



**STUDENTSKI  
PARLAMENT**  
UNIVERZITETA CRNE GORE

***Glasnik studenata Univerziteta Crne Gore***  
***Proceedings of students of the University of Montenegro***

**Izdavač**

Studentski parlament Univerziteta Crne Gore

**Glavni urednik**

MSc Filip Vujović, Studentski parlament Univerziteta Crne Gore

**Savjetodavna urednica**

prof. dr Dijana Vučković, Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore

**Redakcija**

Andrej Vukčević, Studentski parlament Univerziteta Crne Gore

Vedran Vujisić, Studentski parlament Univerziteta Crne Gore

MSc Ognjen Savić, Centralna univerzitetska biblioteka Univerziteta Crne Gore

Ivica Todorović, Kancelarija za razvoj karijere i cjeloživotno učenje Univerziteta Crne Gore

**Savjetodavna redakcija**

prof. dr Vladimir Božović, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore

prof. dr Irena Orović, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore

prof. dr Sanja Peković, Fakultet za turizam i hotelijerstvo Univerziteta Crne Gore

prof. dr Veselin Mićanović, Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore

prof. dr Svetlana Perović, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore

**Lektori i korektori**

mr Milorad Durutović

mr Maja Simović

**Tehnička priprema**

Dalibor Vukotić

Štampa

Raspress

Tiraž

300

---

# GLASNIK STUDENATA UNIVERZITETA CRNE GORE

BR. 1



Podgorica, 2023.





## SADRŽAJ

<b>UVODNA RIJEČ</b> .....	7
BIOMORFIZAM U ARHITEKTURI NAUTIČKOG TURIZMA REKONSTRUKCIJA LUKE <i>PORTO DI BARI</i> U BARIJU, ITALIJA <b>Divna STANOVIĆ</b> .....	11
FIZIČKO-HEMIJSKE I SENZORNE KARAKTERISTIKE LAGER I EJL PIVA <b>Ivana RONDOVIĆ</b> .....	37
KOORDINISANA ALOKACIJA I DIMENZIONISANJE DISTRIBUIRANIH IZVORA ELEKTRIČNE ENERGIJE I UREĐAJA ZA FLEKSIBILAN PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE U RADIJALNOJ DISTRIBUTIVNOJ MREŽI <b>Stevan RAKOČEVIĆ</b> .....	63
UMJETNIČKA FUNKCIJA GLASA ILI KREIRANJE ZVUČNOG IDENTITETA GLUMCA (ISKUSTVO KREIRANJA GLASA U PREDSTAVAMA „TOBELIJA, MIMIKRIJA“ I „KAPITAL“) <b>Jelena LABAN</b> .....	85
USPOSTAVLJANJE PRINCIPA ZA DIZAJNIRANJE INTERAKTIVNIH SADRŽAJA ZA RAZVOJ SOCIJALNIH VJEŠTINA SPECIFIČNIH CILJNIH GRUPA – DJECE SA AUTIZMOM <b>Lana BULATOVIĆ</b> .....	113
KINESKA INICIJATIVA „POJAS I PUT“ IZ UGLA KONSTRUKTIVISTIČKE PERSPEKTIVE <b>Branko STEŠEVIĆ</b> .....	133
DISTOPIJA, VIZIJA I NADA U ROMANIMA KAZUA IŠIGURA NE DAJ MI NIKADA DA ODEM I KLARA I SUNCE <b>Sanja RAIČEVIĆ</b> .....	159
PROJEKTOVANJE I IZGRADNJA LUKOBRANA ZA ZAŠTITU LUKA OD DEJSTVA MORSKIH TALASA <b>Marko BOŽOVIĆ</b> .....	173

EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE OPTIMALNIH PARAMETARA ZA 3D ŠTAMPANJE PVA MATERIJALA KONTRLOM ADHEZIONE NAGE IZMEĐU SLOJEVA <b>Mina ŠIBALIĆ</b> .....	199
VRSTE ANESTEZIJE KOD LAPROSKOPSKIH HIRURŠKIH ZAHVATA <b>Milena MIKULIĆ</b> .....	227
SINTEZA NOVIH SCHIFFOVIIH BAZA ALDEHIDA I KETONA SA TIOKARBOHIDRAZIDOM I NJIHOVIH KOMPLEKSA SA PRELAZNIIM METALIMA I ISPITIVANJE NJIHOVOG ANTIOKSIDATIVNOG POTENCIJALA <b>Marija KALUDEROVIĆ</b> .....	235
SINESTEZIJA KAO FUNDAMENT MUZIČKOG JEZIKA I INTERPRETACIJE U MESIJANOVIM PRELUDIJUMIMA ZA KLAVIR (1928–1929) <b>Sladana BUBANJA</b> .....	261
PRIMJENA KONCEPTA VIRTUELNE INSTRUMENTACIJE U MJERENJU PROCESNIH VELIČINA <b>Ilija KNEŽEVIĆ</b> .....	289
ZAŠTITA KOLEKTIVNIH INTERESA POTROŠAČA U PRAVU EVROPSKE UNIJE, SA POSEBNIM OSVRTOM NA PRAVO CRNE GORE <b>Dajana DRLJEVIĆ</b> .....	315
PROCJENA UTICAJA TEŠKIH METALA NA BIOHEMIJSKE PARAMETRE KOD PLODA VRSTE <i>TRAPA NATANS L.</i> <b>Milica VUČUROVIĆ</b> .....	343

## UVODNA RIJEČ

Pred čitaocima<sup>1</sup> je prvi broj časopisa *Glasnik studenata Univerziteta Crne Gore*, koji je pokrenuo Studentski parlament Univerziteta Crne Gore – krovno studentsko predstavničko tijelo – u cilju afirmacije naučno-istraživačke djelatnosti studenata svih univerzitetskih jedinica našeg Univerziteta.

Osnovni zadatak časopisa samo je prividno formalnog i jednostavnog karaktera: pružiti studentima mogućnost da se predstave široj javnosti i ujedno promovišu kao budući naučnici, istraživači i intelektualci. Međutim, suštinski je riječ i o namjeri da studenti što prije prodru u manje-više ustaljene procedure publikovanja radova u naučno-stručnim časopisima (priprema, izbor, selekcija) i šireg tretiranja njihovih naučnih dostignuća, a što se u konačnom cijeni kao nužan proces sticanja novih kompetencija i akademskih priznanja u 21. vijeku. Istovremeno, cilj Glasnika je da doprinese promociji znanja i obrazovanja i, shodno tome, svih naučnih i umjetničkih oblasti koje se izučavaju na jedinom državnom univerzitetu u Crnoj Gori.

U tom smislu, prvi broj časopisa sabira najbolje master radove Univerziteta Crne Gore odbranjene u kalendarskoj 2022. godini. Naime, na poziv Redakcije odnosno Studentskog parlamenta, komisije za master studije univerzitetskih jedinica dostavile su odbranjene radove sortirane po sljedećim kriterijumima:

- konačna ocjena komisije za ocjenu master rada,
- prosječna ocjena kandidata na master studijama,
- trajanje studiranja na master studijama.

Pored master radova, u izbor su ušli i diplomski radovi odbranjeni na Arhitektonskom fakultetu (300 ECTS - integrisani akademski studijski program) i Medicinskom fakultetu (360 ECTS - integrisani akademski studijski program). Za publikovanje su najzad odabrani radovi koji su imali najviše ocjene, dakle najbolje ocijenjeni iz svake fakultetske jedinice.

Imajući na umu da je prva generacija studenata dvogodišnjih master studija svoje radove branila tek od kraja septembra 2022. godine, ukupan broj tekstova koji su ušli u izbor za objavljivanje u prvom broju *Glasnika* bio je izuzetno mali. Nažalost, to znači i da nekoliko fakulteta na kraju nije predstavljeno u ovom broju, što se sveukupno može pripisati nešto sporijem procesu prilagođavanja studenata administrativno-tehničkim aspektima novog modela studija. No, intencija Redakcije da *Glasnik studenata Univerziteta Crne Gore* postane najznačajniji prostor za afirmaciju stvaralaštva upravo studenata, garantuje da će u narednim brojevima svaki odbranjeni master rad na Univerzitetu biti adekvatno tretiran.

---

<sup>1</sup> Izrazi koji se u časopisu koriste za fizička lica u muškom rodu podrazumijevaju iste izraze u ženskom rodu.

Sa nadom da će Časopis ispuniti ciljeve zbog kojih je pokrenut, te da će svaki naredni broj *Glasnika* biti znatno bogatiji i raznovrsniji, svim studentima Univerziteta Crne Gore želimo uspješno stvaranje.

*Nulla dies sine linea!*

**REDAKCIJA**



**Studentski parlament Univerziteta Crne Gore (SPUCG)** je studentsko institucionalno predstavničko tijelo koje predstavlja više od 16 hiljada studenata. Od osnivanja, odnosno 31. maja 2004. godine, ovo tijelo kontinuirano radi na poboljšanju uslova studentskog života i jačanju studentske populacije u Crnoj Gori.

Studentski parlament UCG sprovodi programe koji se tiču visokog obrazovanja, nauke, kulture i sporta, te saraduje sa institucijama, ustanovama i organizacijama značajnim za položaj studenata. Takođe, ova krovna studentska organizacija kontinuirano radi na unapređenju studentskog standarda u Crnoj Gori.

Neki od najvažnijih projekata organizacije su: „Dan otvorenih vrata Univerziteta Crne Gore”, sajam sezonskog zapošljavanja „Summer job”, osnivanje omladinskog portala „Makanje”, organizacija Generalne skupštine Evropske studentske unije (ESU) u Crnoj Gori (2018) „Stablo znanja”, stipendije „Studentska solidarnost”, naučno-stručni časopis „Glasnik studenata Univerziteta Crne Gore”, te brojni edukativni, humanitarni i kulturni projekti.

Od maja 2016. godine, Studentski parlament UCG je punopravni član Evropske studentske unije (ESU), krovne organizacije nacionalnih studentskih unija iz cijele Evrope. Ovim je djelovanje Studentskog parlamenta UCG prepoznato i na međunarodnom nivou, što je bilo svojevrsno priznanje za kvalitetan i predan rad.

Svojom misijom Studentski parlament UCG studentsku populaciju čini kategorijom stanovništva čiji se glas čuje i čiji se interesi poštuju. U tom cilju, za čije je ostvaranje potrebna podrška svih struktura društva, ohrabruje se studentski aktivizam, uključenost u društvene procese i društveni život.



**Divna STANOVIĆ**

Arhitektonski fakultet

divnastanovic@gmail.com

Mentor: prof. dr Slavica Stamatović Vučković

## **BIOMORFIZAM U ARHITEKTURI NAUTIČKOG TURIZMA REKONSTRUKCIJA LUKE *PORTO DI BARI* U BARIJU, ITALIJA**

UDK 725.34(043.2)

**Sažetak:** Spontanost prirodnog pokreta u apstrakciji podstakla je formiranje pravca kontinualnosti i neograničenosti – biomorfizam. Sa svojom vitalnošću i prirodnim entitetom, biomorfizam predstavlja pravac koji inspiriše stvaranje prostora fluidnog karaktera prekidajući barijeru unutrašnjosti i spoljašnjosti. Arhitektura nadahnuta morfološkim aspektom prirode, koristi se u lekcijama bioloških procesa, u cilju ostvarivanja harmonije funkcije i forme. Biomorfizam predstavlja arhitekturu evolutivnog karaktera, a njen morfogeni segment dolazi do izražaja kroz mogućnost fleksibilnosti, samoorganizacije i razvoja. Paralelno organskoj paradigmi, odgovor na prirodu daje u okviru kontekstualne adaptabilnosti kao i integracije biološki prihvatljivih sistema u cilju postizanja odgovarajućeg ekološkog okruženja. Digitalizacija u arhitektonskom dizajnu, omogućila je ostvarivanje spontanosti forme i njenu prilagodljivost različitim okolnostima. Principi biomorfizma podstiču stvaranje arhitekture koja ima za cilj očuvanje životne sredine, ali i formiranje estetičnog prostora. Primjena ovih principa sprovedena je u oblasti arhitekture nautičkog turizma. Projekat predstavlja integraciju više disciplina uključujući saznanja iz oblasti: biologije, nautike i arhitekture. Analičko-teorijsko istraživanje posvećeno je, pored proučavanja biomorfizma, i domenu projektovanja i dizajna objekata nautičkog turizma, obuhvativši luke i putničke terminale. Primjena teorijskog saznanja planirana je kroz rekonstrukciju italijanske luke *Porto di Bari*, oslanjajući se na pomenute principe biomorfizma i njihovu implementaciju u oblasti arhitekture nautike. Cilj je revitalizovati postojeći prostor kroz novi kompleks „luka-terminal“, biološki i ekološki prihvatljiv, koji će prevazići probleme sa kojima se lučki prostor trenutno suočava i zadovoljiti predviđene kapacitete i zahtjeve ovog vida objekta, a pored toga obezbijediti mjesto efikasnosti i turističke atraktivnosti. Biomorfna luka predstavlja ekološku (zelenu) luku neophodnu cirkulisanju velikog broja ljudi i plovila ali i mjesto oživljavanja interakcije ljudi.

**Ključne riječi:** biomorfizam, digitalna arhitektura, fluidni dizajn, nautički turizam, luke-terminali

## UVOD

Tema rada podrazumijeva istraživanje u oblasti biomorfologije fokusirajući se na izučavanje spoja bio-organskih i morfogenetičkih principa i njihovu primjenu u arhitektonskom dizajnu objekata nautičkog turizma sa fokusom na luke i putničke terminale. Biomorfizam svoje korijene ima u dalekoj prošlosti i razvija se paralelno sa ostalim pravcima iako u starijem periodu nije prepoznat kao zaseban arhitektonski stil.

On se oslanja na evolutivne i humanističke teorije uključujući i značajan uticaj teorije vitalizma Henrija Bergsona. Razvojem tehnologije doživljava preobražaj savremenog doba. Generisanje sinteze biološkog i morfogenog koncepta u sklopu softverskog/kompjuterskog arhitektonskog dizajna, omogućava stvaranje biološki kompatibilnih ishoda koji se ispoljavaju kroz formu i samoodrživi potencijal objekta.

Po uzoru na prirodu, ovakvi biosistemi se razvijaju, samoorganizuju i simuliraju rast, stvarajući biološku bazu koja se koristi u strukturalnoj fazi dizajna, istovremeno utičući na njenu funkcionalnu organizaciju. Akcenat je stavljen na sam proces evoluiranja forme koja je pod snažnim uticajem svog okruženja, prirode i čovjeka. Biološki aspekt diktira njegov organski karakter, konekciju sa prirodom i okruženjem i ispoljava se kroz arhitektonski genotip i fenotip. Sa druge strane, morfogeni udio biomorfizma naglašava značaj forme, njenog razvoja i adaptabilnog karaktera.

Kontinualna ekspanzija nautičkog turizma u poslednjim decenijama ima sve veći uticaj na životnu sredinu i čovjeka. U arhitektonskom domenu, objekti ovog tipa, pored krupnih projektantskih zahtjeva, imaju odgovornost prihvatanja velikog broja ljudi, obezbjeđujući neophodne sadržaje i interakciju sa prostorom. Značaj luka i terminala kao turističkih atrakcija primorskih gradova ukazuje na rast pomorske infrastrukturne mreže i sve veću potrebu za formiranjem neophodnog nautičkog kompleksa jednog grada. Problemi sa kojima se suočavaju objekti ovog tipa vezuju se za ekološka zagađenja, a morska voda u neposrednom okruženju trpi posljedice antropogenih pojava poput eutrofikacije i drugih, po biodiverzitet, štetnih procesa.

Implementacija principa biomorfizma posredstvom digitalne arhitekture i kompjuterskog dizajna, planirana je kroz rekonstrukciju turističkog dijela italijanske luke *Porto di Bari* u Bariju, u neposrednoj blizini Starog grada kao najvažnijeg segmenta grada. Dio istraživačkog segmenta rada realizovan je na fakultetu *Politecnico di Bari*, u Bariju, u Italiji. Boravak u Bariju omogućio je pristup neophodnim podacima iz arhive kao i obilazak lokacije na kojoj se intervniše – luke *Porto di Bari* uključujući putnički terminal *Crociere Darsena di Levante* na čijoj je lokaciji planirana rekonstrukcija obuhvaćena ovim projektom.

Sprovedeno analitičko i praktično istraživanje kroz integraciju tri značajne cjeline: biomorfologije, digitalnog dizajna i arhitekture nautičkog turizma, podrazumijeva primjenu multidisciplinarnog pristupa i omogućava sagledavanje i uočavanje korelacija i međuzavisnosti pomenutih disciplina sa krajnjim ciljem pronalazjenja inovativnog ishoda u domenu prevazilaženja postojećih projektantskih barijera.



Svaki od pomenutih segmenata zahtijevao je posebno istraživanje u sklopu kojeg se došlo do zabilježenih rezultata i saznanja.

Počevši od proučavanja biomorfizma, vraćajući se u istoriju arhitekture i umjetnosti, uočen je njen uticaj još u najranijem periodu stvaranja, kako zbog njenog morfogenog karaktera odraženog kroz fluidnost u formi, tako kasnije i njenog biološkog elementa. U istoriji njen dominantan uticaj osjeća se u djelima vodećih ličnosti *Art Nouveau*-a i ekspresionizma. Proučavanje u sklopu teme nautike i nautičkog turizma, fokusirano je na oblast u vezi sa planiranom intervencijom i rekonstrukcijom – luke i putničke terminale. Istraživanje pomenutog obuhvata, prije svega, simbiozu pravila projektovanja objekata ovog tipa i ujedno analizu problema sa kojima se ovi objekti suočavaju kada je reč o ekologiji, kompleksnoj infrastrukturi i samom zahtjevu prihvatanja velikih plovila i značajnog broja ljudi. Na osnovu analize funkcionalnog programa, predviđen objekat predstavljao bi nautički kompleks višeg nivoa „luka-terminal“ kao najkompatibilnije rješenje koje bi integrisalo neophodan sadržaj za putnike, lučku upravu i plovila, i ujedno ispunilo zahtjeve složenosti nautičkog turističkog prostora kao odraza grada.

Teorijski dio istraživanja obuhvata izučavanje principa biomorfologije, ujedno i proučavanje arhitektonskih zahtjeva nautičkih kompleksa sa idejom da se ove oblasti integrišu kako bi se ostvarila nova naučna saznanja i njihova primjena ostvarila na praktičnom nivou rekonstrukcije interventnog područja. Cilj je doći do saznanja koja će predstaviti način evoluiranja organskih, prirodom inspirisanih kompleksa u postojećim geomorfološkim uslovima, proučavajući procese formiranja biointegriranih sistema. Ovo je omogućeno istraživanjem kompjuterskog i generativnog dizajna koje predstavlja korišćenje maksimalnog potencijala tehnologije čija je svrha formiranje samoodrživih formi kao i razumijevanje i manipulacija fenotipom i genotipom u prirodi i arhitekturi. Ishod analitičko-teorijskog istraživanja ima za cilj definisanje principa biomorfologije koji se mogu primijeniti u arhitekturi nautičkog turizma, a ovim dati doprinos razvoju biomorfizma kao posebne arhitektonske discipline.

Sa druge strane, praktični dio istraživanja obuhvata upotrebu teorijskih saznanja kroz rekonstrukciju luke u Bariju. Kao jedna od najznačajnijih luka u regiji Pulja (Puglia) u Italiji, unapređenjem i rekonstruisanjem, imala bi veći ekonomski potencijal, kao i bolju konekciju pomorskih infrastrukturnih puteva. Rekonstrukcijom postojeće luke pomenutim principima, cilj je formirati novi kompleks kojim se omogućava samoodrživi sistem praćen regulisanim energetske resursima, kao i postizanje integracije biologije, arhitekture i čovjeka. Valorizovanjem pomenutog prostora, njegovim unapređenjem omogućio bi se i ekonomski, komercijalni i turistički razvoj nautičkog turizma.

