studenata živi s roditeljima i ne trebaju putovati na fakultet [15, 16]. Velik broj studenata je vježbe odrađivao na fakultetu i to smatraju prednošću jer se laboratorijske vježbe trebaju uglavnom provoditi u fizičkim laboratorijima. Agencija za znanost i visoko obrazovanje iz Zagreba smatra da *on-line* nastava ne može pružiti odgovarajući pristup praktičnome radu i izvođenju vježbi [19].

Ovo su najčešće izjave studenata o prednostima provedbe eksperimentalnog rada u specifičnim epidemiološkim uvjetima:

*„Prednosti su manje grupe studenata, mogućnost razgovora s profesorom o nedoumicama pri izvođenju eksperimenta te korištenje fizičke opreme (instrumenata).“*

*„Studenti koji možda nisu u mogućnosti pratiti vježbe uživo zbog bolesti mogu pratiti online te tako ne moraju izostajati sa vježbi. Dostupni su nam mnogi korisni online alati koji nastavu čine zanimljivom.“*

*„Mislim da je prednost ukoliko radimo od kuće eksperiment to što nismo ograničeni vremenom te samostalnije radimo vježbe.“*

*„Prednost je zasigurno veća fleksibilnost i manji vremenski pritisak pri samom radu na provedbi eksperimenta. Nadalje, kada se koriste animacije/interaktivni pokusi, brže se može odraditi više mjerenja podjelom rada na članove tima, nego kada postoji samo jedan eksperimentalni postav po grupi, kao što to biva u laboratoriju.“*

*„Prednosti eksperimentalnog rada laboratorijskih vježbi tijekom pandemije su te što se video materijali mogu pogledati kada želimo i koliko puta želimo. Također ne moramo biti u gradu u kojem studiramo da bi pratili predavanja.“*

Nedostatak provedbe eksperimentalnog rada po mišljenju studenata FERIT-a je uglavnom otežana interakcija s kolegama i nastavnicima, kao i podrška u provođenju laboratorijskih vježbi. Nekim studentima je teško pratiti ovaj način laboratorijske nastave kao i slabijim studentima koji potencijalno zaostaju u načinu rada na daljinu jer se ne uspijevaju prilagoditi njemu i teže rješavaju zadane zadatke. Studenti velikim nedostatkom smatraju manjak fizičkog korištenja mjerne opreme i instrumenata. Slaba koncentracija i neusredotočenost prilikom samostalnog provođenja eksperimenta javlja se kod nekolicine studenata. Neusklađenost nastave predavanja i laboratorijskih vježbi iziskuje više truda ako predavanja kasne za laboratorijskim vježbama. Studentima se ne sviđaju opsežne analize i računanja koja samo mehanički naprave, a k tome oduzima im puno vremena. Studenti žele da predlošci budu napisani jasnije i s više smjernica kako bi bili razumljiviji. Poželjno bi bilo da nastavnici detaljnije objasne način provođenja eksperimenta kako studenti ne bi imali dodatnih pitanja. Velik broj studenata je laboratorijske vježbe radio u fakultetskim zgradama jer nisu imali mogućnost provedbe određenih eksperimenata od kuće, a razlog je uglavnom mjerna oprema i instrumenti koji se koriste za određeni eksperiment.

Na temelju dosadašnjeg iskustva u eksperimentalnom radu studenti najčešće navode sljedeće nedostatke specifične provedbe eksperimentalnog rada:

*„Studenti nisu toliko motivirani raditi zadatke i eksperimente te im je teže neko gradivo svladati jer nemaju verbalan kontakt s nastavnicima“*

*„Nedostatak kontakta sa profesorima i ostalim studentima, poteškoće pri suradnji sa ostalim studentima iz grupe, nedostatak upoznavanja rada s pravim mjernim instrumentima, poteškoće pri razumijevanju gradiva koje se tiče eksperimenata,...“*

*„Ponekad se teško snaći s mjernom opremom koju imamo kod kuće (recimo, nedostatak 2 mobitela istovremeno koji su nekad potrebni za mjerenje).“*

*„Najveći nedostatak provedbe eksperimenata izvan prostorija fakulteta je nedostatak opreme koja je potrebna za odgovarajući eksperiment...“*

*„Ipak ništa ne može zamijeniti fizičko prisustvo i blizinu mjernih instrumenata.“*

*„...predetaljne analize i izvještaji.“*

Na temelju iskustava u eksperimentalnom radu tijekom pandemije COVID-19 studenti su preporučili da se uvedu mobilne aplikacije u rad laboratorijskih vježbi. Predlažu da se jednostavnije vježbe odrađuju izvan fakulteta, kao i one što vremenski kraće traju uz mogućnost rada od kuće. Smatraju kako je potrebno više komunikacije između studenata i nastavnika. U istraživanju [9] potvrđena je visoka korelacija između komunikacije i postignuća u učenju. Preduvjet za uspješno odrađivanje i razumijevanje zadataka jest dobra komunikacija i interakcija između predavača i studenata [9]. Studenti se slažu u mišljenju da se laboratorijske vježbe trebaju održavati fizički u prostorijama fakulteta jer su na taj način jasnija, učinkovitija i efikasnija.

Preporuke studenata za poboljšanje nastave laboratorijskih vježbi, u specifičnim epidemiološkim uvjetima, koje bi olakšale i pomogle u lakšem savladavanju zadataka i obveza koje uključuju praktični rad u temeljnim kolegijima iz STEM područja:

*„Smatram kako bi se trebale dodatno uvesti mobilne aplikacije poput Phyphoxa jer s time olakšavaju studentima provođenje pokusa.“*

*„Smatram da bi bilo dobro da ubuduće imamo kombinirano LV uživo i online.“*

*„U nastavu bi trebalo uključiti mobilne telefone, raznorazne interaktivne animacije te jasne upute za rad u laboratoriju. Virtualni prikaz izvođenja vježbe u sklopu pripreme za laboratorijske vježbe puno bi pomoglo učenicima te im omogućilo efikasnije i temeljitije izvođenje same vježbe bez potrebe za istraživanjem kako se što radi.“*

*„Snimke provođenja eksperimenta su uvijek dobro došle jer ih možemo pogledati koliko god puta nam je potrebno.“*

*„Kratki video snimci za svaki eksperiment, u kojima profesori pokazuju postavu instrumenata koji su potrebni za eksperiment i gdje se ukratko objašnjava kako što funkcionira, što će se raditi u eksperimentu i na što treba obratiti pažnju.“*

*„Mislim da bi se laboratorijske vježbe trebale održavati uživo uz mjere (nošenje maski, dezinficiranje ruku, držanje razmaka) jer mislim da tako studenti puno bolje nauče. Ako se vježbe ne bi mogle održati uživo, pokušati održati laboratorijske vježbe u realnom vremenu gdje bi profesor radio, a studenti zapisivali bilješke i radili analize.“*

*„Prijedlog je da se što više pokušava odvijati nastava uživo jer je efikasnija, no ukoliko nema te mogućnosti, trebalo bi što više prostora i vremena ostavljati studentima za rješavanja laboratorijskih vježbi te ih pokušati maksimalno uključiti u rad bilo kakvom metodom.“*

#### **4.6.1. Smjernice za provedbu eksperimentalnog rada u specifičnim uvjetima provođenja nastave**

U provedbu eksperimenata treba uključiti računalnu podršku i senzore za kontinuirano prikupljanje mjernih podataka koji se, bežično ili žično, povezuju s digitalnim uređajima (pametni telefon, tablet, računalo) studenata. Nastavnik provodi eksperiment u realnom vremenu, a studenti online, putem video veze prate i sudjeluju u provedbi eksperimenta i prikupljaju mjerne podatke za analizu. Treba uvrstiti video-snimke provedbe pojedinih eksperimenata na realnim eksperimentalnim postavima u fakultetskom laboratoriju koje studenti mogu naknadno pregledati i pomoću nje prikupiti mjerne podatke za analizu. U provedbu eksperimenata trebale bi se uvrstiti mobilne/web aplikacije, tj. korištenje pametnih telefona kao mjernih instrumenata. Provedba nekih eksperimenata izvan fakultetskih laboratorija kao zamjena za njihovu provedbu u fakultetskim laboratorijima.