Očekivani rezultati tiču se beneficija primjene principa biomorfizma koje omogućavaju stvaranje ekspresionističkog prostora sa fleksibilnim i adaptabilnim karakterom. Rezultat se takođe očekuje u domenu postizanja odgovarajućeg stepena ublažavanja hazarda klimatskih nepogoda u budućnosti i doprinos očuvanja ekološke sredine morskog područja. Projekat ima za cilj poboljšanje i ojačanje pomorskih veza juga Italije sa ostatkom svijeta, a samim tim i aktivaciju regije Pulja kao posebne turističke atrakcije kroz planirani kompleks, prateći prirodne biološke forme svog okruženja.

## METODE

U toku istraživanja primijenjena je kombinacija naučnih metoda koje uključuju: osnovne, opšte i specijalne metode kao i softverske digitalne metode. Pored pomenutog, za potrebe realizacije projekta, a imajući u vidu njegov futuristički karakter, istraživanje je zahtijevalo i određen stepen eksperimentalnosti. Isto započinje prikupljanjem podataka i analizom postojeće literature u oblasti, do sada nedovoljno istraženog fenomena – biomorfne arhitekture. Prvi dio rada istražuje istorijske podatke koji se vezuju za biomorfizam, dok se u nastavku kompartivnom analizom raznih arhitektonskih srodnih pravaca, uočavaju biomorfni elementi u ključnim razdobljima arhitektonskog razvoja. U nastavku rad obuhvata i istraživanje u oblasti kompjuterskog dizajna i digitalne morfogeneze kako bi realizacija i praktična primjena naučnog saznanja bila moguća. U cilju formiranja biomorfnog nautičkog kompleksa, neophodno istraživanje sprovedeno je i u domenu projektovanja zelenih „održivih“ lučkih kompleksa i terminala sa akcentom na funkcionalne zahtjeve i očuvanje životne sredine.

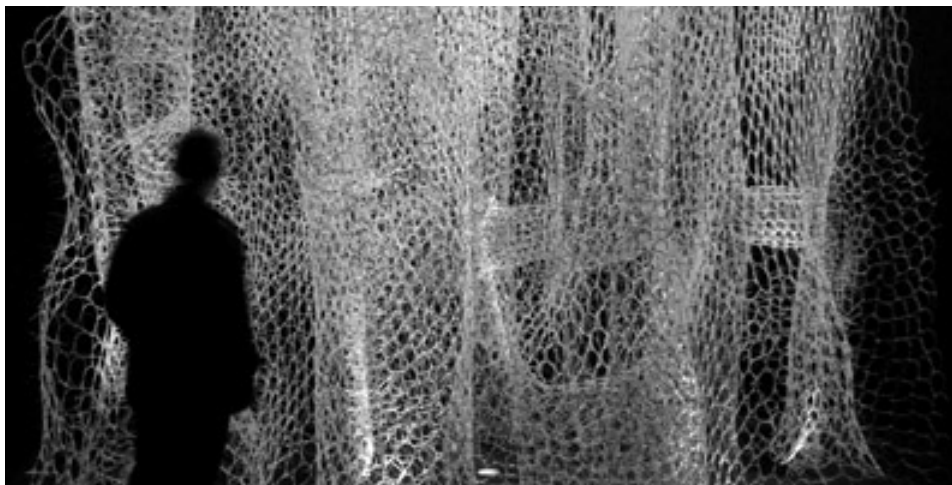
### Biomorfizam u arhitekturi

Britanski antropolog i etnolog Alfred Cort Haddon prvi put pominje termin „biomorfno“ (engl. *biomorph*) u svojoj knjizi *Evolucija u umjetnosti* (engl. *Evolution in Art*) 1895. godine koji se odnosio na dizajn živopisnog izvora (Higgie, 2021). Smatra se da upotreba termina „biomorfizam“ zapravo počinje četrdeset godina kasnije, a njegov prvi pomen nalazi se na stranicama modernističkog umjetničkog časopisa *Axis*. U arhitekturi, isti se pominje u dvadesetom vijeku, iako se njegova primjena može uočiti dosta ranije. Biomorfizam se može shvatiti kao reakcija na kubističku morfologiju koju su istraživali vodeći nadrealisti dvadesetih godina. Naime, kubizam je bio revolucionarni pokret čiji je naglasak na geometrijskoj formi koja se interpretira kao dinamički raspored volumena i ravni (*The Art Story* 2012). Kelert (engl. *Stephen R. Kellert*) ističe da je biomorfna arhitektura transcendirala u ranom periodu arhitektonskih praksi, a njeni teorijski temelji zasnovani su na različitim filozofijama. Stoga se njeno shvatanje može tumačiti na više načina (Adshina, 2015). Priroda je bila inspiracija kroz istoriju arhitekture i podstakla je formiranje mnogih stilova koji se i danas primjenjuju, u koje se ubraja i biomorfizam. Riječ je o modernom arhitektonskom stilu koji usvaja ideju morfoloških struktura i obrazaca (proces) iz prirode i primjenjuje ih u arhitektonskom projektovanju i dizajnu. U arhitekturi on označava pokret koji predstavlja integraciju fluidnosti, transformacije ili evolucije u projektovanju.

Biomorfna arhitektura nastoji da održi humanistički identitet i efikasnost strukture, koristeći se potencijalom biološki inspirisanih formi i razmatrajući njihovu strukturnu korisnost iz koje proizilaze sposobnosti održavanja više simulativnih funkcija (Roudavski, 2009). Proučavanje biomorfnih formi uticalo je na sveobuhvatni razvoj ovog pravca u arhitekturi, a među pionirima koji su dali doprinos izdvajaju se: Johan Volfgang fon Gete, Ernest Hekel i D’Arsi Ventvort Tompson kao i Kristofer Aleksander. Adeshin posebno ističe proučavanje Getea, koji se bavio prirodnim formama i koji se smatra tvorcem termina „morfologija“.

Sa druge strane, Snajder i Kataniz (engl. Snyder and Catanese) u djelu *Introduction to Architecture* (1979) definišu biomorfizam kao upotrebu živih organizama kao inspiracije dizajna neživih objekata i životne sredine. Posmatrajući zgradu kao živo biće koje, prema Aristotelovim učenjima, predstavlja fuziju djelova i cjeline, Fojerštajn je tvrdio da je biomorfna arhitektura „...zgrada koja ima izgled života kojoj arhitekta daje dušu“ (Adeshina, 2015). Arhitektonska djela koja se izdvajaju kao najadekvatnija reprezentacija biomorfizma, u periodu prije revolucionarne ekspanzije kompjuterskog i generativnog dizajna, predstavljaju rad Antonija Gaudija. Njegove građevine nasljeđuju neke aspekte avangarde kao što su dinamične forme i valovite površine, a na iste su veliki uticaj imali kubizam, nadrealizam i ekspresionizam. Gaudijeva povezanost sa organskim dizajnom, ogleda se u odnosu prema principima statičnih sila u prirodi koje je pretočio u strukturu svojih zgrada.

Silogistički recept Denisa Dolensa (engl. Dennis Dollens) ističe da su svijest i mišljenje sastavni elementi života, a samim tim i djelovi prirode. Dizajn i arhitektura su komponente svijesti i mišljenja, stoga su dizajn i arhitektura djelovi te prirode. Ovaj koncept povezuje proces i proizvod mišljenja generativne ideje kao elementarnu prirodu (Dollens, 2009). „Forma prati funkciju“, prvi put je upotrijebio Luis Salivan koji je bio veoma inspirisan arhitektonskim stilom *Art Nouveau*-a, pravca u kome dominira prisustvo biomorfizma. Prema Sallivanu, sve stvari u prirodi imaju oblik, to jest, spoljašnji izgled koji ih međusobno razlikuje, a takvi oblici izražavaju unutrašnji život stvari predstavljajući tako zakon prirode koji treba slijediti u svakoj organskoj arhitekturi (Craven, 2019). Diskusija o formi i funkciji pomogla je u propagiranju bioloških analogija u shvatanju arhitekture kao dijela prirode i njenu komparaciju sa živim organizmom. Prema principima koje zagovara organska arhitektura, „forma prati funkciju“ se može shvatiti kao spoljašnji izraz unutrašnjosti (Adshina, 2015). Entitet koji spaja ove dvije nauke jeste čovjek koji ima sposobnost da stvori i doživi biomorfnu arhitekturu. Dakle, arhitektura inspirisana geološkim i biološkim formama stvara duhovni odnos između ljudskog i prirodnog. Jedna od analogija biologije i arhitekture pronalazi se u integraciji prirodnih formi u dizajnu koja može uključivati više nivoa apstrakcije (Joye, 2006).



Slika 1. Jenny Sabin: morfogeneza grananja

U nastavku, rad se bavi komparacijom organske i biomorfne paradigme u cilju definisanja osnovnih principa oba pravca, determinišući razlike među istim. Biomorfizam se često povezuje sa terminom organske arhitekture. Organska arhitektura u smislu forme ne podrazumijeva nužno odstupanje od kubizma, već može biti ortogonalna, pridržavajući se principa koji podržavaju stavove i jednog i drugog stila. Biomorfna arhitektura sa druge strane najčešće prati pravila prirode u njenom morfološkom spektru kao i na nivou principa i procesa koji podstiču njenu održivost. Principe klasične organske paradigme definisao je Bruno Zevi u knjizi *Ka organskoj arhitekturi*. Organsko se u ovom slučaju ne odnosi na prirodne forme, već na ljudski život, a stvaranje novog prostora treba da podrži psihološke, emocionalne i egzistencijalne potrebe čovjeka (Hynynen, 2022). Inspirisan idejama Voltera C. Behrendita, u pomenutoj literaturi, Zevi jasno definiše razliku između organske i neorganske arhitekture naglašavajući da je organska arhitektura intuitivna i istovremeno dinamična, a ne strogo konstruktivna i statična (Barison, 2021). Ovakav pristup arhitekturi nezavisan je od prirode, za razliku od biomorfne arhitekture.

Proučavanje biljne morfologije, algoritama biohemije posredovanjem softvera i digitalne proizvodnje arhitektura se može zamisliti kao nusproizvod prirode i produžetak ljudskog genotipa. U knjizi *Architecture as Nature: A Biodigital Hypothesis*, Dollens ističe da doba bioremedijacije otkriva ugrađene ideje kao potkategoriju molekularnog života u objektima (Dollens, 2009, str. 413). Pojam genotipa i fenotipa prvi je uveo danski botaničar Wilhelm Johannsen, dok se u arhitektonskom dizajnu provlači kroz teorije evolucije forme. Pojam genotipa u arhitekturi klarifikuje se kao apstraktni relacioni model koji rukovodi principima organizacije i formiranja prostornih oblika i struktura u području prostorne sintakse dok fenotip predstavlja stvarnu realizaciju genotipa u fizičkom okruženju (Rahmane, Abbaoui, 2021). Objekat može biti kombinacija genotipova a može imati i izražen dominantni (jedinствен) genotip koji se otkriva onda kada su prisutne prostorno funkcionalne teme (Rahmane, Abbaoui 2021). U djelu *Biomorphic Architecture: Human and Animal Forms in Architecture*, Fojerštajn proučavajući osobine biomorfizma kategoriše osnovne principe u koje spadaju: rast, fluidnost, geomorfna razmatranja i ekonomija životne sredine (Feuerstein, 2002). Rast se može porediti sa darvinističkim konceptom označavajući transformaciju, regeneraciju i prirodni razvojni proces forme (Adeshina, 2015). Ovaj princip se odnosi na idejni i konceptualni nivo koji razmatra objekat kao strukturu koja može da se nadograđuje u zavisnosti od faza kroz koje prolazi i okruženja koje se mijenja i evoluiru.

Digitalna morfogeneza ili kompjuterska morfogeneza, termin je koji se upotrebljava u arhitekturi da bi označio grupu metoda koje koriste digitalne medije kao generativne alate za izvođenje forme i njenu transformaciju (Roudavski, 2009). Ona se oslanja na razvoj analogno morfogenezi u prirodi, ali se razlikuje po tome što nužno ne usvaja stvarne mehanizme rasta ili adaptacije, već se u arhitekturi može interpretirati kroz pojavu samoorganizacije i u svrhu pronalaženja oblika i forme. U djelu *Towards Morphogenesis in Architecture*, prema učenjima Hensela i Mengesa, Rudavski ističe da, za razliku od arhitekture modernističkog

pristupa koja stvara homogene prostore, digitalnom morfogenezom može se postići fleksibilnija i ekološki prihvatljivija arhitektura koja je osjetljiva na lokalni uticaj. Njen koncept podrazumijeva potrebu da u izgrađenom obliku ona izrazi kontekstualne procese (Roudavski, 2009).

### Arhitektura nautičkog turizma

Drugi dio teorijsko-analičkog istraživanja predstavljao je savladavanje projektantskih zahtjeva arhitekture nautičkih kompleksa. Osnovni zadaci koje luka treba da ispuni jesu: zaštita brodova od nevremena, pretovar putnika i robe sa vodnog na drugi vid saobraćaja, pružanje servisa brodovima, snabdijevanje gorivom, hranom i drugim potrebama, skladištenja robe u tranzitu kao i obavljanje carinskih, trgovinskih i drugih operacija (Babović, 2014). Luke se mogu kategorisati na više načina. Univerzalna podjela prema namjeni definiše dvije osnovne grupe, a to su: luke za opsluživanje tereta i luke za opsluživanje putnika. Savremeno projektovanje često podrazumijeva objekte složenog tipa „luka-terminal“. Sa druge strane, podjela terminala određena je tipom luke. Putnički terminal predstavlja građevinu u luci koja opslužuje putnike koji se ukrcavaju i napuštaju brodove. Vrsta terminala definisana je tipom plovila, tako da se može govoriti o *ferry* (trajektnim) terminalima i terminalima za kružna putovanja morem (terminali namijenjeni brodovima za krstarenje).

Uloga prostornog planiranja i regeneracije urbanog područja ima sve veći uticaj na razvoj nautičkog turizma. Važna posljedica globalnog rasta turizma i krstarenja jesu sve veći kapaciteti brodova, i potreba za više i većih terminala za krstarenje pogotovo za gradove čiji je cilj da postanu matične luke (McCarthy, Romein, 2012). Terminal za kružna putovanja morem u luci namijenjen je kruzerima i omogućava putnicima da vrše transport između objekata terminala i broda. Ovaj tip terminala je veći u odnosu na trajektno terminalo i ima sadržajnije i kompleksniji funkcionalni program. Objekat kruzerskog terminala najčešće predstavlja objekat mješovite namjene. Funkcionalni zahtjevi: zajednički temelj pomorskih procedura, tehničkih, društvenih i materijalnih obrazaca i dinamika u vezi sa operacijama terminala ekvivalentni su pravilima koje grad i država postavljaju. Stoga se može reći da ne postoji jedinstvena, fiksna šema po kojoj bi se mogao definisati funkcionalni program i cirkulacija kretanja u lučkim terminalima. Međutim, mogu se postaviti neki optimalni parametri i dijagrami na osnovu kojih savremeni terminal obično funkcioniše.

Dijagram cirkulacije u putničkim terminalima često je sličan kada je riječ o lučkom (trajektnom ili kruzerskom) terminalima i terminalima aerodroma. U naučnoj literaturi transportne arhitekture, program i proceduralni sistem ova dva tipa objekta se skoro podudaraju. Najvažnije linije kretanje koje treba ispratiti pažljivo prilikom projektovanja su: dolasci, odlasci, linija kretanja posade (i zaposlenih) i linija kretanja prtljaga. Terminali manjih luka obično imaju jedinstven prostor namijenjen dolascima i odlascima, dok se u većim lukama ova funkcija obavlja u zasebnim cijelinama, najčešće na dva nivoa gdje je zona odlaska na spratu (prvom ili višim nivoima), a zona dolaska obično zauzima prizemlje.



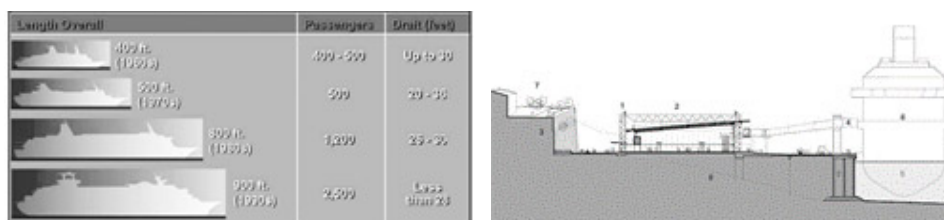
Lučki terminali imaju strog režim kontrole, kako za putnike u odlasku, tako i za putnike u dolasku, kao i adekvatan tretman prtljaga i ostale robe. U sklopu administrativne funkcije neophodno je da objekat sadrži: kontrolu transportnih sredstava i sistema, kontrolu opasnih tereta, sigurnost i bezbjednost unutar lučkog sistema, imigraciona, zdravstvena, sanitarna, carinska i komercijalna kontrola prateće dokumentacije (Dragović i Zrnić, 2014).

Provjera dokumentacije obuhvata: pasošku kontrolu; kontrolu karte (za odlazak ili dolazak); kontrolu vize i drugih dokumenata i neophodnih dozvola. Kriterijum koji bi trebalo pratiti jeste i ekološki koji podrazumijeva kontrolu i monitoring: vazduha, morske vode, čvrstog otpada, buke, radijacije i opasnih materija.

Funkcionalni program putničkih terminala je jako složen jer ne uključuje samo transport putnika, već i njihov boravak u luci koji zbog nepredviđenih okolnosti, kao što su kašnjenje dolaska ili odlaska broda ili otkazivanje krstarenja, može trajati više sati. Problem gužve nastaje i u slučaju putnika u tranzitu. Iz ovog razloga, terminal je kompleksan sistem i pored bezbjednosti kao primarne kategorije, njegov program uključuje i dodatan sadržaj. Glavne programske grupe obuhvataju: 1) terminal (dolasci, i odlasci, čekaonice, kontrole, kupovina karti itd.); 2) administracija (bezbjednost i kontrola, uprava, kancelarije zaposlenih); 3) prateći sadržaj (restorani i kuhinje, kafići, suvenirnice, gift prodavnice, butici, toaleti, pošta, banke, info, čuvanje kofera); 4) servisi (HVAC kontrolni sistemi, menadžment vozila, menadžment prtljaga, protivpožarni sistemi itd.); 5) transport (parking prostor, parking autobusa, kamiona itd.).

Složenost sistema organizacije lučkih terminala posljedica je njene potrebe za sadržajem i programom koji će zadovoljiti njene korisnike. Sa druge strane, najčešći uzrok razlike u organizaciji jeste način obavljanja linijskog putničkog saobraćaja.

Vrsta, kapacitet i dimenzije broda utiču na potrebnu raspoloživost prostora i diktiraju važne parametre projektovanja složenih sistema ovog tipa nautičkog kompleksa. Linijski putnički saobraćaj klasifikuje se na: klasične putničke brodove, Ro-Ro putničke brodove i veoma brze brodove (Jugović, Mezak, Lončar, 2007). Ovaj parametar u strukturnoj organizaciji luke od velike je važnosti jer utiče na način njenog funkcionisanja i planiranja. U posljednje vrijeme, pomorsko-putničke luke se projektuju na način organizacije višenamjenskih terminala koji će objediniti sve vrste pomenutog linijsko-putničkog saobraćaja. Riječ je o specijalizovanim putničkim terminalima koji su u stanju da prihvate i odgovore na sve zahtjeve putničkog brodarstva i transporta (Jugović, Mezak, Lončar, 2007).



**Slika 2. i 3.** Prikaz evolucije plovila u periodu 1900–1990. Izvor: Duluth-Superior Metropolitan Interstate Council (ARDC/MIC) (lijevo)//Presjek – Sydney Cruise Terminal (Johnson Pilton Walker Architects) (desno)

## REZULTATI

### Rezultati teorijskog istraživanja

Sintezom saznanja ostvarenih u istraživačkim kategorijama (biomorfizam u arhitekturi, digitalni dizajn, arhitektura nautičkog turizma – zahtjevi projektovanja „luka-terminala“) dobijeni su rezultati neophodni za sledeću fazu izrade projekta kao i praktičnu primjenu teorijsko-analičkog segmenta rada. U nastavku prikazan je dio rezultata koji je imao najveći uticaj i doprinos u daljoj realizaciji projekta.