## 5. ZAKLJUČAK

Izazovi pri provedbi eksperimenata u *on-line* uvjetima rada bili su pronaci metode za izvođenje eksperimentalnih vježbi, a da se istovremeno ne naruši kvaliteta eksperimentalne nastave, te tako omogućiti studentima njeno kontinuirano provođenje. Za vrijeme pandemije COVID-19 eksperimentalne vježbe su se na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, uglavnom obavljale u fakultetskim laboratorijima. Od specifičnih načina provedbe eksperimenata koristile su se video demonstracije na realnim eksperimentalnim postavima, simulacije i mobilne/*web* aplikacije. U prednosti specifičnih oblika provedbe nastave studenti ubrajaju samostalnost u radu, fleksibilnost pri izvođenju eksperimenata i korištenje modernih tehnologija. Kao nedostatke navode moguće tehničke poteškoće, otežanu međusobnu komunikaciju uslijed nedostatka fizičkog kontakta te pasivno sudjelovanje u izvođenju eksperimenta. Preporuka studenata za poboljšanje eksperimentalne nastave je uvođenje hibridnog oblika što znači da se u provedbu eksperimenata uključi računalna podrška i senzori te da se koriste video demonstracije provedbe eksperimenata na realnim eksperimentalnim postavima u fakultetskom laboratoriju koje studenti mogu naknadno pogledati i pomoću nje prikupiti mjerne podatke za analizu. Studenti su prepoznali da korištenje pametnih telefona i *web* aplikacija kao mjernih instrumenata, poboljšava napredak u nastavi te ih žele uključiti u daljnji rad. Samo u krajnjoj nuždi, neposredan rad s mjernom opremom u realnim laboratorijskim uvjetima, može se zamijeniti provođenjem eksperimenata na daljinu korištenjem specifičnih načina provedbe eksperimenata. Visokoškolska inženjerska nastava je nezamisliva bez izvođenja eksperimentalnog dijela nastave.

## LITERATURA

- [1] Hrvatski zavod za javno zdravstvo i Ministarstvo znanosti i obrazovanja Zagreb, 28. 05. 2021., dostupno na: <https://www.hzjz.hr/wp-content/uploads/2020/03/Preporuke-za-odr%C5%BEavanje-nastave-na-visokim-u%C4%8Dili%C5%A1tima-u-razdoblju-pandemije-bolesti-COVID-19-uz-primjenu-protuepidemijskih-mjera.pdf> [15.6.2021.]
- [2] Uloga laboratorija, dostupno na: <https://www.ferit.unios.hr/za-srednjoskolce/labus/> [19.6.2021.]
- [3] L. D. Feisel, A. J. Rosa. "The role of the laboratory in undergraduate engineering education." Journal of engineering Education 94.1 (2005): 121-130.
- [4] Laboratorijske i konstrukcijske vježbe, dostupno na: <https://www.vhzk.hr/Static.aspx?categoryId=25&staticId=27> [2.8.2021.]
- [5] Virtualni laboratorij, dostupno na: <https://www.hurix.com/benefits-of-using-virtual-labs-in-k-12-education/> [20.8.2021.]
- [6] Sinkroni i asinkroni načini podučavanja, dostupno na: <https://www.worcester.edu/CTL-Remote-Teaching-Synchronous-vs-Asynchronous/> [23.8.2021.]
- [7] M. F. J Fox, i ostali, "Teaching labs during a pandemic: Lessons from Spring 2020 and an outlook for the future." arXiv preprint arXiv:2007.01271, 2020.
- [8] T. E. Allen, S. D. Barker, "BME Labs in the era of COVID-19: transitioning a hands-on integrative lab experience to remote instruction using gamified lab simulations." Biomedical Engineering Education, pp. 99-104, 1.1. 2021.
- [9] P. Klein, i ostali, "Studying physics during the COVID-19 pandemic: Student assessments of learning achievement, perceived effectiveness of online recitations, and online laboratories." Physical Review Physics Education Research 010117, 17.1. 2021
- [10] Rifat Omerović, "Pametni telefoni i eksperiment u nastavi fizike, Kako obogatiti nastavu fizike jeftinim i jednostavnim eksperimentima?", 15.1.2019. godine
- [11] Phyphox aplikacija, dostupno na: <https://phyphox.org/> [24.7.2021.]
- [12] F. Pols, "A Physics Lab Course in Times of COVID-19.", Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education, pp.172-178, 24.2.2020.

- [13] M. Babinčáková, B. Paweł, "Online experimentation during COVID-19 secondary school closures: Teaching methods and student perceptions." *Journal of chemical education* 97.9 ,3295-3300, 2020.
- [14] N. Kapilan, P. Vidhya, Xiao-Zhi Gao, "Virtual laboratory: A boon to the mechanical engineering education during covid-19 pandemic.", *Higher Education for the Future* 8.1,31-46, 2021.
- [15] B. Valerija, i ostali, "Student life during the COVID-19 pandemic lockdown: Europe-Wide Insights." *University of Zadar* (2020).
- [16] P. Pavletić, "Students` life during and post COVID-19"
- [17] P. Rovis, *Ljestvice za mjerenje stavova. Diss. University of Pula. Faculty of economics and tourism" Dr. Mijo Mirković".*, 2017.
- [18] J. Brüggemann, K. Bizer. "Laboratory experiments in innovation research: a methodological overview and a review of the current literature." *Journal of Innovation and Entrepreneurship* 5.1 (2016): 1-13.
- [19] S. Bezjak, M. Đorđević, Ž. Plužarić, " Izazovi u visokom obrazovanju za vrijeme pandemije bolesti COVID-19 i socijalne izolacije: iskustva i potrebe studenata i djelatnika visokih učilišta", Zagreb, rujan 2020. godine

## SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati istraživanja o iskustvima studenata FERIT-a i drugih inženjerskih studija sa Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku o izazovima u eksperimentalnom radu u uvjetima pandemije bolesti COVID 19. Kao dijagnostički instrument u istraživanju, izrađena je anketa čiji je cilj istražiti motivaciju i stavove studenata prema eksperimentalnom radu u nastavi temeljnih kolegija iz STEM područja na inženjerskim i drugim srodnim studijima iz STEM područja. Također istraženi su i primijenjeni oblici eksperimentalnog rada u nastavi temeljnih kolegija iz STEM područja prije i tijekom pandemije COVID-19. Isto tako istraženi su pristupi i iskustva studenata u odradi laboratorijskih aktivnosti u specifičnim epidemiološkim uvjetima. U pitanjima otvorenog tipa studenti su iznosili svoje stavove o prednostima, nedostacima i preporukama izvođenja eksperimentalne nastave u specifičnim uvjetima. Specifični uvjeti provedbe eksperimentalne nastave uključuju rad u virtualnim laboratorijima, rad sa simulacijama, video demonstracije eksperimenata i korištenje pametnih telefona kao mjernih instrumenata.