### Principi biomorfizma

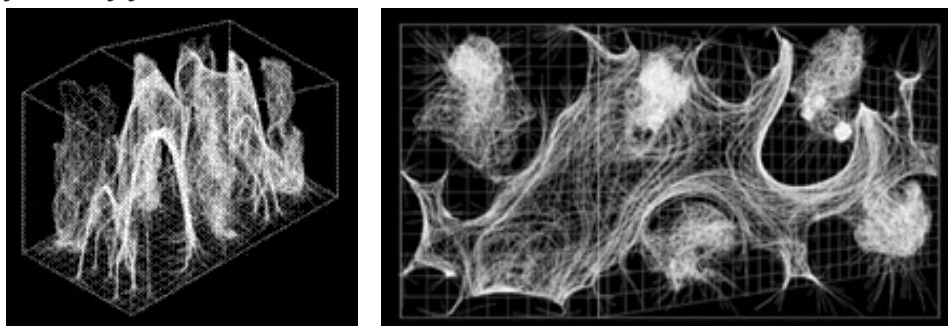
Knjiga *The Evolution of designs – A Revised Edition* (2008) engleskog autora arhitekta Filipa Stedmana, daje uvid u temu integracije biomorfnog kompjuterskog dizajna u arhitektonskom projektovanju koji ujedno predstavlja i polazište u formiranju konceptualne šeme projekta. Ideje koju su iznesene u knjizi pomažu da se lakše razumije evolutivni napredak bioinspirisanog projektovanja i simbolišu temelj razvoja koji je uslijedio u okviru teme biomorfizma. U protekle tri decenije formira se nova organska arhitektura koja se sve manje bazira na principima stare organske analogije kao posledice digitalizacije iste. Ovaj novi „organicizam“ predstavlja podlogu razvoja digitalnog biomorfizma. Stedman izdvaja nekoliko ključnih osobina ove nove paradigme:

- 1) *Metoda kompozicije*
- 2) *Odbacivanje pravougaonog, isticanje neortogonalnog ili krivolinijskog*
- 3) *Arhitektura izvan kartezijskog okvira i „grida“ Modernističkog pokreta*
- 4) *Kontakt i harmonija sa prirodom*
- 5) *Fluidnost kao spona enterijera i eksterijera*
- 6) *Pirorodni materijali*

Ovi principi se mogu razmatrati kao novi temelji biomorfizma. Metoda kompozicije, kako Stedman objašnjava, odnosi se na proces koji započinje iznutra (objekta), a nastavlja se na spoljašnji izgled. Projektovanje fluidnih formi odvija se kroz konstantno razmatranje unutrašnjosti koja će imati efekat na spoljašnji izgled. Ova metoda se može odnosti i na shvatanje da je „organska forma nešto što raste i razvija se iz materijala“ (Steadman, 2008, str. 237–248). Druga stavka, podrazumijeva fluidnost ili krivudavost koja ne mora nužno da imitira biljku ili životinju, već formu lokalnog terena koji okružuje objekat. Iz istog proizilazi „kontinualnost“ i preklapanje prostornih zona. Steadman daje za primjer Alvar Altov „biodinamizam“ i njegovu potragu za fluidnošću u šablonima koji okupiraju prostor, a ista ga je odvušla od pravougaonih šema. Novi model predstavlja unaprijeđenu verziju starih principa koje ne odbacuje, već ih unaprijeđuje i obogaćuje. Kada je riječ o digitalnoj evoluciji dizajna, mogu se izdvojiti više metoda proisteklih razvojem softvera i algoritamskih tehnika. Prva metoda predstavlja *evolucijski algoritam* kojeg Piter Bentlo opisuje u knjizi *Evolutionary Design by*

*Computers*. Evolucijski algoritam predstavlja set pravila, potencijalnih rješenja određenog arhitektonskog problema (izazova) formirajući određenu populaciju. Digitalni razvoj omogućio je kreiranje novih softvera koji nisu bazirani isključivo na algoritmima i parametriji. Prema Stedmanu, jedna od metoda zasnovana na biomorfizmu Ričarda Dokinsa upućuje na kompjuterski proces u kome je predstavljena interakcija takozvanog „biomorfa“ (fluidnih formi) sa simulacijom „neprijateljskog“ okruženja.

U odnosu kontekst-forma, princip biomorfizma uključuje komponentu hijerarhije i samoorganizacije. Samoorganizacija, kao jedna kategorija digitalne morfogeneze, odnosi se na svojstvo fleksibilnosti i modifikacije prirodnom selekcijom. Optimalnost samoorganizacije upućuje na mogućnosti povezivanja energetski povoljnih struktura, a prema Mengesu, ova tehnika je pod uticajem spoljašnjih sila. Biološke organizacije sposobne su na prilagodljivu ili adaptivnu samoorganizaciju koja daje odgovor na svojstva nepredvidivog okruženja u kojoj se objekat nalazi (Roudavski, 2009, str. 368). Fluidnost kao važna komponenta biomorfične forme može se ostvariti primjenom digitalne morfogeneze, a u biomorfizmu ona se koristi kao sredstvo sinergije prirodnih uticaja na formu i biološke inspiracije. Patrik Šumaher termin „fluidnog totaliteta“ objašnjava kao karakterizaciju postojećeg društvenog stanja i cilja da se ono učini preceptivno opipljivim unutar globalnog izgrađenog okruženja kako bi se intenzivirao njegov složeni procvat (Schumacher, 2015). Nivo fluidne senzibilnosti utiče na percepciju doživljaja morfoloških formi.



**Slika 4.** „Informisana interskalarna fluidnost“ koju su razvili studenti u New York-u, Instituta Tehnologije, Škole Arhitekture i Dizajna, Venecija, Venecijansko Bijenale (2020)

### Projektovanje održivih lučkih terminala

Lučki kompleksi iziskuju složene sisteme koji sprovodeći svoju primarnu ulogu, stvaraju velike posljedice za njihovo okruženje i imaju negativne efekte na životnu sredinu. Poznato je da su pomorski brodovi, kamioni, dizalice, terenska oprema u sklopu lučkog terminala, jedni od glavnih izvora zagađenja. U cilju ublažavanja posljedica narušavanja prirodnog balansa koje su česta pojava lučkih kompleksa, 1992. godine formiran je prvi koncept zelene luke, koji je u nastavku motivisao potragu za unapređenjem ekoloških mjera (Longo, Padovano, 2015).

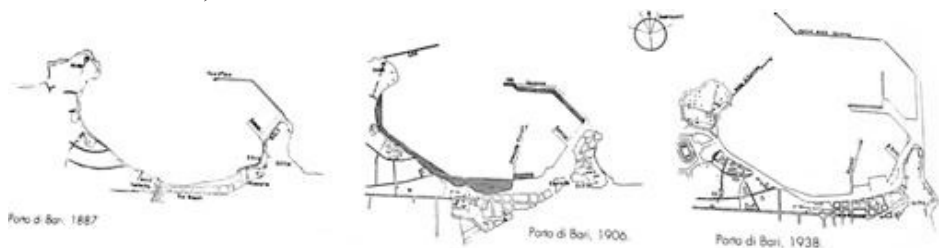


Primarna ideja ovog koncepta jeste učiniti lučko poslovanje i promet ekološki prihvatljivim, a isto je moguće postići različitim pristupima. Neki od njih podrazumijevaju: politiku „nulte emisije“, energetske efikasnosti, sakupljanje i reciklažu kišnice i otpada na brodu i slično (Longo, Padovano, 2015). U okviru lučkog sistema, izvori zagađenja su brojni i rasprostranjeni u svim tipovima terminala. U cilju njihovog ublažavanja i konačnog suzbijanja, veliku odgovornost ima čovjek i njegova svijest o ekološkim problemima i njihovim posljedicama. Negativni uticaj luka na sredinu može se podijeliti u tri potkategorije: 1. problemi uzrokovani samom lučkom aktivnošću, 2. problemi na moru uzrokovani brodovima koji pristaju u luku, 3. emisije iz intermodalnih transportnih lanaca koji opslužuju zaleđe luke (Braathen, 2011). Posljedice su: zagađenost vazduha (lokalni vazduh, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, VOC, PM), vode (kvalitet, miris, zamućenost) i zemljišta (acidifikacija), problemi ekosistema (erozija, gubitak biodiverziteta), a pored navedenih mogu se javiti problemi degradacije, kongestije i nepravilne manipulacije otpadom (Miola et al., 2009).

Zamisao „zelene luke“ podrazumijeva ekološko-prihvatljivu strukturu i njeno neposredno okruženje, čiji je koncept eliminacija emisija izduvnih gasova nastalih sa brodova ili lučke manipulativne mehanizacije kao i od strane kontinentalnih transportnih sredstava. Ovi kompleksi nastoje da u granicama mogućeg, maksimiziraju upotrebu obnovljive energije (Dragović i Zrnić, 2014). Problemi uzrokovani brodovima tiču se značajne upotrebe električne energije u cilju ostvarenja neophodnih funkcija poput ukrcavanja, iskrcavanja putnika, razne vrste manipulacije, osvjetljenja, hlađenja, grijanja i slično. Ova energija se često proizvodila pomoćnim mašinama zbog čega bi dolazilo do štetnih emisija ugljen-dioksida, sumpor oksida i azotnog oksida i praškastih materijala što dovodi do degradacije kvaliteta vazduha i buke (Dragović i Zrnić, 2014). Regulacija ovog vida zagađenja, ostvaruje se sistemom *cold ironing* (ili sistem elektrifikacije sa operativne obale na brod), koji predstavlja napajanje brodova električnom energijom dok borave u luci, dok su na vezu, u momentu kada su im glavni pomoćni motori isključeni. Primjena ovog principa jeste smanjila porast emisije štetnih gasova, a samim tim doprinijela kvalitetu vazduha, ali je utrošak energije sveden na lučke izvore koji iziskuju dodatne lokalne stanice sa električnom energijom i njihovu specijalnu adaptaciju priključaka i operativnog sistema (Dragović i Zrnić, 2014). Koncept zelene luke podrazumijeva korišćenje obnovljivih izvora energije, stoga je saznanje o konverziji, transformaciji iste od važnog značaja. Alternativni izvori energije koji se mogu naći u prirodi su: energija sunca (solarna), vjetra, energija talasa (plimska) i energija u biomasi, čak i zemljotresima. U okviru ovog master rada pomenuti alternativni izvori su dodatno analizirani kako bi se došlo do adekvatnog rješenja koje se konkretno može primijeniti u sklopu rekonstrukcije luke u Bariju.

## Rezultati praktičnog istraživanja

Luka *Porto di Bari* obuhvata prostor od 285 hektara raspoređen između pristaništa *San Kataldo* na zapadu dužine 630 m i novog vanjskog gata na istoku dužine 3100 m (*Piano operativo triennale*, 2020, str. 6). Luka zahvata središnji dio obale grada Barija koji se sastoji od urbanog jezgra srednjovjekovnog porijekla. Smatra se da je luka „mali grad u gradu“, a carinska barijera i šetnica koja se koristi kao brza urbana obilaznica, odvaja je od ostatka grada. Najznačaniji dio luke predstavlja upravo dio u blizini Starog grada. Područje luke je podijeljeno na tri glavne zone koje su namijenjene za ukrcaj i iskrcaj na šengenske trajekte, ukrcaj/iskrcaj na nešengenske trajekte i komercijalnu zonu za ukrcaj/iskrcaj na komercijalne/kontejnerske brodove. Luka Bari posjeduje dvije kapije, od kojih je prva bezbjednosna kapija (prvog nivoa), a druga kapija, drugog nivoa odnosi se na sam lučki objekat i prostorije namijenjene carinskim kontrolama (*Piano operativo triennale*, 2020, str. 101). Današnja nova luka *Il porto nuovo* na istoku zaštićena je složenim spoljnim pristaništem dominantne veličine, a na zapadu pristaništem S. Cataldo. Luka sadrži pet segmenata (basena): *Bacino Grande*, *Darsena di Ponente*, *Darsena di Levante*, *Darsena Vecchia* i *Darsena Interna*. (*Piano operativo triennale*, 2020). Zajedno sa dokom *Molo S. Vito*, basen *Darsen Interna* se koristi za plovila nešengenskih destinacija dok se dok *Vecchio Molo Foraneo* koristi samo za nautička plovila. Za privez brodova za krstarenje kao i trajekata pristiglih iz Šengen zone koristi se basen *Darsen di Ponente*. U ovu svrhu koristi se i basen *Darsen di Levante* na kome se nalaze dokovi *Deposito Franco* i *Molo di Ridosso*. Basen *Darsen Vecchia* namijenjen je manjim brodovima i aktivnostima javnog interesa uključujući finansijsku policiju (*Guardia di Finanza*) i vatrogasnu brigadu. Sadašnji novi dok (*Nuovo Molo Foraneo*), sastoji se iz 5 kraka, od kojih su prva dva u funkciji priveza teretnih brodova, treći se koristi za privez civilnih brodova, dok se četvrti i peti koriste isključivo u vojne svrhe. Dok *Molo Pizzoli* trenutno nije aktivan, već se koristi kao deponija i parking prostor, kao ni dok *Molo S. Cataldo*, koji se nekada koristio kao terminal naftnih kompanija (*Piano operativo triennale*, 2020, str. 6–8).



Slika 5. Razvoj luke *Porto di Bari* u periodu 1887–1938

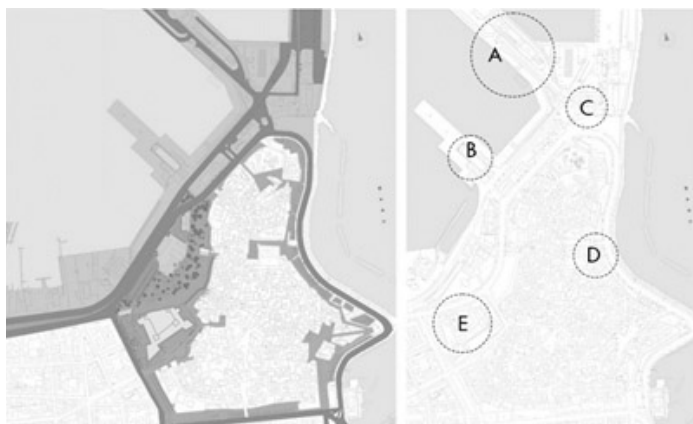
Svojom trenutnom konfiguracijom i velikim zidom koji je odvaja od ostatka grada, luka nema obezbijeden brz, lak i efikasan pristup građanima i turistima, već je u potpunosti izolovana. Prednosti ovakvog odnosa luke i grada jeste dobra kontrola ulaska i izlaska iz ove zone, odnosno zaštita i bezbjednost luke. Sa druge strane, velika mana jeste nepristupačnost i neiskorišten potencijal lokacije uz more u neposrednoj blizini starog grada. U aktuelnoj planskoj dokumentaciji (*Piano*

*operativo triennale*, 2020), ove barijere su uzete u obzir i radi se na njihovom prevazilaženju. Planirane intervencije podrazumijevaju povećanje nivoa korišćenja lučkih javnih površina i njihovu dostupnost građanima i turistima. Posebna pažnja usmjerena je na rješavanje problema „tačkaka sukoba“ koje nastaju na mjestima ukrštanja različitih trasportnih linija. (*Piano operativo triennale*, 2020, str. 78).



**Slika 6.** Prikaz basena i dokova luke Porto di Bari (lučki prostor je označen bijelom bojom)

Na slici 47. prikazana je uža situacija sa istaknutim objektima od značaja u ovoj zoni. Može se zaključiti da zona rekonstrukcije (a, koja je predviđena ovim projektom), ima veliki potencijal u smislu svog položaja i blizine starog grada. Dvorac Svevo (ital. *Castello Svevo*) koji se nalazi uz stari grad smatra se značajnom turističkom atrakcijom koja bi u slučaju dobre povezanosti sa priobalnim zonom (*Lungo mare*) stvorila priliku za novi razvoj grada (*Piano operativo triennale*, 2020, str. 79–81). Takođe, sve veća zainteresovanost za unaprjeđenjem zelenila ovog dijela grada povećava njegov kvalitet. Još jedan od značajnih objekata ove zone grada jeste i crkva Sv. Nikole koja predstavlja značajn „reper“ grada. Posmatrajući urbanizam analiziranog područja, može se zaključiti da je zona rekonstrukcije locirana u oblasti grada Barija gdje je zastupljenost turista dominantna.



**Slika 7.** Uža situacija – odnos luke *Porto di Bari* (turistička zona), A – *Terminal Crociere* (planirana rekonstrukcija), B – *Terminal* (države van Šengena), C – Lučka obalska straža i policija, D – Crkva Sv. Nikole, E – Dvorac Svevo

Studija lučkog sistema Južnog Jadrana – *Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale* (u nastavku: AdSP MAM) poslužila je kao inspiracija za početak formiranja koncepta biomorfne luke u njenoj najranijoj fazi. Sprovedena analiza talasnog toka i hidrodinamike uticala je na morfogenezu novog nautičkog kompleksa. Biomorfizam u početnoj fazi, pronađen je u neposrednoj okolini područja intervencije – morskoj vodi luke *Porto di Bari*, iz ovog razloga sinteze brojnih analiza pomogle su u boljem upoznavanju strukture i karakteristika vode u luci. Fluidni segmenti na grafičkim prikazima dobijenih rezultata studije, uticali su na prvu fazu konceptualnog rješenja. Na osnovu hidrauličko-pomorskih studija, definisani su osnovni parametri hidrodinamike unutar i izvan luke. Za potrebe studije koristio se numerički razvijen model, kako bi se sprovele odgovarajuće simulacije hidrodinamičke cirkulacije. Kako se navodi u *Studio idraulico – Marittimo* u Sredozemnom moru plima je mješovitog i poludnevno tipa sa dva maksimuma i dva minimuma u toku 24 časa. Posmatrajući Jadransko more, maksimalne amplitude plime rastu na sjeveru od 0,50 m do 1,10 m. Istraživanje i analize plime takođe imaju značajan uticaj na biomorfizam i njegov ekološki segment ne isključivo morfogeni, tako da podaci u nastavku pokazuju potencijal iskoristivosti kinetičke energije. Prema dobijenim podacima, u Bariju se mogu kategorisati tri tipa amplituda plime, a to su: niske (0,20 m), srednje (0,40 m) i visoke (0,60 m). Na osnovu sprovedene studije, primijećeno je da duž cijele obale, plima ima umjerene izlete, a kako se navodi u skorije vrijeme maksimalni nivo plime iznosio je + 57 cm dok je minimalni nivo iznosio – 60cm (*Studio Idraulico – Marittimo*, 2021, str. 11). Na slici 8 (desno) prikazani su uslovi maksimalnog izlaznog protoka srednjeg nivoa u opsegu plime sa sličnim uslovima. Na planiranom stanju uočeno je smanjenje površine vodenog ogledala. Iz prikaza brzine strujnih linija može se zaključiti da je brzina u blizini ušća veća. Dakle, smanjena površina vodenog ogledala dovodi do smanjenja protoka i brzine (*Studio Idraulico – Marittimo*, 2021). Nakon nekoliko vršenih simulacija pomoću digitalnog modela, dobijeni su grafici prikaza linija struja izazvanih plimom i osjekom.



**Slika 8.** Linije struje izazvane plimom i osjekom – inspiracija za biomorfni koncept

Ispitivanje morskih talasa i struja, poslužilo je kao inspiracija za kreiranje biomorfne forme novog nautičkog kompleksa „luke-terminala” u početnoj konceptualnoj fazi. Sa druge strane, istraživanja među kojima je i prethodno navede-

no, koje obuhvata analize intenziteta i brzine talasa, kao i analize plime i osjeke, bila su takođe korisna u energetskom domenu kada je riječ o pronalaženju alternativnih izvora energije i njihova upotreba, kao i proučavanju uslova same lokacije na kojoj se planira intervencija.

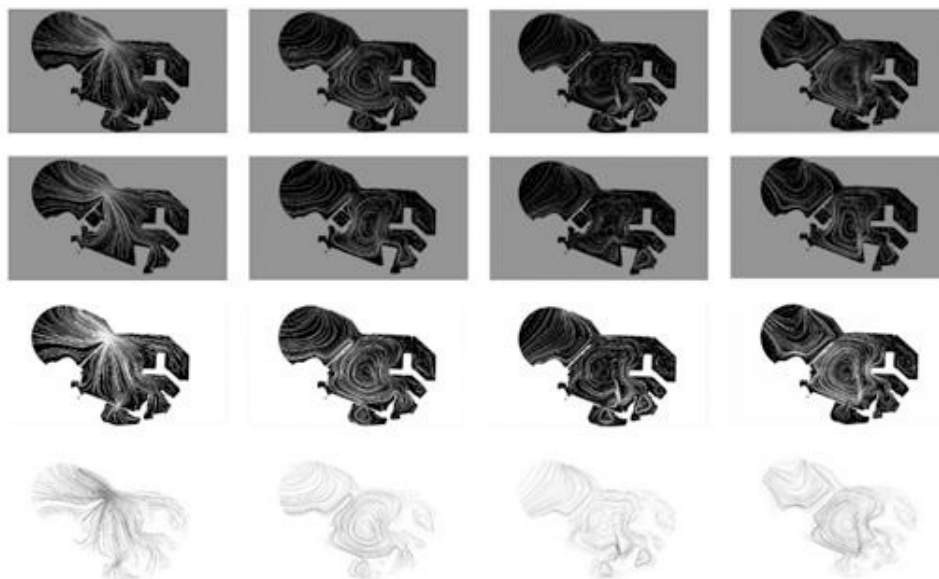
## DISKUSIJA

Projektnim zadatkom predviđena je izrada idejnog rješenja nautičkog kompleksa, rekonstruisanjem postojećeg prostora u zoni *Darsena di Levante*. Planirano je rušenje postojećeg terminala *Crociere Darsena di Levante*, i revitalizovanje postojeće zone od 50.000m<sup>2</sup> (5ha) izgradnjom novog kompleksa integracije „luke-terminala“. Projektnim zadatkom predviđena je potpuna rekonstrukcija pomenutog terminala, namijenjenog koršćenju članicama Šengen Evropske zone, kojeg ograničavaju baseni *Darsena di Levante* i *Darsena Interna*, a na kojem se prostire ulica *Imbraco Grecia*. Rekonstrukcija i reaktivizacija prostora planirana je izgradnjom novog kompleksa koji se oslanja na principe biomorfične arhitekture i predstavlja savremeni oblik nautičkog objekta: „luku-terminal“ koja pored osnovne funkcije integriše i dodatni sadržaj namijenjen nautičkom razvoju grada. Potencijal lokacije uočen je kao prirodni kontinualni nastavak turističke zone koja se nalazi u neposrednoj blizini, u samom Starom gradu, koje se prostire južno od područja na kojem se interveniše. Samim tim, cirkulisanje velikog broja ljudi, uz turističku ponudu grada, determinisalo je lociranje nove nautičko turističke zone.

## Koncept – razvoj ideje

Glavna ideja projekta nautičkog kompleksa („luke-terminala“), vođena je biomorfizmom kao osnovnim gradivnim elementom. Imajući u vidu sve nedostatke postojeće lučke konfiguracije, proističe potreba za kompletnom rekonstrukcijom, reorganizacijom i revitalizacijom prostora primjenjujući stečeno znanje o principima biomorfne arhitekture. Polazna tačka projekta jeste spona sa prirodnim modulom, koja se ostvaruje kao simbioza prirodnih sila lokalnog terena. *Elan vital*, koja podstiče evoluciju arhitektonske forme, posljedica je uočenih fluidnih segmenata geomorfologije interventnog područja.

U ovom smislu, topografske i hidrografske analize ostvarene kroz teorijsko istraživanje, determinisale su pravce vitalnih sila koje oblikuju novu morfologiju na terenu. Analizom izobara i pravca pružanja talasa, formiran je genotip budućeg objekta i njegov stepen fluidnosti. Prevazilaženje barijera pri rješavanju kompleksnih i gabaritnih objekata moguće je implementacijom biomorfizma.

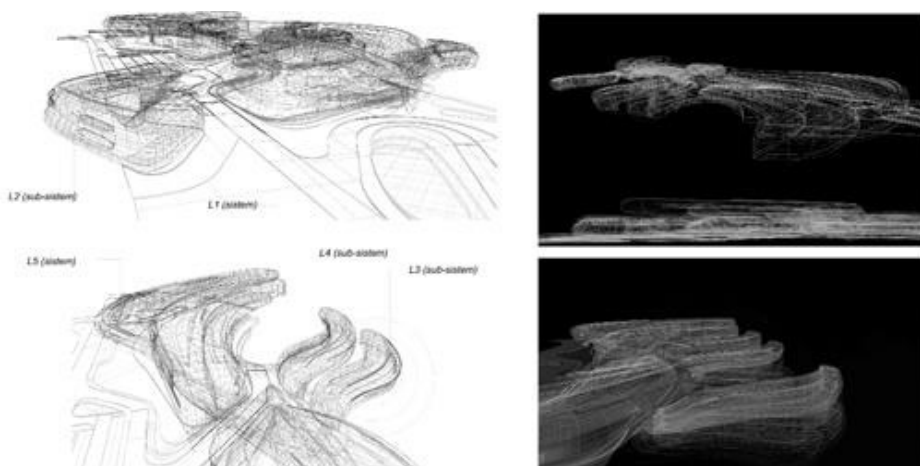


**Slika 9.** I faza biomorfizma – Analiza morskih talasa i topografije/hidrodinamika/ geomorfologija – Analiza predstavlja grafičku elaboraciju podataka istraživanja sprovedenog od strane uprave lučkog sistema Južnog Jadrana (ital. *Autorita di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale*) u Bariju, a tiče se karakteristika morske vode i talasa u luci Porto di Bari. Sprovedena analiza talasnog toka i hidrodinamike uticala je na morfogenezu novog nautičkog kompleksa. Fluidni segmenti na grafičkim prikazima dobijenih rezultata studije, uticali su na prvu fazu konceptualnog rješenja, determinišući evoluciju i razvoj forme

Prema učenju Stedmana (*The Evolution of Designs, A Revised Edition*, 2008, str. 173) kompleksni sistemi moraju imati određen stepen interkonekcije kako bi jedna od važnih osobina biomorfne arhitekture – adaptibilnost – bila ostvarena. Sistem nikada nije u potpunosti fiksiran, on se sastoji iz nezavisnih pod sistema, od kojih se svaki može adaptirati i parcijalno izolovati po potrebi, ne narušavajući balans preostalih pod sistema. Ovo je ujedno i vodeći element u evolutivnom razvoju arhitektonske forme i funkcije, imajući u vidu i stav da forma prati funkciju i da je ona spoljašnji izraz unutrašnjosti. Iz pomenutog, novi nautički kompleks, razvija se po tipologiji više pod sistema, koji su zglobno (fleksibilno) vezani za glavni organizam.

Pod sistemi predstavljaju terminale, dok glavni sistem čini dio objekta sa svim važnim funkcijama nautičkog kompleksa uključujući prijem putnika, upravu i dodatne sadržaje, poput smještajnog prostora za putnike u tranzitu, galerije nautike i tako dalje. Komponenta hijerarhije i samoorganizacije, ostvarena je kroz modifikacije prirodnom selekcijom. Funkcionalna organizaciona šema, pored tipologije koja je proistekla iz biomorfizma, određena je setom drugog stepena vitalnih sila, koje čine novu mrežu strujnih linija.





**Slika 10.** Razvoj modela – Konceptualni modeli razvoja forme, vođeni „vitalnim silama“ (fluidnih pravcima) proisteklih iz analiza morske vode luke *Porto di Bari*. Ritam, repeticija, samoorganizacija, fleksibilnost, adaptacija i automatizam – primijenjeni principi

One su proizvod pravca kretanja putnika u dolasku, odlasku, pravca kretanja vozila takođe u oba smjera kao i kretanjem plovila, a imajući u vidu veći broj terminala koji čini ovu luku složenim sistemom. Finalni element biomorfizma koji je neophodno integrisati u ovako složenu strukturu, jeste biološki segment, ostvaren u vidu pomoćnog sistema koji će se pobrinuti za održivi karakter objekta. Luke kao proizvođači velikih štetnih emisija, narušavaju životnu sredinu, te je stoga neophodno razviti biodinamičnu podlogu.

Korišćenjem resursa iz neposrednog okruženja, a sprovedenom teorijskom analizom potencijala konverzije energije, implementiran je sistem koji omogućava energetska efikasnost. Iskorišćeni resursi podrazumijevaju: sunčevu (toplotnu energiju), ali i kinetičku energiju talasa (morske vode).

Terminali kao fleksibilne strukture prikačene za glavni objekat, imaju funkciju proizvodnje energije koja se koristi kao električna, a njena transformacija ostvaruje se hidrogeneratorima. Naime, terminali se blago pomjeraju po vodi, a energija plime i osjeke koristi se kako bi se njen novi oblik, pomoću generatora, iskoristio za drugi oblik energije. Pored kinetike, maksimalni potencijal solarne energije koristi se takođe fleksibilnošću ovakvog vida organizacione šeme strukture objekta, na način da pokretne strukture omogućavaju takav položaj da po svojoj potrebi njihova površina na najbolji način prima ovaj vid energije, i po potrebi je koristi za druge oblike, u zavisnosti od godišnjeg doba.

Enterijerska komponenta objekta, čija fluidnost takođe reprezentuje biomorfni karakter, predstavlja prostor namijenjen boravku putnika, i projektovan je u skladu sa njihovim potrebama, imajući u vidu velika zadržavanja koje pomorski saobraćaj nosi sa sobom.



**Slika 11.** Uži situacioni prikaz sa naznačenim ulazima (slika gore). Prikaz sjeveroistočne fasada (slika ispod)



## ZAKLJUČAK

Pronalaženje korelacija između arhitekture i biologije otkriva nove perspektive projektovanja afirmišući holistički pristup rešavanju problema. Arhitektura, učeći iz prirode i bioloških procesa, a zadržavajući autonomnost, može stvoriti stabilne održive sisteme koji su korisni za čovjeka i njegovo okruženje čineći ravnotežu između ljudskog i prirodnog. Biomorfizam postavlja prirodni modul u evolutivni idejni proces koji utemeljuje vezu između prirodnih formi i organskog.



**Slika 12.** Trodimenzionalni prikaz projekta idejnog rješenja novog nautičkog kompleksa, biomorfne „luke-terminala“. Autorski rad\_Divna Stanović

Forma predstavlja rezultat sudara unutrašnjih i vanjskih sila kao i simbioze faktora okruženja. Stepenn fluidnosti zavisi od funkcionalne i strukturalne komponente reprodukovanja prirodne morfologije.

Prednost biomorfne arhitekture ogleda se u njenoj mogućnosti adaptacije i fleksibilnosti ostvarene kroz integraciju ritma, ravnoteže i harmonije u procesu dizajna. Implementacija principa na kojima počiva biomorfizam u arhitekturi objekata nautičkog turizma od velike je koristi imajući u vidu da se radi o objektima čiji je stepenn emisije štetnih materija visok kao i stepenn zagađenosti neposrednog okruženja uzrokovan sve većim brojem plovila i sve intenzivnijim pomorskim saobraćajem.

U smislu složenosti objekata tipa „luka-terminali“ kao kompleksnih nautičkih centara koji su neophodni da podrže veliki saobraćaj, praveći paralelu organizacione složenosti poput one u prirodi moguće je stvoriti funkcionalne prostore ne narušavajući prirodni balans i biodiverzitet. Automatizam kao bitna osobina biomorfizma, predstavlja spontani pokret, Bergsonovu „vitalnu silu“, podsticaj koji je odražen u fluidnosti i objašnjava evoluciju spontane morfogeneze.

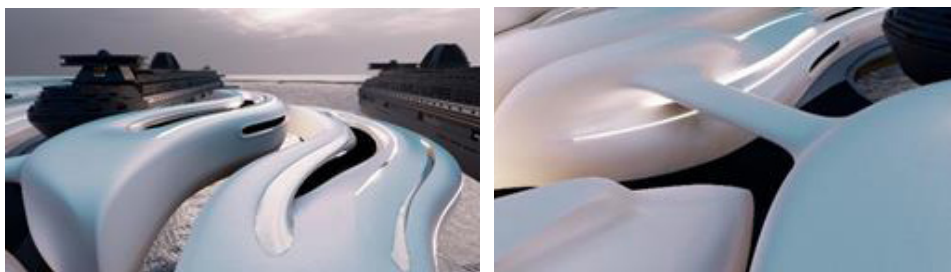
Primjena digitalne morfogeneze omogućava izvođenje forme, koja pored prirodne inspiracije, najčešće proističe iz lokalnog okruženja. U slučaju lučkih objekata, okruženje je morska voda, čiji potencijal primijenjujući principe biomorfizma, može postaviti nove standarde održivog projektovanja.

Prekomjerno zagađenje lučkog područja dovodi do destabilizacije prirodnog balansa. Najveći problemi uzrokovani su lučkim aktivnostima i ispuštanjem štetnih materija aktivacijom plovila koji borave u luci. Emisije intermodalnih transportnih sistema, degradacija i pad kvaliteta morske vode, moguće je suzbiti bioinspirisanim sistemima. Ovakav vid sistema, pravilno integrisan u arhitekturu najčešće podrazumijeva sistem konverzacije energije.



**Slika 13.** Trodimenzionalni prikaz projekta idejnog rješenja novog nautičkog kompleksa, biomorfne „luke-terminala“. Autorski rad\_Divna Stanović

Upotreba energije iz okruženja, u ovom slučaju priobalnog područja (sunca, vjetera, talasa i biomase), i njenom transformacijom u drugi vid energije, a posredstvom odgovarajućih generatora, omogućen je stabilan održivi sistem. Nakon sprovedene analize područja intervencije u sklopu postojeće konfiguracije luke *Porto di Bari*, uočeni su problemi sa kojima se suočava trenutni sistem funkcionisanja.



**Slika 14. i 15.** Trodimenzionalni prikaz projekta idejnog rješenja novog nautičkog kompleksa, biomorfne „luke-terminala“. Autorski rad\_Divna Stanović



Slika 16. i 17. Trodimenzionalni prikaz projekta idejnog rješenja novog nautičkog kompleksa, biomorfne „luke-terminala“. Autorski rad\_Divna Stanović

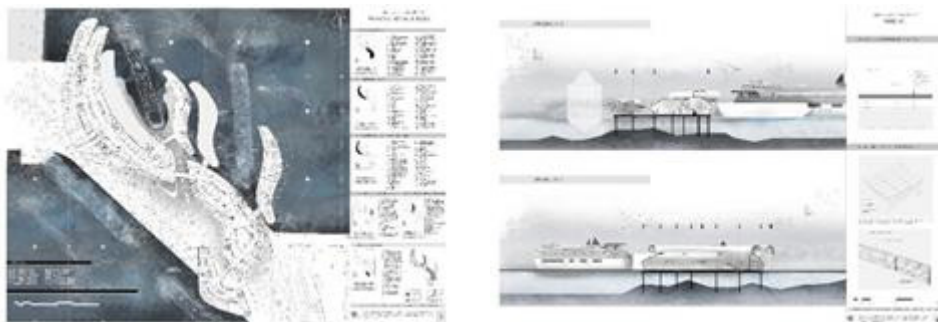
Nepristupačnost terenu i neiskorišćenost potencijala lokacije područja koje je u neposrednoj blizini velikog priliva turista Starog grada, ogleda se u saobraćaju i transportu koji je u određenim segmentima nekontrolisan. Atraktivan dio urbanog grada, zona Šengen terminala na kojoj je previđena rekonstrukcija i revitalizacija, daje novu mogućnost korišćenja lučke površine koja neće biti striktno izolovana, već obezbijediti prostor dostupan svim stanovnicima i turistima grada, obezbjeđujući, pored primarne transportne funkcije, i prostor namijenjen nautičkom razvoju grada Barija.





**Slika 18. i 19.** Prikaz osnove i presjeka idejnog rješenja novog nautičkog kompleksa, biomorfne „luke-terminala“. Autorski rad\_Divna Stanović

Rasterećenost prekomjernog saobraćaja planirana je kroz potpunu rekonstrukciju trenutnog sistema, te kroz biomorfni pristup projektovanju daje novu šansu revitalizacije prostora. Vodeći se pravilima biomorfne arhitekture, bilo je neophodno ući u detaljniju analizu lokalnog terena i pronaći izvor prirodne i spontane evolucije morfologije. Proučavanjem fizionomije morfološke strukture, uključujući hidrografiju i hidrodinamičke analize, uočen je potencijal korištenja istih u kreiranju koncepta biomorfne strukture luke. Zaključeno je da su beneficije biomorfizma višestruke, i da implementacija principa koje ona afirmišu mogu stvoriti arhitektonski prostor koji nudi atraktivne doživljaje, ali i strukture koje uspješno podižu kvalitet održivosti i pozitivno djeluju na prirodu, okruženje i čovjeka.



**Slika 20.** Trodimenzionalni prikaz projekta idejnog rješenja novog nautičkog kompleksa, biomorfne „luke-terminala“. Autorski rad\_Divna Stanović

## LITERATURA

- Adshina, M. M. (2015). *Exploring the principles of Biomorphic Architecture in the design of civic center Kaduna* (MSc thesis). Faculty of Environmental Design, Zaria, Ahmadu Bello University.
- Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale. (2021). *Marittimo impatto delle nuove opere sulla circolazione idrodinamica nelle aree esterne e interne al porto*. Bari: Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale.
- Babović, A. (2014). *Luke i pristanista* (doktorska disertacija). Građevinski fakultet, Beograd, Univerzitet u Beogradu.
- Barison, M. (2021). Beyond the Organic Paradigm. Biomorph Digital Architecture. *Aesthetica Preprint*, 117, 25-39. <https://doi.org/10.7413/0393-8522064>
- Braathen, N.A. (2011). *Environmental Impacts of International Shipping: The Role of Ports*. OECD Publishing.
- Craven, J. (2019). The meaning of 'Form Follows Function'. *Thought Co*. Preuzeto 14.10.2023. s <https://www.thoughtco.com/form-follows-function-177237>.
- Dollens, D. (2009). Architecture as nature: A biodigital hypothesis. *Leonardo*, 42(5), 412-420. <https://doi.org/10.1162/leon.2009.42.5.412>
- Dragović, B., Zrnić, N., (2014). *Lučka sredstva*. Beograd: Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Fuerstein, G. (2001). *Biomorphic Architecture: Human and Animal Forms in Architecture*. Stuttgart-London: Edition Axel Menges.
- Higgie, J. (2021). Guide to Biomorphism. *TATE*. Preuzeto 14. 10. 2023. s <https://www.tate.org.uk/tate-etc/issue-52-summer-2021/guide-biomorphism-jennifer-higgie>
- Hynynen, A. (2022). Seven Steps to Organic Modernism: Alvar Aalto's Civic Centre in Seinäjoki Seen through the Lenses of Bruno Zevi. *Athens Journal of Architecture*, 8(2), 91-112. <https://doi.org/10.30958/aja.X-Y-Z>
- Joye, Y. (2006). Cognitive and evolutionary speculations for biomorphic architecture. *Leonardo*, 39(2), 145-152. <https://doi.org/10.1162/leon.2006.39.2.145>
- Jugović, A., Mezak, V., & Lončar, S. (2006). Organization of maritime passenger ports. *Pomorski zbornik*, 44(1), 93-104.
- Longo, F., Padovano, A., Baveja, A., & Melamed, B. (2015). *Challenges and opportunities in implementing green initiatives for port terminals*. In Proceedings of the International Workshop on Simulation for Energy, Sustainable Development and Environment, SESDE 2015 (pp. 138-145).
- McCarthy, J. P., & Romein, A. (2012). Cruise passenger terminals, spatial planning and regeneration: The cases of Amsterdam and Rotterdam. *European planning studies*, 20(12), 2033-2052. doi: <https://doi.org/10.1080/09654313.2012.722914>
- Miola, A., Paccagnan, V., Mannino, I., Massarutto, A., Perujo, A. M. D. P., & Turvani, M. (2009). *External costs of Transportation Case study: maritime transport*. Ispra: JRC.