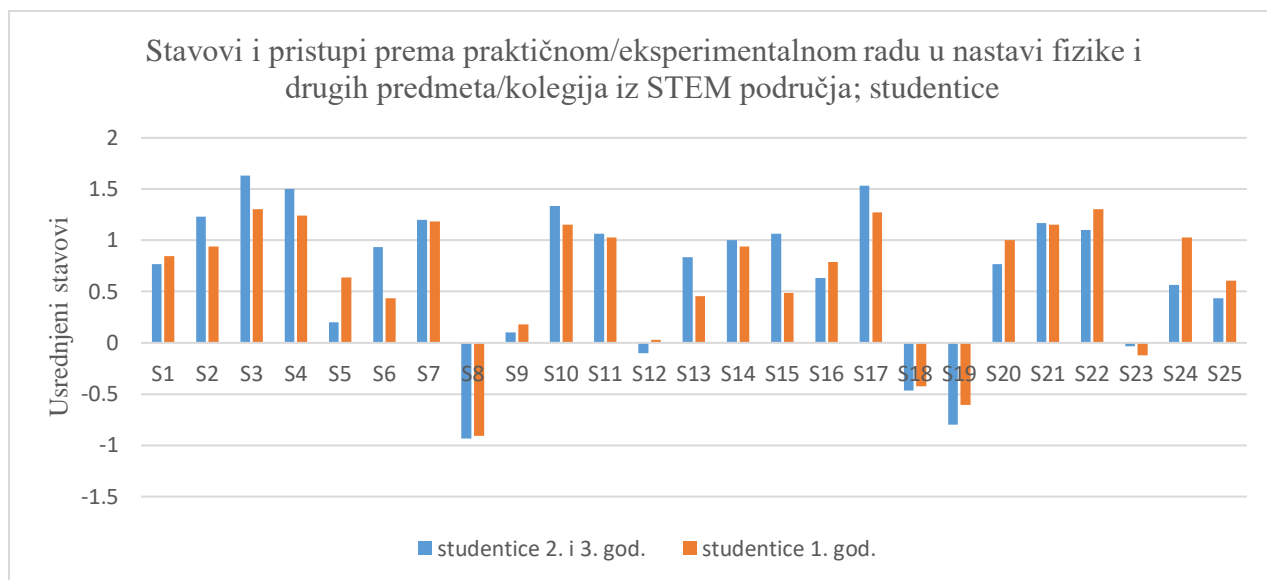
**Ključne riječi:** eksperimentalni rad, *on-line* nastava tijekom pandemije COVID-19, visoko inženjersko obrazovanje

## **SUMMARY**

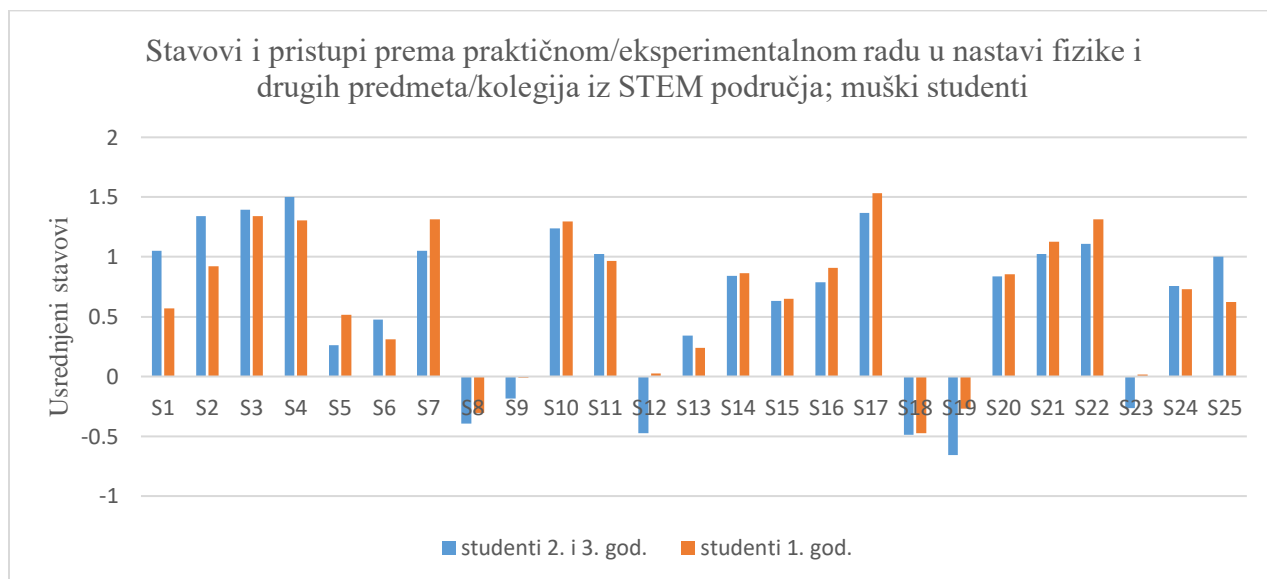
The thesis presents the results of research on the experiences of the FERIT students and students of other engineering study programmes at the Josip Juraj Strossmayer University of Osijek on the challenges of experimental work during the COVID-19 pandemic. As a diagnostic instrument, a questionnaire was constructed in order to measure motivation and students' attitudes towards experimental work in obligatory STEM courses in engineering and other related study programmes in the STEM field. In addition, the forms of experimental work applied before and during the COVID-19 pandemic in obligatory STEM courses were explored. Different approaches and experiences of students in performing laboratory task in specific epidemiological conditions were also investigated. In open-ended questions, students expressed their views on the advantages, disadvantages and recommendations of conducting experimental classes in specific conditions. Those conditions refer to experimental work in virtual laboratories, work with simulations, video demonstrations of experiments and the use of smartphones as measuring instruments.