- Rahmane, A., & Abbaoui, M. (2021). The architectural genotype approach in contemporary housing (1995 to 2010): the case study of Setif, Algeria. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 11(1), 6810-6818. <https://doi.org/10.48084/etasr.4006>
- Roudavski, S. (2009). Towards morphogenesis in architecture. *International journal of architectural computing*, 7(3), 345-374.
- Schumacher, P. (2015). *Fluid Totality – The dream of inhabiting a nature-like built environment*. Basel: Institute of Architecture & University of Applied Arts Vienna, Birkhaeuser Verlag.
- The Art Story (2012). Cubism Movement Overview and Analysis. *The Art Story*. Preuzeto 14. 10. 2023. s <https://www.theartstory.org/movement/cubism/>

**Divna STANOVIĆ**

## **BIOMORPHISM OF ARCHITECTURE OF NAUTICAL TOURISM. RECONSTRUCTION OF PORTO DI BARI, IN BARI, ITALY**

**Summary:** The spontaneity of natural movement in abstraction encouraged the formation of the direction of continuity and limitlessness – biomorphism. With its vitality and natural entity, biomorphism represents a direction that inspires the creation of spaces of fluid character, breaking the barrier of interior and exterior. Architecture inspired by the morphological aspect of nature, uses the lessons of biological processes, in order to achieve the harmony of function and form. Biomorphism represents the architecture of an evolutionary character, and its morphogenic segment comes to the fore through the possibility of flexibility, self-organization and development. Parallel to the organic paradigm, the response to nature is given within the framework of contextual adaptability, as well as the integration of biologically acceptable systems, in order to achieve an ecologically appropriate environment. Digitization in architectural design has made it possible to realize the spontaneity of the form and its adaptability to different circumstances. The principles of biomorphism encourage the creation of architecture that aims to preserve the environment, but also to create an aesthetic space. The application of these principles was carried out in the field of nautical tourism architecture. The project represents the integration of several disciplines, including knowledge from the fields of: biology, nautics and architecture. In addition to the study of biomorphism, analytical research is also devoted to the domain of planning and design of nautical tourism facilities, including ports and passenger terminals. The application of theoretical knowledge is planned through the reconstruction of the Italian port Porto di Bari, relying on the mentioned principles of biomorphism and their implementation in the field of nautical architecture. The goal is to revitalize the existing space through a new complex "port-terminal", biologically and ecologically acceptable, which will overcome the problems that the port area is currently facing and meet the anticipated capacities and requirements of this type of facility. In addition, it will provide a place of efficiency and tourist attractiveness. The biomorphic port represents an ecological (green) port, necessary for the circulation of a large number of people and vessels, but also a place of revitalization of human interaction.

**Keywords:** biomorphism, digital architecture, fluid design, nautical tourism, ports-terminals



## Arhitektonski fakultet

**DIVNA STANOVIĆ** rođena je 17. jula 1998. godine u Baru. U periodu 2005. do 2013. pohađala je OŠ „Blažo Jovkov Orlandić“ u Baru. Godine 2013. upisuje Gimnaziju „Niko Rolović“, takođe u Baru, koju završava 2017. godine i maturira sa odličnim uspjehom. Iste godine upisuje Integrisane master studije arhitekture na Arhitektonskom fakultetu u Podgorici, program 5+0, Univerziteta Crne Gore. U toku studija učestvuje na brojnim arhitektonskim konkursima, na kojima ostvaruje uspješne rezultate, a među kojima se izdvaja priznanje finaliste na internacionalnom takmičenju organizacije *Archstorming* za timski projektat Etiopske škole u Africi. Dobitnik je posebnog priznanja nagrade „Božidar Milić“, a aktivni je učesnik arhitektonskih

izložbi i konferencija. Petu godinu studija provodi u Italiji u okviru programa studentske razmjene, gdje se u periodu zimskog semestra edukuje na fakultetu *Universita La Sapienza u Rimu*, a pored arhitektonskih studija, na njemu usavršava znanje italijanskog jezika. Ljetnji, ujedno i posljednji semestar, provodi u italijanskom gradu Bariju, na fakultetu *Politecnico di Bari*, gdje sprovodi istraživanje teme magistarskog rada. Tečno govori i piše engleski i italijanski jezik. Završni master rad brani 2022. godine koji je ocijenjen odličnom ocjenom „A“, a studije završava sa najvišim prosjekom u svojoj generaciji (9.40). Za uspjeh na studijama na Arhitektonskom fakultetu, proglašena je za najboljeg studenta generacije za studijsku godinu 2021/22.



**Ivana RONDOVIĆ**

Biotehnički fakultet

ivanarondovic97@gmail.com

Mentor: doc. dr Danijela Raičević

## **FIZIČKO-HEMIJSKE I SENZORNE KARAKTERISTIKE LAGER I EJL PIVA**

UDK 663.4(043.2)

**Sažetak:** Pivo se definiše kao slabo alkoholno piće dobijeno alkoholnim vrenjem iz početnih sirovina: vode, ječmenog slada, hmelja i dodatka kvasca. Tehnološki postupak proizvodnje piva sastoji se iz dvije faze: proizvodnje slada i proizvodnje piva. Najzastupljenija podjela piva je prema vrsti kvasca na piva „donjeg“ vrenja (*lager*) i piva „gornjeg“ vrenja (*ejl*). Lager piva su svjetlije boje, lagana, nižeg fenološkog sastava za razliku od ejl piva koja su prepoznata po tamnijoj boji, gorčini, mutnoći i bogatijoj hemijskoj strukturi. U radu su analizirani uzorci lager i ejl piva i to fizičko-senzorni parametri kao što su: boja, gorčina, mutnoća, stabilnost pjene i hemijski parametri: pH vrijednost, sadržaj realnog ekstrakta, aparent ekstrakta, orginal ekstrakta, sadržaj polifenola i procenat alkohola. Osim morfoloških, fizioloških i tehnoloških razlika između kvasaca „donjeg“ i „gornjeg“ vrenja, faktori kao što su početne sirovine, različita tehnologija proizvodnje, kao i različiti koncentracije koji se dodaju, bitno definišu krajnju karakterizaciju lager i ejl piva. Cilj istraživanja je da se utvrde fizičko-senzorne i hemijske karakteristike lager i ejl piva i samim time da se definiše njihov kvalitet. Kvalitet piva zavisi od: sorte ječma, uslova sladovanja, temperature i pH tokom kumljenja, sorte hmelja koji se dodaje tokom hmeljenja sladovine, soja kvasca i uslova fermentacije. Eksperimentalnim istraživanjem koje je rađeno u saradnji sa laboratorijom za kontrolu kvaliteta u Pivari „Trebjesa“ u Nikšiću dobijeni rezultati su pokazali koja piva pokazuju veći kvalitet, kao i kako drugačija cjelokupna tehnologija proizvodnje lager i ejl piva bitno mijenja fizičko-senzorne i hemijske karakteristike uzoraka piva.

**Ključne riječi:** piva, ejl, lager, kvalitet, kvasca

## UVOD

Prema bavarskom zakonu o čistoći piva (1516. godine) pivo se definiše kao piće dobijeno od ječmenog slada, hmelja, vode i dodatka kvasca. Osnovne karakteristike piva su: stabilna pjena, karakterističan hmeljni ukus (gorčina), niži procentualni sadržaj alkohola i između ostalog osvježavajući karakter. Procentualno po hemijskom sastavu, pivo sadrži oko 90% vode, 3–5% alkohola, 0,4–0,5% ugljendioksida (CO<sub>2</sub>) i 4–5% suve materije (ekstrakta). Sadržaj ekstrakta u pivu doprinosi hranljivoj vrijednosti piva iz razloga što se ekstrakt piva sastoji iz ugljenih hidrata, bjelančevina, mineralnih sastojaka i ostalih organskih komponenti koje doprinose zdravlju organizma. Polazna sirovina u proizvodnji piva je pivski ječam, od kojega se najprije mora dobiti ječmeni slad. Tehnologija piva se dijeli na dva odvojena dijela: tehnologiju slada i tehnologiju piva (Gaćeša, 1979).

Prema vrsti upotrebljenog kvasca koji se koristi za alkoholno vrenje, piva se dijele na:

- piva „donjeg vrenja“ (lager piva)
- piva „gornjeg vrenja“ (ale (ejl) i alt piva).

Naime, lager i ejl piva se prema senzornim karakteristikama prilično razlikuju. Dobijaju se tehnološkim postupcima koji se razlikuju, ali sve više unapređivanjem tehnike, tehnologije i raznim inovacijavama ove razlike postaju sve više neznatne (Leskošek-Čukalović, 2002).

Kvalitet se može odrediti na osnovu sljedećih karakteristika:

- Organoleptičke osobine – ukus i miris
- Sadržaj alkohola – hranljiva vrijednost
- Boja
- Stabilnost pjene
- Bistrina – odsustvo zamućenja
- Odsustvo prekomjernog razvijanja pjene.

Hemijske i fizičke analize pružaju veoma korisne podatke o kvalitetu piva, ali ne mogu odrediti kompletan profil senzornih svojstva piva i zbog toga se pivar mora osloniti na sopstvena čula ili još vjerodostojnije na senzornu ocjenu degustacione komisije (Hough i sar., 1976).

Kvalitet piva ne zavisi samo od rada proizvodnih radnika, nego i od kvaliteta upotrebljenih sirovina (Kunze, 1998). Radnici u proizvodnom pogonu se moraju pridržavati svih bioloških, tehničkih, hemijskih zahtjeva kontrole kvaliteta i standarda.

U radu će se analizirati uzorci lager i ejl piva i to fizičko-senzorni parametri kao što su: boja, mutnoća, gorčina, stabilnost pjene koji utiču na percepciju potrošača, kao i hemijski parametri: pH, sadržaj realnog ekstrakta, original ekstrakta, aparent ekstrakta, sadržaj polifenola, procenat alkohola, koji ukazuju da li su proizvodni procesi završeni do kraja.

Ejl piva se razlikuju od lager piva i ističu se po svojoj originalnosti, kreativnosti i zanatskom umijeću nekonvencionalne proizvodnje. Kvasci gornjeg i

donjeg vrenja se međusobno razlikuju u morfološkim, fiziološkim, tehnološkim karakteristikama. Sojevi kvasaca donjeg vrenja su u obliku pojedinačnih ćelija, dok se kvasci gornjeg vrenja uočavaju kao grupe ćelija. Između ostalog, kvasci donjeg vrenja potpuno previru rafinozu, dok kvasci gornjeg vrenja previru samo trećinu od ovog molekula trisaharida. Takođe, kvasci donjeg vrenja imaju dominantan anaerobni metabolizam, a kvasci gornjeg vrenja se karakterišu metabolizmom disanja. Navedene razlike, kao i razlike u temperaturi vrenja i odležavanja, kao i u sirovinama koje se dodaju pri proizvodnji lager i ejl piva značajno utiču na promjenu karakteristika lager i ejl piva (Kunze, 1998).

Predmet rada jeste opis osnovnih karakteristika lager i ejl piva, kao i njihovog tehnološkog procesa proizvodnje. U radu će biti prikazane i osnovne razlike u fizičko-hemijskim i senzornim parametrima između ove dvije vrste piva, što predstavlja glavni cilj rada.

Cilj ovog rada je da relevantnim metodama ispita sadržaj svake komponente kvaliteta lager i ejl piva u pogledu fizičko-hemijskog sastava, ali i da da opšti prikaz parametara kvaliteta koji se postižu putem senzornog ocjenjivanja.

U cilju sprovođenja eksperimentalnog dijela istraživačkog rada, fizičko-senzorne i hemijske analize uzoraka lager i ejl piva urađene su u laboratoriji za kontrolu kvaliteta u Pivari „Trebjesa“.

Uzorci lager piva koji su ispitivani su: *Nikšičko pivo*, *Jelen pivo*, *Budweiser pivo*, a uzorci ejl piva: *Mammut Indian Pale Ale* (IPA), *Mammut American Pale Ale* (APA), *Druid Indian Pale Ale* (IPA), *Druid Belgian Ale Dubbel*, *Akademija Brewery „Čista desetka“*.

Hmelj kao osnovna sirovina za proizvodnju piva doprinosi kvalitetu i stabilnosti konačnog proizvoda. Unosi se tokom kuvanja sladovine, a tokom procesa otpušta specifične molekule arome. Takođe, obuhvata  $\alpha$  i  $\beta$  kiseline koje se tokom procesa proizvodnje transformišu u izo-alfakiseline i u tom obliku doprinose finalnoj gorčini piva (Goldammer, 2008).

Pivo sadrži preko 800 različitih sastojaka, a većina tih sastojaka posjeduje bioaktivna svojstva. Sastojci u pivu mogu biti posljedica upotrebljenih sirovina ili pak mogu nastati hemijskim i biohemijskim transformacijama u toku procesa komljenja, kuvanja, fermentacije, odležavanja piva. „Karakter piva“ je definisan svim sastojcima koji se mogu naći u istom (Briggs i sar., 2004, Frías i sar., 2016).

U zavisnosti od koncentracije osnovne sladovine i stepena fermentacije zavisi sadržaj alkohola. Sadržaj alkohola se kreće od 2,8 do 6 vol.% zavisno od vrste piva. Osim etanola, pivo se sastoji iz male količine viših alkohola i 0,2–0,3% glicerola (Šakić, 2005).

Ugljen-dioksida u pivu ima 0,35–0,45%, ali ako je pivo prekomjerno zasićeno sadržaj  $\text{CO}_2$  može iznositi i 0,7%. Pri rezultatima ugljenohidratnog sastava piva, može se naslutiti sastav  $\text{CO}_2$  sladovine iz koje to pivo potiče. Naime, u pivu zaostaju značajne količine maltoze, a od ugljenih hidrata zaostaju gumaste materije, pentozani i produkti karamelizacije ugljenih hidrata.

Procenat ekstrakta piva zavisice od koncentracije osnovne sladovine i stepena fermentacije, a kreće se od 3 do 10%. Izvjestan dio ekstrakta (8–10%) čine azotne materije, u koje se ubrajaju proteini, albumoze, peptoni, amidi, aminokiseline,

amonijačne soli. Prilikom upotrebe ječma siromašnog azotom, nesladovanog ječma, šećera u proizvodnji slada dobija se pivo osiromašeno azotnim materijama. Gorke materije hmelja, taninske materije (hmelja i slada), obojene materije (melanoidini) i organske kiseline mliječna, ćilibarna, oksalna, jabučna čine organski dio ekstrakta i nalaze se u malim količinama. Koloidne materije takođe čine sastavni dio ekstrakta.

Polazeći od količine hmelja upotrebljenog u fermentaciji, zavisice i sadržaj gorkih materija (izohumulona), koji se kreće u granicama 0,03–0,09 g/L.

Osim hemijskog sastava piva, važno je uzeti u obzir fizičko-hemijske karakteristike sastojaka piva koje na kraju definišu kvalitet piva. U pivu, u obliku koloida, električno nabijenih, nalaze se dekstrini, pentozani, složene azotne materije, hmeljne smole, taninske i obojene materije. Zavisno od veličine i sastava ovih micela zavisi ukus, stabilnost pjene, punoća piva. Karakteristike piva kao što su pjenušavost, ukus, koloidna stabilnost zavise od koloidne ravnoteže u pivu, koja je promjenljiva (Pau-nović, 2015).

Glavne tehnološke razlike između lager i ejl piva su temperatura vrenja odnosno temperatura odležavanja mladog piva.

Piva „donjeg vrenja“ (lager) se proizvode vrenjem pivske sladovine pod uticajem sojeva čiste kulture kvasca vrste *Saccharomyces uvarum*, a piva „gornjeg vrenja“ (ejl) se proizvode pod uticajem sojeva čiste kulture kvasca vrste *Saccharomyces ce-revisiae* (Mijatović, 2019).

Ključne fiziološke razlike između lager kvasaca i ejl kvasaca su sposobnost fermentacije i asimilacija melibioze. Naime, lager kvasci iskorišćavaju melibiozu i rafinozu, dok ejl kvasci ne posjeduju enzim melibiazu, pa shodno tome ne mogu iskoristiti melibiozu, već samo trećinu rafinoze (Meštrić, 2015).

Lager piva fermentišu na 6–8°C, završetak procesa vrenja je na 12–18°C. Na kraju vrenja najveći dio kvasaca se istaloži, taj talog se odvaja, a zatim mlada lager piva odležavaju u ležnom tanku na 0–2°C.

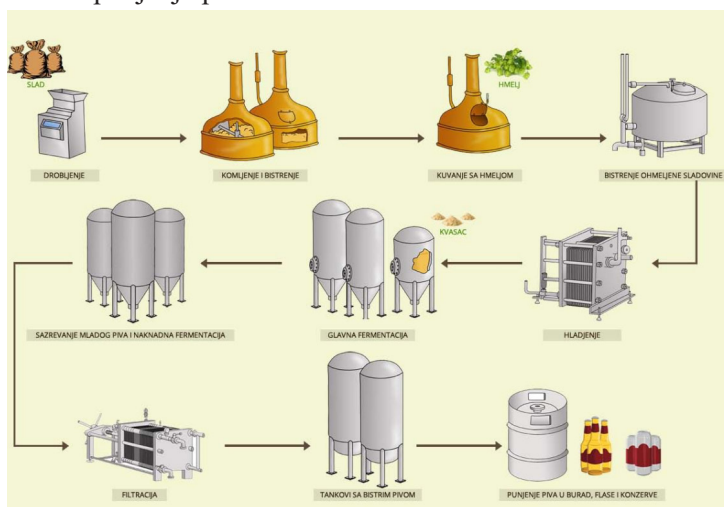
Za razliku od lager piva, ejl piva fermentišu na 15–20°C, a završetak vrenja je na 20–25°C. Pri kraju procesa vrenja kvasci isplivaju na površinu, odvajaju se, a mlada ejl piva odležavaju na 8°C (tipično za engleska i pšenična ejl piva).

Takođe, jedna od bitnijih razlika između lager i ejl piva su senzorna svojstva, aroma, punoća ukusa, boja. Lager piva su svjetlija, umjereno punog ukusa kao posljedica neprevrelog ekstrakta, posjeduju umjerenu gorčinu i aromu isključivo na hmelj. Međusobno se razlikuju po tvrdoći vode i boji sladovine. Tako se, na primjer, od tvrde vode i tamnog slada proizvodi dortmundsko lager pivo, a od meke vode i svjetlijeg slada se dobija plzensko lager pivo (*Pils*). Bilo koje lager pivo se uvijek pije ohlađeno na 5–14°C.

Ejl piva su znatno tamnija, izrazito punog ukusa, jake gorčine sa različitim voćnim aromama. Piju se na višim temperaturama, čak na 20°C. Neki od poznatijih stilova ejl piva su: *Pale ale*, *Brown ale*, *Old ale*, *Scottish ale*, *Irish ale*, *Belgian ale*, *Mild*, *Bitter* (Meštrić, 2015). Postoji još mnogo stilova ejl piva, koji zavise od kvaliteta vode, slada, boje slada, gorčine, koncentracije alkohola, tehnološkog postupka proizvodnje i sl. (Parker, 2012).

Tehnološki proces proizvodnje piva (Slika 1) se sastoji iz proizvodnje slada i proizvodnje piva, a pokriva minimalno tri tehnološke faze:

- Produkcija slatkovine
- Glavno vrenje slatkovine i naknadno vrenje (dozrijevanje) mladog piva
- Dorada i punjenje piva u ambalažu.



Slika 1. Tehnološka šema proizvodnje piva

Izvor: <http://www.dgt.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2020/02/Pica-sa-geografskim-poreklom-Proizvodnja-piva.pdf>

Tehnologija proizvodnje piva obuhvata čitav niz procesa, a to su: mehanički, tehnološki, biohemijski i hemijski procesi. Kao što je na početku navedeno, cijeli proces proizvodnje piva se sastoji iz dva nezavisna dijela, a to su: „tehnologija slada“ i „tehnologija piva“.

„Tehnologija slada“ obuhvata: čišćenje i sortiranje ječma, močenje ječma, klijanje ječma, sušenje zelenog slada, oslobađanje suvog slada od klica i poliranje slada.

Drugi dio „tehnologija piva“: proizvodnju slatkovine, alkoholno vrenje slatkovine (fermentacija piva), dozrijevanje (odležavanje) mladog piva, hladna stabilizacija, filtracija i obrada, punjenje, pakovanje i skladištenje piva (Mijatović, 2019).

Prvi proces u proizvodnji slada je *prijem ječma*, koji ima tačno definisane tehnološke karakteristike. Prilikom prijema ječma, obavezno se vrši kontrola vlage zrna, jer ako je transportovan iz hladnih i vlažnih područja, obavezno se mora prethodno osušiti u struji toplog vazduha, kako bi se spustio nivo vlage. Ako se ječam transportuje iz toplih i suvih područja, sušenje nije potrebno, a ako je ječam pristigao sa njive neophodno ga je podvrgnuti pretčišćenju (odstranjuje se prašina, polomljena zrna, grube čestice). U toku sladištenja ječma je potrebno očuvati njegova tehnološka svojstva, vršiti povremene kontrole sadržaja vlage i temperature, kao i hlađenje i provjetranje. Ječam se može sladovati tek kada se završi faza „posležetvenog dozrijevanja“. Prije sladovanja, ječam se čisti, sortira po homogenosti zrna (zrna deblja od 2,5 mm – I klasa, zrna od 2,2–2,5 mm – II klasa, a sva zrna manja od 2,2 mm se koriste kao stočni ječam).

**Močenje ječma** je prva faza u proizvodnji slada, koja se obavlja u močionicama, temperatura vode je 10–18°C, a proces traje 40–48h. U toku močenja ječam se potapa u vodi, dolazi do aktiviranja klice, a vlaga zrna se od početnih 11–14% povećava na 28–30%. Takođe, u močionicama se vrši i aeracija, dovodi se vazduh koji formira „suve pauze“ (zrna su bez vode) i istovremeno se odnosi CO<sub>2</sub>. Završetak močenja se označava pojavom bijelih klica korijena zrna na površinu i tada se ječam transportuje u kljališta i počinje sljedeća faza, klijanje.

Tokom procesa **kljanja** sintetišu se i aktiviraju enzimi i dolazi do dezintegracije sastojaka zrna u kontrolisanim uslovima: temperatura 13–16°C, vazduh zasićen vlagom kako bi se odvodila toplota (posljedica disanja zrna) i onemogućilo sušenje. S vremena na vrijeme se zrna okreću kako bi se onemogućilo preplitanje korjenčića. Zeleni slad ili iskljalo zrno sa korjenčićima je proizvod procesa kljanja. „Modifikacija“ označava transformacije u zrnu i sastoji se iz tri osnovna segmenta:

- Hemijske promjene u zrnu
- Fizičke promjene koje kao posljedica imaju omekšavanje zrna i lakše drobljenje
- Akumulacija hidrolitičkih enzima.

Zeleni slad se sastoji iz mnoštva enzima i primjenjuje se u industriji piva, viskija, votke.

Sljedeća faza je **sušenje slada** u kojoj je cilj da se sačuva enzimski potencijal zrna uprkos brojnim transformacijama. Vlažnost zrna se smanjuje sa početnih 44% na 3–5%, a sušenje se obavlja u sušarama, pod uticajem struje toplog vazduha, a dodatno se vrši i dosušivanje na 82–102°C. Sušenjem, korjenčići postaju krti, pa se lako uklanjaju i vrši se njihovo otklicavanje. Kako bi se zadovoljili standardi kvaliteta i zahtjevi tržišta, slad se uglavnom kupažira prije isporuke iz sladare, u rifuznom stanju i pakovanju u vrećama od 50 kg (Leskošek-Čukalović, 2002).

**Proizvodnja sladovine** je prva faza u procesu proizvodnje piva koja se obavlja u dijelu proizvodnog pogona – varionici. Naime, sladovina predstavlja vodeni ekstrakt slada i nesladovanih žitarica koji su rezultat enzimske dezintegracije makromolekularnih sastojaka zrna.

Tehnološki procesi koji prate proces proizvodnje sladovine su: drobljenje slada, ukomljavanje, filtracija ošecerene komine, kuvanje sladovine sa hmeljom, bistenje ohmeljene sladovine.

Prva faza proizvodnje sladovine je **drobljenje slada** koja se obavlja u mlinovima (drobolicama) sa dva ili više pari valjaka. U procesu drobljenja slad i nesladovane žitarice se usitnjavaju kako bi se intenzivirao proces enzimske dezintegracije sastojaka, ekstrakcija rastvorenih komponenti i da bi lakše prodrla voda u zrno.

Druga faza proizvodnje sladovine je **komljenje** u kojoj se obavlja enzimaska dezintegracija nerastvorenih sastojaka i kao rezultat dobija se ekstrakt hemijski prilagođen tipu piva koje se pravi. Postoje dva tipa komljenja:

- Bez kuvanja komine – infuzija (tip komljenja zasnovan na enzimskim reakcijama, temperatura se održava stalnom ili se postepeno povećava dodavanjem vruće vode, tipičan proces za proizvodnju ejl piva);
- Sa kuvanjem komine – dekokcija (tip komljenja gdje se dio komine izdvaja, potom se stavlja u drugi sud i kuva, a temperatura se povećava vraćanjem kuvane komine u komovnjak).

Sljedeća faza je **kuvanje sladovine**, gdje se postižu razni procesi: sinteza jedinjenja koji doprinose boji i ukusu (melanoidin i karamela), uklanjanje vodonik-sulfida (nepoželjni isparljivi sastojak), mikrobiološka i hemijska stabilizacija (inaktivacija enzima i mikroorganizama), bistrenje (koagulacija proteina i odvajanje nerastvorenih taloga sa taninima), uparavanje viška vode, hmeljenje. Tokom kuvanja sladovine, dodaje se hmelj i pri tome dolazi do ekstrakcije  $\alpha$ -kiseline (goraki sastojak) koji se termički transformiše u izo- $\alpha$ -kiselinu (jedinjenje intezivne gorčine). Takođe, nastaju hmeljna ulja koja su reaktivna sa drugim sastojcima sladovine, aromatična jedinjenja i tanini koji formiraju organoleptičke osobine-ukus, miris sladovine. U kotlovima za kuvanje sladovine se vrši kuvanje sladovine. U istoj fazi kad se dodaje hmelj, tada se mogu dodati i sirupi, rafinirani šećeri ili druge sirovine koje se primjenjuju kako bi se sterilisali. Na kraju kuvanja dobija se ohmeljena sladovina, koja sadrži nerastvorena jedinjenja i neiskorišćene dijelove hmelja.

Poslije završenog procesa bistrenja, sladovina se mora tempirati na temperaturi vrenja, zavisno da li se proizvode lager piva (6–8°C) ili ejl piva (15–18°C). Ohlađenoj sladovini se uduvava sterilni vazduh kako bi se aktivirali kvasci i proces vrenja što prije počeo. Potom se dodaje čista kultura kvasaca ili pak kultura kvasaca koja se koristila u prethodnom kuvanju. Poznato je da se u tehnologiji piva koriste dvije vrste vrenja: „donje“ i „gornje“ vrenje, koji se razlikuju po principu izvođenja i tehnološkim karakteristikama.

Kvasci se prilikom vrenja umnožavaju, a otpušta se i  $\text{CO}_2$  (podesan za prikupljanje, prečišćavanje i uskladištenje). Takođe, iskorišćeni kvasac se izdvaja i koristi za nove procese vrenja, kao i za farmaceutsku i prehrambenu tehnologiju (za stočnu hranu).

Prilikom **odležavanja piva** dolazi do formiranja senzornih karakteristika, bistrenja, koloidne stabilizacije, karbonizacije. Mlado pivo poprima prijatnu gorčinu (oslobađanjem  $\text{CO}_2$  eliminišu se toksična jedinjenja poput vodonik-sulfida, merkaptana, dimetil-sulfida). Smanjenjem temperature pri kraju procesa vrenja, nastupa **bistrenje**, u kojem se kvasci odvajaju. Na nižoj temperaturi, talože se i polifenoli, intenzivira se koloidna stabilnost i pojednostavljuje filtracija piva. Povećavanjem pritiska usljed snižavanja temperature, poboljšava se rastvorljivost  $\text{CO}_2$  i time se doprinosi pjenušavosti, otvorenosti i aromi mladog piva (Leskošek-Čukalović, 2002).



## Bistrenje i istakanje piva

Prilikom glavnog vrenja i odležavanja piva, pivo poprima fizičko-hemijske i organoleptičke promjene u hemijskom sastavu i karakteristikama. Naime, dolazi do taloženja ćelija kvasaca, materija proteinsko-taninskog kompleksa, čime se pivo bistro. Ugljen-dioksid se oslobađa i veže za pivo, na taj način obrazujući svoj konačan oblik i osobine. Filtrirano pivo je po pravilu kristalno bistro, stabilno i kvalitetno. Upravo zbog navedenih razloga, filtracija je obavezna tehnološka operacija pri proizvodnji piva, jer bez filtracije se ne može proizvesti kvalitetno pivo, koje će biti prepoznato na tržištu.

Kako bi se postigla bistrina piva, primjenjuju se dva postupka: separacija piva i filtracija.

Separacija piva se obavlja pomoću separatora, koji rade na principu centrifugalne sile. Pod uticajem pritiska, pivo ulazi u bubanj separatora, gdje su smješteni rotirajući tanjiri. Pivo uspješno prolazi bubanj i tanjire i odlazi u prostor za taloženje, gdje se pod uticajem centrifugalne sile krupne čestice izdvajaju i stvara se talog. Periodično, u vremenskim intervalima, pomenuti talog se odstranjuje. Dobra strana separatora je da su oni hermetički zatvoreni, pa ne dolazi do gubljenja koncentracije  $\text{CO}_2$ , niti do oksidacije piva.

Za razliku od separacije, metoda filtracije doprinosi mnogo većoj bistrini piva. Krupnije čestice u pivu se talože pod uticajem gravitacione sile, pa je tokom filtracije neophodno ukloniti najvećim dijelom veoma sitne čestice. Zato je neophodno oformiti specifični porozni sloj koji ima ulogu zadržavanja ovih sitnih čestica tokom filtracije. U filtraciji se najčešće koriste filterski ulošci koji se prave kao ploča od celuloze i pamuka. Naime, na pomenutim ulošcima se prvo formira jedan naplavni sloj kiselgura, koji je grub, pa se preko njega stavlja finiji kiselgur, čija je uloga da obrazuje filterski sloj koji će zadržati sve sitne čestice. Tako da na kraju kroz filtracijske slojeve prolazi očišćeni filtrat, oslobođen sitnih čestica i ćelija kvasaca. Dosta često se koriste naplavni filteri za filtraciju piva.

Posljednja operacija prije punjenja piva u boce, limenke je upravo filtracija piva, pa je veoma bitno napomenuti proizvođače da na ovu tehnološku fazu obrate posebnu pažnju kako bi dobili kvalitetno pivo (Franović, 2016).

## Punjenje piva u boce

Najprije filtrirano pivo se presipa u tankove koji su pod pritiskom i tu treba da odstoji 8–12h prije punjenja u ambalažu. Uloga ovih tankova i vremenskog zadržavanja piva je hlađenje piva na 1–2°C i sprečavanja pjenušanja tokom otakanja piva u boce. Punjenje se obavlja pod uticajem izobarometarskog pritiska koji omogućava stalan dotok  $\text{CO}_2$ , čime se sprečava gubitak  $\text{CO}_2$  i oksidacija piva.

Prije nego što se pivo napuni u odgovarajuću ambalažu – boce, limenke i dr., neophodno je sprovesti par operacija. Prvo se temeljno operu i dezinfikuju sve boce i izvrši se stroga kontrola higijene. Zatim se puni pivo u boce, zatvaraju se boce čepovima, lijepe se etikete sa deklaracijom i opis proizvoda. Nakon ovih faza, neophodno je da napunjeno pivo u bocama odstoji, kako bi se takoreći stabilizovalo. Danas je popularan kineski sistem za flaširanje piva (Franović, 2016).



## METODE

U istraživačkom radu odrađene su fizičko-senzorne i hemijske analize za uzorke lager i ejl piva. Lager piva koja su analizirana (Tabela 1) su: *Nikšićko pivo*, *Jelen pivo*, *Budweiser pivo*. Ejl piva koja su analizirana (Tabela 1) su: *Mammut Indian Pale Ale*, *Mammut American Pale Ale*, *Druid Indian Pale Ale*, *Druid Belgian Ale Dubbel*, *Akademija Brewery „Čista Desetka“*.

**Tabela 1.** Vrste i osnovne karakteristike uzoraka

Vrsta piva	% alkohola	Karakteristike
Nikšićko pivo	5,0%	Nefiltrirano, pasterizovano, svijetlo lager pivo
Jelen pivo	4,6–5,0%	Nefiltrirano, pasterizovano, svijetlo lager pivo
Budweiser pivo	5,0%	Nefiltrirano, pasterizovano, svijetlo lager pivo
Mammut Indian Pale Ale	5,9%	Svijetlo, mutno, nefiltrirano, ejl pivo
Mammut American Pale Ale	5,0%	Tamno, mutno, nefiltrirano, ejl pivo
Druid Indian Pale Ale	6,0%	Svijetlo, mutno, nefiltrirano, ejl pivo
Druid Belgian Ale Dubbel	6,0–8,0%	Tamno, mutno, nefiltrirano, ejl pivo
Akademija Brewery „Čista Desetka“	6,0%	Svijetlo, mutno, pšenično, ejl pivo

Fizičko-senzorne i hemijske analize su urađene u laboratoriji za kontrolu kvaliteta Pivare , „Trebjesa“, koja se nalazi u Nikšiću.

Fizičko-senzorne analize uzoraka lager i ejl piva su:

- Određivanje boje piva
- Određivanje mutnoće piva
- Određivanje gorčine piva
- Određivanje stabilnosti pjene piva

Hemijske analize uzoraka lager i ejl piva su:

- Određivanje pH vrijednosti piva
- Određivanje ukupnih polifenola piva
- Određivanje originalnog ekstrakta piva
- Određivanje realnog ekstrakta piva
- Određivanje aparent ekstrakta piva
- Određivanje alkohola piva

### Određivanje boje piva

Boja uzoraka lager i ejl piva određuju se spektrofotometrijski. Naime, svi uzorci piva se prethodno degaziraju mućkanjem, pa se zatim koristi spektrofotometar (Slika 2). Na spektrofotometru je prvo provjerena čistoća kiveta, a zatim se podesi talasna dužina na 430 nm i redom se očitavaju uzorci u EBC jedinicama.



Slika 2. Spektrofotometar UV-1800 (Laboratorija za kontrolu kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

### Određivanje mutnoće piva

Mutnoća uzoraka lager i ejl piva se određuje pomoću turbidimetra (Slika 3). Uzorci se prethodno degaziraju mućkanjem, aparat se podesi na nultu vrijednost, a potom se redom stavljaju uzorci i očitava se vrijednost mutnoće u EBC jedinicama na displeju.



Slika 3. Turbidimetar marke Haffmans (Laboratorija za kontrolu kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

## Određivanje gorčine piva

Reagensi za određivanje gorčine:

1. Izo-oktan (2,2,4-trimetilpentan)
2. Oktanol
3. Hlorovodonična kiselina, 3 M HCl

Uzorci lager i ejl piva se prethodno degaziraju, zatim se otpipetira 10 mL od svakog uzorka u pipete i doda se po kap oktanola. Doda se u svaku pipetu 1 mL HCl i 20 mL izo-oktana. Potom se na uređaju (Slika 4) pojedinačno mučkaju pipete oko jedan minut. Čeka se 20 min. da se u pipetama odvoje slojevi, a vrhom pipete se uzima uzorak i stavlja u čistu kivetu. U prvu kivetu kao slijepa proba stavlja se izo-oktan. Na spektrofotometru (Slika 2) apsorbancija je podešena na 270 nm, a potom se pojedinačno čitaju rezultati sa displeja u BU jedinicama.



**Slika 4.** Uređaj za horizontalno mućkanje  
(Laboratorija za kontrolu kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

## Određivanje stabilnosti pjene piva

Stabilnost pjene piva se određuje pomoću NIBEM uređaja (Slika 5). Veoma bitan faktor kvaliteta, kako lager, tako i ejl piva, je stabilnost pjene. NIBEM uređaj radi na principu mjerenja vremena koje je neophodno da pjena piva padne do određene visine za 10, 20, 30 mm, a mjerenje se vrši pokretnim elektrodnom sistemom koji ima duge igle. Takođe, vrijeme se mjeri u sekundama. Prije nego što se stave uzorci lager i ejl piva, NIBEM uređaj se kalibriše. Kalibracija se sastoji u tome da se standardna čaša napuni vodom (koja se prelijeva preko ruba čaše), pa se potom stavi ispod elektrode. Nakon što elektroda dotakne površinu vode, vraća se u početni položaj. Poslije kalibracije, uzorci se redom sipaju u standardnu čašu, a potom se na displeju uređaja očitavaju rezultati u sekundama.



**Slika 5.** NIBEM uređaj za mjerenje stabilnosti pjene piva

Izvor: <https://bsw-es.com/wp-content/uploads/folletos/ingles/haf-bul-nibem-tph-2127-en.pdf>

Klasifikacija procjenjivanja rezultata:

- vrijednosti ispod 220 sekundi su loše
- vrijednosti između 260 i 280 sekundi su dobre
- vrijednosti iznad 300 sekundi su jako dobre.

### Određivanje pH vrijednosti piva

Za određivanje pH vrijednosti uzoraka lager i ejl piva koristi se pH-metar (Slika 6), koji posjeduje mjernu ćeliju s elektrodama. Između svakog mjerenja pH vrijednosti uzorka, elektroda se ispere destilovanom vodom i pH metar se kalibriše. Kada se pH-metar ne koristi, elektroda se uvijek drži u rastvor KCL-a do ponovnog korišćenja. Vrijednosti gotovog piva su obično u granicama od 4.3–4.6 pH jedinica.



**Slika 6.** pH mjeter sa elektrodom i rastvorom KCL-a (Laboratorija za kontrolu kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

## Određivanje ukupnih polifenola piva

Reagensi za određivanje ukupnih polifenola koji se koriste su:

- EDTA (etilendiamintetra sirćetna kiselina)
- Razrijeđeni rastvor amonijaka (amonijak:voda; 1:2)
- Gvožđe (III) amonijum-citrat.

Za određivanje ukupnih polifenola, takođe se koristi spektrofotometar (Slika 2). Uzorci lager i ejl piva se, kao i kod svake metode, najprije degaziraju mućkanjem, zatim se otpipetira po 10 mL od svakog uzorka i doda 8 mL EDTA-a, kako bi uzorci bili stabilizovani. Takođe, dodaje se potom 0,5 mL gvožđe (III) amonijum citrat-a, jer on reaguje sa postojećim polifenolima u pivu i boji rastvor u karakterističnu crvenu boju. Potom se dodaje 0,5 mL amonijaka. Bitno je napomenuti da nakon svakog dodavanja reagensa, tikvice se moraju promućkati.