**Keywords:** experimental work, online courses during the COVID-19 pandemic, higher education in engineering

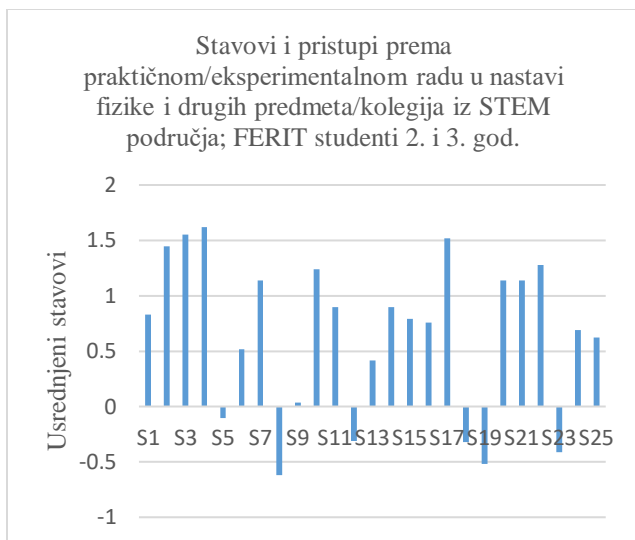
## PRILOZI



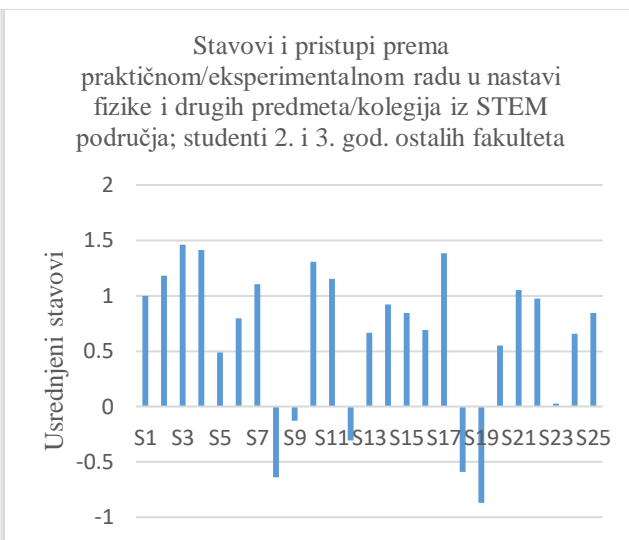
**Slika P.4.1.** Stavovi i pristupi prema praktičnom/eksperimentalnom radu u nastavi fizike i drugih predmeta/kolegija iz STEM područja; studentice