Za određivanje polifenola pomoću spektrofotometra, osim odmjerenih tikvica sa uzorcima, koristi se i slijepa proba. Slijepa proba se priprema na taj način što se stavi isto 10 mL uzorka, 8 mL EDTA-a, 0,5 mL amonijaka, ali se ne dodaje gvožđe (III) amonijum-citrat. Pripremljeni uzorci i slijepe probe se ostave 10 min. da bi došlo do reakcije, a potom se stave u spektrofotometar, gdje se podesi apsorbansa na 600 nm talasne dužine.

*Proračun za ukupne polifenole: ukupni polifenoli (mg/L) =  $A_{600} * 820$*

## Određivanje orginalnog ekstrakta, realnog ekstrakta, aparent ekstrakta i alkohola piva

Pomoću uređaja *Anton Paar AlcoLyzer Plus* (Slika 7) veoma jednostavno se određuju vrijednosti ekstrakata, alkohola, kao i vrijednosti specifične težine piva i kalorijske vrijednosti.

Nakon što su uzorci lager i ejl piva degazirani mućkanjem, sipaju se u specijalne čašice i analizator se uključuje. Poslije 5–10 min. očitavaju se rezultati na pisaču, koji se nalazi uz analizator. Aparat analiza redom pojedinačno uzorke i očitava vrijednosti alkohola (volumnog i težinskog), orginalnog ekstrakta, aparent ekstrakta, realnog ekstrakta, kao i specifične težine uzorka piva i kalorijske vrijednosti. Pored stavljanja uzoraka piva u čašice, obavezno se moraju staviti dvije čašice sa destilovanom vodom, iz razloga što sonda mora biti isprana nakon uzimanja svakog uzorka piva.

Takođe, kako bi se odredio pravi sadržaj ekstrakta, neophodno je da se ukloni alkohol u uzorcima piva, što je rijetka praksa. Tako da izmjereni ekstrakt u pivu se smatra samo prividno tačnim (Kreč, 2009).



Slika 7. Anton Paar Alcoolyzer Plus (Laboratorija za ispitavanje kvaliteta, Pivara „Trebjesa“)

## REZULTATI

Kao što je prethodno navedeno, kako bi se postigao ujednačen kvalitet piva, neophodno je u kontinuitetu obavljati fizičko-senzorne i hemijske analize sirovina u svim fazama proizvodnje piva. Cilj ovog rada je određivanje osnovnih fizičko-senzornih i hemijskih parametara uzoraka lager i ejl piva, čime se definišu preciznije razlike između ove dvije vrste piva u kvalitetu. U ovom istraživanju obavljene su osnovne i referentne analize kvaliteta piva, čiji će rezultati biti tabelarno prikazani u nastavku.

Tabela 2. Fizičko-senzorne karakteristike uzoraka lager piva

Parametri	Boja (EBC)	Mutnoća 20°C (EBC)	Gorčina (BU)	Stabilnost pjene (sec)
Nikšićko pivo	7.14	0.38	23.2	263
Jelen pivo	7.61	0.28	23.0	285
Budweiser pivo	9.42	0.39	21.4	215

Tabela 3. Hemijske karakteristike uzoraka lager piva

Parametri	pH	Polifenoli (mg/L)	Original ekstrakt (°plato)	Realni ekstrakt (°plato)	Aparent ekstrakt (°plato)	Alkohol Vol (ml/100ml)
Nikšićko pivo	4.40	112	11.42	3.75	1.92	5.03
Jelen pivo	4.34	76	10.88	3.75	2.04	4.66
Budweiser pivo	4.84	82.32	11.75	4.28	2.50	4.91

**Tabela 4.** Fizičko-senzorne karakteristike uzoraka ejl piva

Parametri	Boja (EBC)	Mutnoća 20°C (EBC)	Gorčina (BU)	Stabilnost pjene (sec)
Mammut IPA	32.22	40.69	71.0	284
Mammut APA	15.95	80.71	30.5	269
Druid IPA	20.28	12.16	63	277
Druid Belgian Ale Dubbel	46.79	99.99	36	157
Akademija Brewery „Čista Desetka“	10.33	99.99	12.9	145

**Tabela 5.** Hemijske karakteristike uzoraka ejl piva

Parametri	pH	Polifenoli (mg/L)	Original ekstrakt (°plato)	Realni ekstrakt (°plato)	Aparent ekstrakt (°plato)	Alkohol Vol (ml/100ml)
Mammut IPA	4.70	327.5	13.87	5.33	3.30	5.70
Mammut APA	4.55	266.2	12.13	4.31	2.45	5.15
Druid IPA	4.51	255.4	12.69	4.14	2.11	5.65
Druid Belgian Ale Dubbel	4.55	154.7	14.86	4.77	2.38	6.75
Akademija Brewery „Čista Desetka“	4.50	147.2	12.14	3.56	1.52	5.64

## Diskusija

U Tabeli 2 prikazane su fizičko-senzorne karakteristike za tri uzorka lager piva: *Nikšičko pivo*, *Jelen pivo*, *Budweiser pivo*. Od fizičko-senzornih parametara, ispitivani su: boja, gorčina, mutnoća, stabilnost pjene.

Svijetlo standardno lager pivo ima optimalne vrijednosti boje između 7–12 EBC jedinica (Kunze, 1979). Sva tri uzorka piva su imala vrijednosti boje u okviru ovih granica, s tim što je *Nikšičko pivo* bilo najsvjetlije (7.14 EBC), a *Budweiser pivo* najtamnije (9.42 EBC).

Što se tiče parametra mutnoće, sva tri uzorka piva su u okviru normativa (0.1-1 EBC), s tim što je *Jelen pivo* pokazalo najmanju vrijednost mutnoće (0.28 EBC), a *Budweiser pivo* za nijansu najveću vrijednost mutnoće (0.39 EBC).



Standardne vrijednosti za svijetla lager piva u domenu parametra gorčine su između 20–30 BU. Prema navedenom, tri uzorka lager piva koja su se analizirala se poklapaju s normativima, s tim što najmanju gorčinu piva je pokazalo *Budweiser pivo* (21.4 BU), a najveću gorčinu *Nikšičko pivo* (23.2 BU).

Takođe, rezultati parametra stabilnosti pjene su pokazali da Jelen pivo ima najveću stabilnost pjene (285 sec), dok najmanju stabilnost pjene ima Budweiser pivo (215 sec). Kao što smo već naveli, vrijednosti stabilnosti pjene između 260–280 sec su dobre, što se poklapa sa vrijednostima Nikšičkog i Jelen piva, dok su vrijednosti stabilnosti pjene ispod 220 sec loše, što ukazuje da Budweiser pivo ima nezadovoljavajuću stabilnost pjene.

Analizirana lager piva po svim parametrima: boje (7.30 EBC), mutnoće (0.66 EBC), gorčine (20.10 BU), stabilnosti pjene (238.51 sec) su u skladu sa rezultatima fizičko-hemijskih analiza svijetlog piva iz „Zagrebačke pivare“ koje je proizvedeno po svim standardima kvaliteta (Kreč, 2009),

Ispitivani uzorci lager piva pokazuju podudaranja sa rezultatima *Heineken piva* (Meštrić, 2015) u boji (7.4 EBC), mutnoći (0.28 EBC), dok u gorčini ne (17.2 BU), koja je malo ispod prosjeka za svijetla standardna piva. Razlog može biti u različitoj sorti hmelja koja se upotrebljavala tokom procesa proizvodnje. Parametar stabilnosti pjene nije ispitivan u ovom radu.

Analizirani uzorci lager piva u poređenju sa svijetlim lager pivom (Kušter, 2015) se poklapaju u parametru boje (7,40 EBC), kao i parametru mutnoće (0.40 EBC), dok vrijednost stabilnosti pjene je veoma nestabilna (106 sec). Analiza gorčine nije rađena u ovom radu.

Takođe, ispitivani uzorci lager piva u skladu sa rezultatima istraživanja *Apatinskog piva* (Koprivica, 2018) ukazuju na poklapanje vrijednosti boje (9.10 EBC), mutnoće (0.74 EBC), stabilnosti pjene (210 sec), dok su rezultati gorčine analiziranih lager piva viši u odnosu na *Apatinsko pivo* (17.2 BU).

Uzorci lager piva koji su ispitivani su kompatibilni sa parametrima kvaliteta svijetlog lager piva (Gagula, 2017) u domenu ispitavanja boje (9.30 EBC), mutnoće (0.40 EBC), dok su vrijednosti gorčine (17.0) malo ispod prosjeka, a stabilnost pjene je mnogo viša (380 sec).

U Tabeli 3 prikazane su hemijske karakteristike za navedene uzorke lager piva.

Hemijske karakteristike koje su analizirane su: pH, ukupni polifenoli, organski ekstrakt, aparent ekstrakt, realni ekstrakt, procenat alkohola.

Prema Pravilniku o pivu, propisane pH vrijednosti piva su 4.0–4.8 pH jedinica (Kušter, 2016). Analizirani uzorci lager piva imaju pH vrijednosti u okviru normativa, s tim što *Budweiser pivo* ima najnižu kiselost (4.84 pH), a *Jelen pivo* najvišu kiselost (4.34 pH).

U zavisnosti od vrste piva i primjenjene tehnologije, zavisiće i koncentracija polifenola u pivu, koja uglavnom 80% potiče od slada, a 20% od hmelja. Standardne koncentracije ukupnih polifenola za lager piva su 50–150 mg/L (Herceg, 2015). Prema navedenom, analizirana lager piva su bila u okvirima standarda. *Jelen pivo* je imalo najniži polifenolni sastav (76 mg/L), a *Nikšičko pivo* najveći polifenolni sastav (112 mg/L).

Lager piva koja su analizirana pokazala su optimalan sadržaj originaln ekstrakta, koji je u okviru granica (10–12 °plato), najniži sadržaj original ekstrakta je imao *Jelen pivo* (10.88 °plato), a najviši sadržaj *Budweiser pivo* (11.75 °plato). Originalni ekstrakt presudno utiče na organoleptičke osobine piva, tako da ako je vrijednost originalnog ekstrakta ispod donje granice, tom pivu nedostaje punoća, a ako je iznad gornje granice, pivo je punijeg ukusa, aromatičnije, intezivnije gorčine (Bojović, 2021).

Za razliku od originaln ekstrakta, realni ekstrakt nema uticaja na organoleptičke osobine piva. Standardne vrijednosti su 3.75–4.25 °plato, tako da analizirana lager piva su u okvirima normativa. Najveći sadržaj realnog ekstrakta imalo je *Budweiser pivo* (4.28 °plato), dok su isti sadržaj realnog ekstrakta imali *Nikšičko pivo* i *Jelen pivo* (3.75 °plato).

Pod uslovom da je sadržaj aparent ekstrakta viši, tada u pivu nije došlo do apsolutnog razgrađenja skroba, niti je kvasac preveo sve šećere u alkohol i CO<sub>2</sub> i kao rezultat dobija se slatkasto pivo (Bojović, 2021). Standardne vrijednosti aparent ekstrakta su 1.90–2.30 °plato, što ukazuje da Budweiser pivo ima sadržaj aparent ekstrakta malo iznad dozvoljenog (2.50 °plato), tako da nije došlo do potpunog previranja skroba. *Nikšičko pivo* (1.92 °plato) i *Jelen pivo* (2.04 °plato) imaju vrijednosti aparent ekstrakta u okviru standarda.

Najniži sadržaj alkohola imalo je *Jelen pivo* (4.66 vol.%), a najveći sadržaj alkohola *Nikšičko pivo* (5.03 vol.%). Što je sadržaj aparent ekstrakta niži, alkohol će biti veći.

Hemijske karakteristike ispitivanih lager uzoraka piva su u skladu sa istraživanjem (Kreč, 2009) za svijetlo pivo iz „Zagrebačke pivare“ po svim parametrima podudarni: pH vrijednost (4.34 pH), ukupni polifenoli (111.86 mg/L), originalni ekstrakt (11.69 °plato), realni ekstrakt (4.10 °plato), aparent ekstrakt (2.30 °plato) i alkohol (5.01 vol. %)

Analizirana lager piva u poređenju sa rezultatima istraživanja Heinken piva (Meštrić, 2015) su podudarna u tri parametra: pH (4.21 pH), aparent ekstrakt (2.01 °plato), alkohol (4.76 vol. %), dok preostali hemijski parametri nisu ispitivani.

Ispitavani uzorci lager piva su u skladu sa rezultatima istraživanja svijetlog lager piva (Gagula, 2017) podudarni u svim parametrima: ukupni polifenoli (95 mg/L), originaln ekstrakt (11.02 °plato), aparent ekstrakt (2.16°plato), alkohol (4.69 vol.%).

Takođe, analizirani uzorci lager piva su kompatibilni sa rezultatima hemijskih analiza svijetlog lager piva (Kušter, 2016) u vrijednostima: pH (4.20 pH), originalog ekstrakta (11.00 °plato), alkohola (4.81 vol. %).

Ispitivani uzorci lager piva u skladu sa istraživanjem Apatinskog piva (Koprivica, 2018) se podudaraju sa hemijskim parametrima: pH (4.39 pH), ukupni polifenoli (83 mg/L), alkohol (4.21 vol.%), dok se sva tri ekstrakta ne podudaraju. Originalni ekstrakt je 9.35 °plato, što ukazuje da navedeno pivo nema punoću ukusa, realni ekstrakt je dosta niži (1.25 °plato) od donje granice, a aparent ekstrakt je viši (2.91 °plato), čime se dokazuje da u pivu nije došlo do razgrađivanja šećera do alkohola i CO<sub>2</sub> pod uticajem kvasaca. Ovo pivo je lošijeg kvaliteta.

U Tabeli 4 su prikazani rezultati fizičko-senzornih analiza uzoraka ejl piva: *Mammut Indian Pale Ale*, *Mammut American Pale Ale*, *Druid Indian Pale Ale*, *Druid Belgian Ale Dubbel*, *Akademija Brewery „Čista Desetka“*. Fizičko-senzorni parametri koji su analizirani su: boja, gorčina, mutnoća, stabilnost pjene.

Od pet analiziranih uzoraka ejl piva, najsvjetliju boju je imao *Mammut APA* (15.95 EBC), dok najtamniju boju je imao *Druid Belgian Ale Dubbel* (46.79 EBC). Naime, boja piva uglavnom vodi porijeklo od melanoidina i karamela koji se nalaze u sladu, kao i u surogatima primjenjenim za ukomljavanje. Dodatkom karamela može se korigovati boja u toku kuvanja sladovine (gdje dolazi do dalje karamelizacije) (Hough i sar., 1976).

Najmanje mutno pivo bilo je *Druid IPA* (12.16 EBC), dok najveći stepen mutnoće su pokazali *Druid Belgian Ale Dubbel* i *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (99.99 EBC). Bitno je napomenuti da zamućenja nastaju kao posljedica inficiranja piva bakterijama ili divljem kvascem. Zato je neophodno prije flaširanja pivo pasterezovati ili sterilisati kako ne bi došlo do zamućenja i taloga. Preko 80 EBC jedinica, mutnoća piva je nedopustiva (Hough i sar., 1976). Prema navedenom, *Druid Belgian Ale Dubbel* i *Akademija Brewery „Čista Desetka“* imaju vrijednost mutnoće iznad dozvoljene, pa možemo zaključiti da postupak filtracije nije adekvatno obavljen.

Najveću vrijednost gorčine ima *Mammut IPA* (71.0 BU), a najmanju vrijednost gorčine ima *Mammut APA* (30.5 BU). Stepenn gorčine zavisi od primjenjene sorte hmelja, stepena izomerizacije gorkih kiselina, količini i vremenu u okviru koga je dodavan hmeljni preparat (Kreč, 2009). Iako je u tehnološkom procesu proizvodnje ejl piva, *Druid IPA* proizveden od šest vrsta hmelja, to nije uvijek pravilo da će imati najveći stepen gorčine, a i ne doprinosi svaka vrsta hmelja gorčini. Uglavnom potrošači na Balkanu ne preferiraju piva s većim stepenom gorčine.

Ejl pivo *Mammut IPA* imalo je najveću vrijednost stabilnosti pjene (284 sec), a najmanju vrijednost stabilnosti pjene imalo je pšenično pivo *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (145 sec). Pored „Čiste desetke“, *Druid Belgian Ale Dubbel* je isto imao vrijednost stabilnost pjene (157 sec) ispod donje granice za lošu stabilnost pjene (<220 sec), što se i očekivalo, jer oba piva su izuzetno zamućena. Polifenolno-proteinski kompleksi izazivaju zamućenja piva, a mutna piva nepovoljno utiču na stabilnost pjene (Hough i sar., 1976).

Analizirana ejl piva u poređenju sa rezultatima istraživanja kvaliteta ejl piva *American IPA* (Jardim i sar., 2018) pokazuju drugačije vrijednosti u parametru boje, koja je tamnija (44.75 EBC), ali i u sadržaju gorčine (46.15 BU), koja je niža u odnosu na ispitivana IPA piva. S tim u vezi se zaključuje, da su u tehnologiji proizvodnje *American IPA* (Jardim i sar., 2018) upotrebljavane druge sorte hmelja koje pojedinačno doprinose različitim senzornim karakteristikama (ukus, aroma, boja). Iako je stil piva isti, primjenjene sirovine u procesu proizvodnje, kao i svaka faza u tehnološkom procesu proizvodnje neće biti ista kod svake pivare.

U poređenju sa ispitivanim belgijskim pivom *Druid Belgian Ale Dubbel*, rezultati istraživanja istog stila piva *Belgian Blond Ale* (Živčić, 2018) su drugačiji u parametrima boje, koja je svjetlija (19 EBC) od *Druid Belgian Ale Dubbel*, a izmjerena gorčina je takođe niža (22.3 BU). Iako pripadaju belgijskom stilu piva,

postoje finese u procesu proizvodnje. Takođe belgijsko pivo iz „Druid pivare“ je pravljeno od dvije sorte hmelja, dok je belgijsko pivo (Živčić, 2018) proizvedeno od četiri vrste hmelja.

Takođe, ispitivani uzorci ejl piva u skladu sa standardima *English-style Indian Pale Ale piva* (Papazian, 2012) su podudarni (Druid IPA-20.28 EBC) u parametru boje, koja je između 12–28 EBC, ali *Mammut IPA* (32.22 EBC) je pak tamnije. Takođe, analizirano ejl pivo *Druid IPA* (63 BU) se poklapa sa standardnim vrijednostima za gorčinu, koje su 35–63 BU, dok *Mammut IPA* ima povišene vrijednosti iznad gornje granice.

Ispitivana ejl piva u poređenju sa istraživanjem kvaliteta piva Irish Red Ale (Marques i sar., 2017) pokazuju drugačije fizičko-senzorne karakteristike: boja ispitivanih ejl piva je svjetlija (*Irish Red Ale*-37.7 EBC) izuzev *Druid Belgian Ale Dubbel* (46.79 EBC), veće su vrijednosti mutnoće (20.51 EBC), što označava da je filtracija *Irish Red Ale*-a (Marques i sar., 2017) tehnološki sprovedena do kraja. Osim toga, analizirana ejl piva imaju veći sadržaj gorčine (*Irish Red Ale* – 22.0 BU), kao i veću stabilnost pjene (*Irish Red Ale* – 195 sec). *Irish Red Ale* (Marques i sar., 2017) je vrsta ejl piva gdje se slad podvrgava prženju, otuda i crvena boja piva, a i drugačije senzorne karakteristike.

U Tabeli 5 prikazani su rezultati hemijskih analiza za uzorke ejl piva: *Mammut Indian Pale Ale*, *Mammut American Pale Ale*, *Druid Indian Pale Ale*, *Druid Belgian Ale Dubbel*, *Akademija Brewery Čista Desetka*“. Hemijski parametri koji su analizirani su: pH vrijednost, ukupni polifenoli, originalni ekstrakt, realni ekstrakt, aparentni ekstrakt, alkoholni procenat.