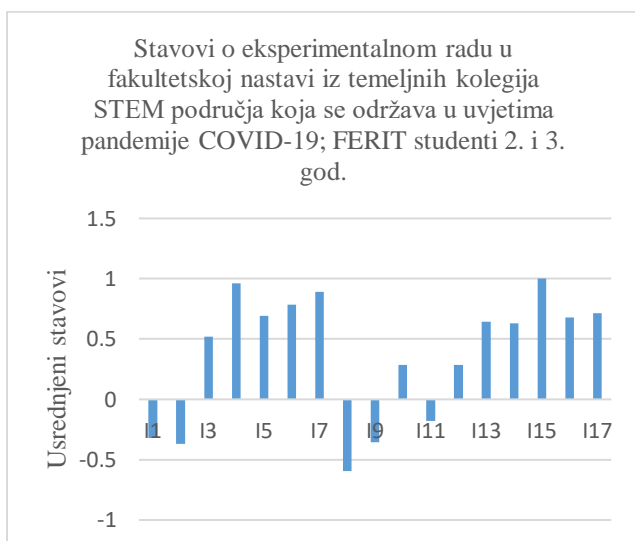
**Slika P.4.2.** Stavovi i pristupi prema praktičnom/eksperimentalnom radu u nastavi fizike i drugih predmeta/kolegija iz STEM područja; muški studenti



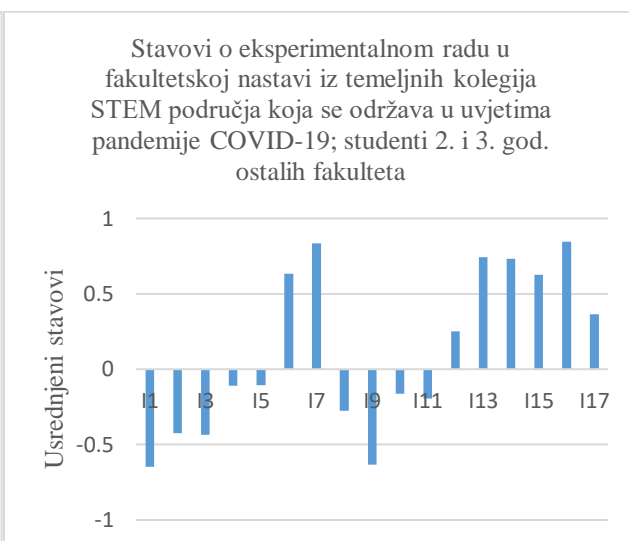
**Slika P.4.3.** Stavovi i pristupi prema praktičnom/eksperimentalnom radu u nastavi fizike i drugih predmeta/kolegija iz STEM područja; FERIT studenti 2. i 3. god.



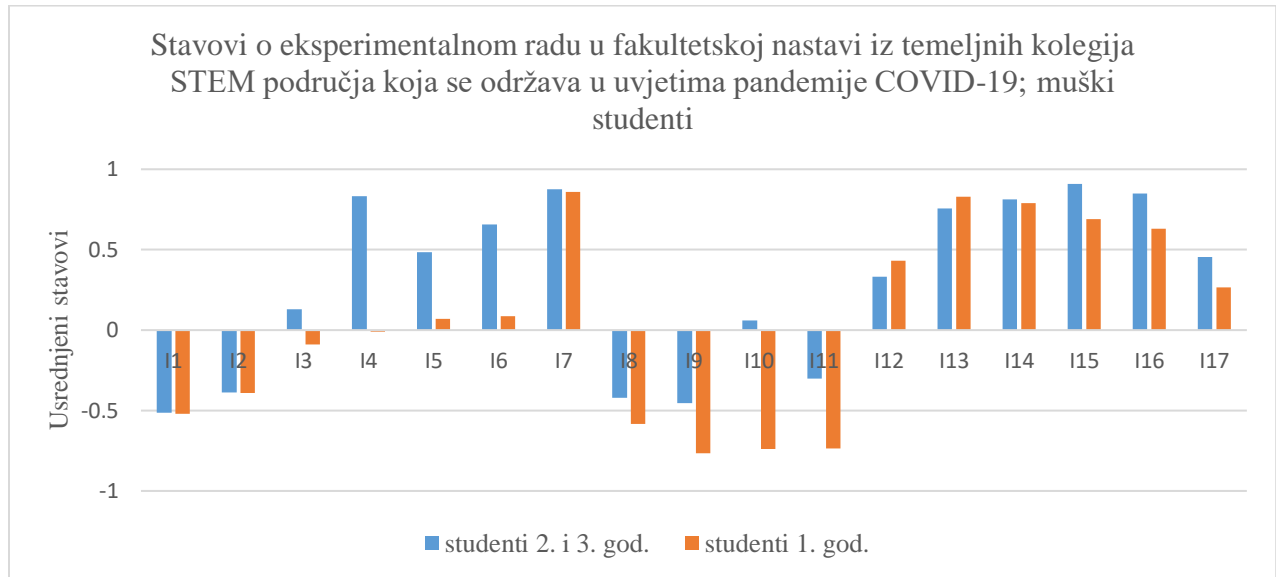
**Slika P.4.4.** Stavovi i pristupi prema praktičnom/eksperimentalnom radu u nastavi fizike i drugih predmeta/kolegija iz STEM područja; studenti 2. i 3. god. ostalih fakulteta



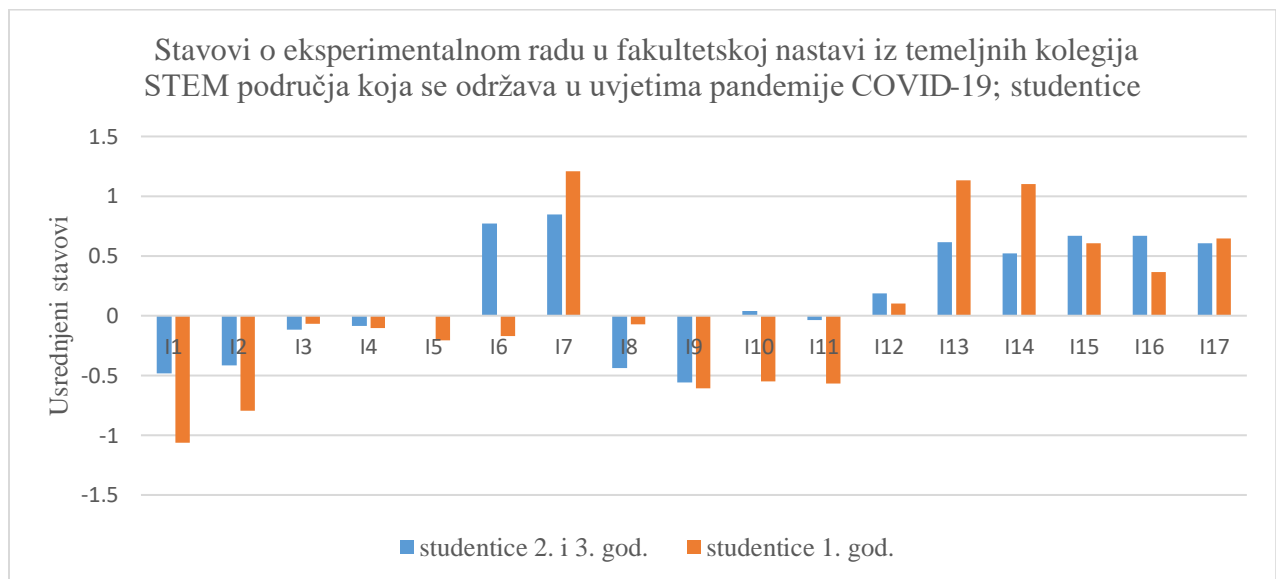
**Slika P.4.5.** Stavovi o eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja koja se održava u uvjetima pandemije COVID-19; FERIT studenti 2. i 3. god.



**Slika P.4.6.** Stavovi o eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja koja se održava u uvjetima pandemije COVID-19; studenti 2. i 3. god. ostalih fakulteta



**Slika P.4.7.** Stavovi o eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja koja se održava u uvjetima pandemije COVID-19; muški studenti



**Slika P.4.8.** Stavovi o eksperimentalnom radu u fakultetskoj nastavi iz temeljnih kolegija STEM područja koja se održava u uvjetima pandemije COVID-19; studentice