Vrijednosti pH za sva tri uzorka ejl piva su bila u okviru regulativa. Najniži sadržaj pH je imalo pšenično pivo „*Čista Desetka*“ (4.50 pH), a najvišu pH vrijednost je imalo *Mammut IPA* (4.70 pH).

Pšenično pivo „*Čista Desetka*“ ima najniži sadržaj polifenola (147.2 mg/L), dok najviši sadržaj polifenola ima *Mammut IPA* (327.5 mg/L). *Mammut IPA* je primjer piva kako tehnologija proizvodnje koja je obavljena po standardima najviše utiče na kvalitet piva. Iz razloga što iako *Mammut IPA* ima polifenolni sastav koji je čak i iznad prosjeka za ejl piva, u pivu nije došlo do zamućenja ili loše stabilnosti pjene.

Najveću vrijednost originalnog ekstrakta imalo je *Druid Belgian Ale Dubbel* (14.86 °plato), što ukazuje na punoću i aromatičnost navedenog piva, dok najniži sadržaj je imalo pivo *Mammut APA* (12.12 °plato). Sve vrijednosti originalnog ekstrakta su u okvirima standarda za ejl piva.

*Mammut IPA* je imao najveći sadržaj realnog ekstrakta (5.33 °plato), a najniži sadržaj je imalo pivo „*Čista Desetka*“ (3.56 °plato). Kao što je već naglašeno, vrijednost realnog ekstrakta nema bitnu ulogu u ocjenjivanju senzornih karakteristika ejl piva.

Najniži sadržaj aparentnog ekstrakta ima pivo „*Čista Desetka*“ (1.52 °plato), dok najveći sadržaj aparentnog ekstrakta ima *Mammut IPA* (3.30 °plato).

Belgijsko pivo *Druid Belgian Ale Dubbel* ima najveći sadržaj alkohola (6.75 vol. %), dok najniži sadržaj alkohola ima *Mammut APA* (5.15 vol. %).

Analizirana *Indian Pale Ale* piva u radu u poređenju sa rezultatima hemijskih analiza *American IPA* (Jardim i sar., 2018) pokazuju nižu kiselost (*American IPA* 4.12 pH). Razlog može biti u drugačijoj mineralnoj karakterizaciji vode koja je upotrebljavana u samom procesu, zatim način na koji je ispirana sladovina (koja je bila temperatura vode), kao i cjelokupnoj kontroli svake faze u proizvodnom procesu. Realni ekstrakt *Mammut IPA* (5.33 °plato) i *Druid IPA* (4.14 °plato) se podudara sa vrijednošću realnog ekstrakta *American IPA* (4.21 °plato), dok je sadržaj alkohola bio niži (5.65–5.70 vol.%) u odnosu na *American IPA* (6.20 vol.%). Uzrok većem procentualnom sadržaju alkohola može biti u samom kvascu i njegovoj aktivnosti tokom procesa proizvodnje, kao i na kraju iskorišćenosti skroba.

Ispitivano ejl pivo *Druid Belgian Ale Dubbel* u poređenju sa rezultatima istraživanja *Belgian Blond Ale* (Živčić, 2018) u parametru pH (4.55 pH) je imao za nijansu veću kiselost (*Belgian Blond Ale* – 4.62 pH), dok je sadržaj originalnog ekstrakta (14.86 °plato) bio viši (*Belgian Blond Ale* – 13.10 °plato), tako da je za nijansu manje punije pivo. Sadržaj realnog ekstrakta svih analiziranih ejl piva je bio niži od *Belgian Blond Ale* (Živčić, 2018) (3.40 °plato). Pretpostavka je da kvasac nije do kraja preveo šećere do alkohola i CO<sub>2</sub>.

Takođe, analizirana *Pale Ale* piva u komparaciji sa *New England Pale Ale* pivom (Rygielska i sar., 2022) imaju podudarnu vrijednost pH (4.56 pH), kao i sadržaj alkohola (5.36 vol.%), dok vrijednost realnog ekstrakta (3.12 °plato) i aparent ekstrakta (1.20 °plato) je niža. Izvodi se zaključak da *New England Pale Ale* ima slabije izražene senzorne karakteristike, ali i da je u potpunosti došlo do razgradnje skroba do alkohola i CO<sub>2</sub>, s obzirom da je aparent ekstrakt niži.

Dobijene vrijednosti analiziranih ejl piva su podudarne sa standardnim vrijednostima originalnog ekstrakta (12.5-15.7 °plato) sa *English-style Indian Pale Ale* pivom (Papazian, 2012). Takođe, ispitivana *Pale Ale* piva su u skladu sa standardnim vrijednostima alkohola, koja su između 5–7 vol.%. Rezultati sadržaja realnog ekstrakta *Druid IPA* (4.14 °plato) su kompatibilni sa standardnim vrijednostima realnog ekstrakta (3–4.5 °plato), ali ne i sa sadržajem realnog ekstrakta *Mammut IPA* (5.33 °plato), koji ima više vrijednosti.

Analizirana *Pale Ale* piva u poređenju sa *Irish Red Ale* pivom (Marques i sar., 2017) imaju nižu kiselost (4.11 pH), niži polifenolni sastav (475.05 mg/L), dok su podudarne vrijednosti originalnog (13.90 °plato), realnog (5.09 °plato), aparent ekstrakta (2.99 °plato), kao i vrijednost alkohola (5.88 vol. %).

## ZAKLJUČAK

Cilj ovoga rada je bio da se analiziraju lager i ejl piva koja su popularna na crnogorskom tržištu i da se utvrdi njihov kvalitet, odnosno fizičko-senzorne i hemijske karakteristike.

Kao i prema EBC skali, lager piva su dosta svjetlija od ejl piva. Od ispitivanih uzoraka najsvjetlije pivo je bilo lager *Nikšičko pivo* (7.14 EBC), a najtamnije je bilo belgijsko ejl pivo *Druid Belgian Ale Dubbel* (46.79 EBC). Zavisno od slada koji se primjenjuje u procesu proizvodnje i reakcija koje su navedene, zavisila je boja piva.



Najmanji intezitet mutnoće imalo je *Jelen pivo* (0.28 EBC). Ejl piva su očekivano mutnija, ali dva uzorka imala su intezitet mutnoće iznad dozvoljenih vrijednosti (>80 EBC), a to su *Druid Belgian Ale Dubbel* i *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (oba po 99.99 EBC). Ovako visok intezitet mutnoće je dokaz da filtracije uopšte nije tehnološki izvedena do kraja, pa ova piva svakako imaju zaostatke čestica u sebi, a možda su i blago inficirana bakterijama.

Od analiziranih piva, najmanji intezitet gorčine je imalo lager – *Budweiser pivo* (21.4 BU), a najveći stepen gorčine ejl pivo – *Mammut IPA* (71.0 BU). Očekivano je da ejl piva imaju veći stepen gorčine zbog primjene više sorti hmelja.

Nijedno od analiziranih uzoraka piva, nije imalo trajnost pjene iznad 300 sec, što se smatra veoma stabilnom pjenom. Najveću trajnost pjene imalo je lager pivo – *Jelen* (285 sec), a najmanju trajnost pjene imalo je ejl pivo – *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (145 sec), što je daleko ispod donje granice za nezadovoljavajuću trajnost pjene.

Vrijednost pH je bila optimalno u granicama normale za sve uzorke piva. *Jelen pivo* imalo je najmanju pH vrijednost (4.34 pH), a najveću pH vrijednost je isto imalo lager pivo – *Budweiser* (4.84 pH).

Analize ukupnih polifenola ukazuju da najmanji sadržaj ukupnih polifenola je imalo *Jelen pivo* (74 mg/L), a najveći sadržaj je imalo *Mammut IPA* (327.5 mg/L). Polifenoli definišu i punoću piva, pa svakako da *Mammut IPA* ima najveći intezitet punoće ukusa.

Ekstrakti definišu organoleptičke karakteristike piva. Najveću vrijednost originalnog ekstrakta imalo je *Druid Belgian Ale Dubbel* (14.86 °plato), a najmanju vrijednost originalnog ekstrakta imalo je *Jelen pivo* (10.88 °plato).

Realni ekstrakt ne utiče kao ostala dva ekstrakta na organoleptička svojstva piva. Najmanji realni ekstrakt imalo je pivo *Akademija Brewery „Čista Desetka“* (3.56 °plato), a najveći sadržaj *Druid Belgian Ale Dubbel* (4.77 °plato).

Aparent ekstrakt je veoma bitan parametar koji ukazuje na aktivnost kvasca tokom vrenja. Najveći sadržaj aparent ekstrakta imalo je pivo *Mammut IPA* (3.30 °plato), gdje kvasci najvjerojatnije nisu u potpunosti preveli šećer do alkohola i CO<sub>2</sub>, dok je *Akademija Brewery „Čista Desetka“* imalo najnižu vrijednost (1.52 °plato).

Procentualno najveći sadržaj alkohola imalo je pivo *Druid Belgian Ale Dubbel* (6.75 vol.%), dok je najniži sadržaj alkohola imalo *Jelen pivo* (4.66 vol.%).

Zaključuje se po fizičko-senzornim rezultatima analiza uzoraka lager i ejl piva da su lager piva svjetlija, imaju manji intezitet mutnoće i gorčine, a prosječno veću stabilnost pjene.

Hemijske analize su pokazale da ejl piva imaju nižu pH vrijednost, bogatiji polifenolni sastav, veći sadržaj ukupnih ekstrakata, kao i procentualno veći sadržaj volumnog alkohola.

Analizirajući sve parametre kvaliteta, može se zaključiti da je najviši kvalitet među analiziranim lager pivima pripada *Budweiser pivu*, dok među analiziranim ejl pivima to je *Mammut IPA pivo*.

**Priznanja ili zahvalnost:** Posebnu zahvalnost dugujem mojoj cijenjenoj mentorici doc. dr Danijeli Raičević. Takođe, želim da se zahvalim Pivari „Trebjesa“ koja mi je omogućila da u laboratoriji za kontrolu kvaliteta odradim fizičko-hemijske analize za moj eksperimentalni rad.

## LITERATURA

- Bojović L. (2021). *Razlike u fizičko-hemijskim i senzornim parametrima između lager i ejl piva*. Podgorica: Univerzitet Donja Gorica, Fakultet za prehrambenu tehnologiju, bezbjednost hrane i ekologiju.
- Da Costa Jardim, C., De Souza, D., Cristina Kasper Machado, I., Massochin Nunes Pinto, L., de Souza Ramos, R. C., & Garavaglia, J. (2018). Sensory profile, consumer preference and chemical composition of craft beers from Brazil. *Beverages*, 4(4), 106. <https://doi.org/10.3390/beverages4040106>
- Franović, K. (2016). *Tehnološki proces proizvodnje piva* (završni rad). Karlovac: Odjel Sigurnosti i zaštite Stručni studij sigurnosti i zaštite. Veleučilište u Karlovcu.
- Frías, J., Martínez-Villaluenga, C., & Peñas, E. (2016). *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. Academic Press.
- Gaćeša, S. (1979). *Tehnologija slada sa sirovinama za tehnologiju piva*. Beograd: Poslovna zajednica industrije piva i slada Jugoslavije.
- Gagula, G. (2017). *Modeliranje promjena fizikalno-kemijskih svojstava piva tijekom skladištenja u različitoj ambalaži* (Doktorska disertacija). Osijek: Prehrambeno-tehnološki fakultet. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera.
- Goldammer, T. (2008). *The Brewer's Handbook*. Apex Publishers.
- Herceg, F. (2015). *Antioksidacijska svojstva i stabilnost boje tijekom ubrzanog i prirodnog starenja piva tamnih piva* (Završni rad). Zagreb: Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Hough, J.S., Briggs, D.E., Stevens, R., & Young, T.W. (1982). *Malting and Brewing Science*. Boston: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1799-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1799-3_11)
- Hough, S. J., Briggs, E. D., & Stevens R. (1976). *Naučni aspekti sladarstva i pivarstva*. Beograd: Poslovno udruženje industrije piva i slada Jugoslavije.
- Kawa-Rygielska, J., Adamenko, K., Pietrzak, W., Paszkot, J., Głowacki, A., & Gasiński, A. (2022). Characteristics of new england india pale ale beer produced with the use of Norwegian kveik yeast. *Molecules*, 27(7), 2291. <https://doi.org/10.3390/molecules27072291>
- Koprivica, M. (2018): *Tehnološki proces proizvodnje piva donjeg vrenja*. Podgorica: Univerzitet Donja Gorica. Fakultet za prehrambenu tehnologiju, bezbjednost hrane i ekologiju.
- Kreč, E. (2009). *Fizikalno-kemijske, mikrobiološke i senzorske analize kakvoće svijetlog piva*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.
- Kunze, W. (1998). *Tehnologija sladarstva i pivarstva*. Beograd: Jugoslovensko udruženje pivara.
- Kušter, D. (2016). *Uloga filtracije u proizvodnji piva* (stručni rad) Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.
- Leskošek-Čukalović, I. (2002). *Tehnologija piva I deo, Slad i nesladovane sirovine*. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Marques, D. R., Cassis, M. A., Quelhas, J. O. F., Bertozzi, J., Visentainer, J. V.,



- Oliveira, C. C., & Monteiro, A. R. G. (2017). Characterization of craft beers and their bioactive compounds. *Chemical Engineering Transactions*, 57, 1747-1752. <https://doi.org/10.3303/CET1757292>
- Meštrić, A. (2015). *Senzorska analiza lager piva (stručni rad)*. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.
- Mijatović, A. (2019). *Pivarska industrija u Hrvatskoj (diplomski rad)*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovni-matematički fakultet.
- Papazian, C. (2012). *Beer Style Guidelines*. *Brewers Association*.
- Parker, D. K. (2012). Beer: Production, sensory characteristics and sensory analysis. In *Alcoholic beverages* (pp. 133-158). Woodhead Publishing.
- Paunović, D. (2005). *Hemijski sastav i antioksidativna aktivnost piva i sirovina za proizvodnju piva. Kinetika ekstrakcije* (doktorska disertacija). Niš: Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet. Departman za Hemiju.
- Šakić, N. (2005). *Tehnologija proizvodnje piva*. Sarajevo: Privredna/Gospodarska komora Federacije Bosne i Hercegovine.
- Živčić P. (2018). *Analiza proizvodnje tri vrste Ale piva (stručni rad)*. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.

---

**Ivana RONDOVIĆ****PHYSICAL-CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF LAGER AND ALE BEERS**

**Summary:** Beer is defined as a weak alcoholic beverage obtained by the alcoholic fermentation of the starting raw materials: water, barley malt, hops and the addition of yeast. The technological process of beer production consists of two phases: malt production and beer production. According to the type of yeast, the most common differentiation of beer is between the bottom-fermenting yeast (lager) and the top-fermented (ale). Lager beers are lighter in colour, light, lower in phenological composition as opposed to ale beer, which is recognised by darker colour, bitterness, turbidity and richer chemical structure. The paper will analyse the samples of lager and ale and the physical-sensory parameters such as: color, bitterness, turbidity, foam stability and chemical parameters: pH value, content of real extract, content of apparent extract, content of original extract, polyphenol content and percentage of alcohol. Apart from morphological, physiological and technological differences between yeasts, the lower and upper levels of fermentation, factors such as starting materials, different production technologies, as well as different concentrates that are added, essentially define the final characterization of lager and ale beers. The aim of the research is to determine the physical-sensory and chemical characteristics of lager and ale beers and thus to define their quality. The quality of the beer depends on: the variety of barley, sweetening conditions, temperature and pH during comminution, the variety of hops added during the hops sweetness, yeast and fermentation conditions. In an experimental study that was done in collaboration with the quality control laboratory in *Pivara "Trebjesa"*, the results obtained showed which beers show higher quality, as well as how the different overall production technology of lager and ale beers significantly changes the physical-sensory and chemical characteristics of beer samples.

**Key words:** beers, ale, lager, quality, yeast



## Biotehnički fakultet

**IVANA RONDOVIĆ** rođena je 9. 3. 1997. u Podgorici. Trenutno je student prve godine doktorskih studija, studijskog programa Biotehnika na Biotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore. Zaposlena na poziciji *Brewing Line Lead-a* u Pivari „Trebjesa“. Magistrirala na

temi *Fizičko-hemijske i senzorne karakteristike lager i ejl piva*. Bila je dio bilateralne saradnje sa Austrijom, gdje je imala priliku da kao dobitnik CEEPUS stipendije realizuje eksperimentalni dio istraživanja na BOKU u Beču.



**Stevan RAKOČEVIĆ**

Elektrotehnički fakultet

stevanrakocevic7@gmail.com

Mentor: doc. dr Martin Čalasan

## **KOORDINISANA ALOKACIJA I DIMENZIONISANJE DISTRIBUIRANIH IZVORA ELEKTRIČNE ENERGIJE I UREĐAJA ZA FLEKSIBILAN PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE U RADIJALNOJ DISTRIBUTIVNOJ MREŽI**

UDK 621.316.1(043.2)

**Sažetak:** Ovaj rad se bavi rješavanjem problema koordinisane i optimalne alokacije i dimenzionisanja distribuiranih generatora (DG) i uređaja za fleksibilan prenos električne energije (FACTS) u radijalnoj distributivnoj mreži. Primarni fokus optimalne alokacije DG i FACTS je minimizacija ukupnih gubitaka u mreži, dok se u analizi rezultata razmatra i uticaj navedenih uređaja na naponske prilike i tokove snaga u mreži. Optimizacioni problem je modelovan korišćenjem mješovito-cjelobrojnog nelinearnog programiranja (MINLP) u softverskom paketu GAMS, dok je problem riješen primjenom GAMS-ovog ugrađenog BONMIN solvera. Ocjena performansi predložene metode izvršena je kroz simulaciju na IEEE 33-čvornoj testnoj mreži, pri čemu su razmatrani slučajevi pojedinačne i koordinisane alokacije DG i FACTS. Rezultati simulacije dobijeni predloženom metodom upoređeni su sa rezultatima dobijenim primjenom metaheurističkih i hibridnih metoda iz dostupne literature. Prezentovani rezultati pokazuju da koordinisana alokacija i dimenzionisanje DG i FACTS doprinosi značajnom smanjivanju gubitaka, pri čemu optimalno priključivanje navedenih uređaja ima pozitivan uticaj na naponske prilike i tokove snaga. Takođe, pokazano je da predloženi BONMIN solver u poređenju sa metaheurističkim i hibridnim algoritmima daje bolje rezultate u pogledu minimalne vrijednosti gubitaka.

**Ključne riječi:** distribuirani generatori; FACTS; gubici snage

## UVOD

Prvobitno zamišljena infrastruktura distributivnih mreža se sve više mijenja u novijem dobu. Razlog za to predstavlja potreba da se odgovori na aktuelne probleme kao što su rapidan rast konzuma, koji je neizostavna propratna pojava razvoja društva, i tranzicija ka proizvodnji električne energije iz alternativnih izvora, koja je motivisana štetnim dejstvima i iscrpljivosti fosilnih goriva kao konvencionalnog izvora električne energije. Tehnologije koje se nameću kao rješenje prethodno navedenih problema su distribuirani izvori električne energije (distribuirani generatori, *Distributed Generation* – DG) koji predstavljaju decentralizovane proizvodne jedinice priljučene na distributivnu mrežu u blizini ili na samoj lokaciji konzuma. Pokazano je da integracija DG doprinosi smanjivanju gubitaka i efikasnijem prenosu snage, dok ukoliko je proizvodnja iz DG zasnovana na obnovljivim izvorima (vjetar i sunce) smanjuje se emisija CO<sub>2</sub> i cjelokupan štetni uticaj na okolinu [1].

Međutim, interminentni karakter proizvodnje iz obnovljivih izvora električne energije, izazvan promijenjivim vremenskim prilikama u toku dana, dovodi do fluktuacije snage DG, što može da rezultira nizom problema pogotovo sa aspekta regulacije napona u mreži [2]. Jedan od načina za unapređivanje performansi ovakvih mreža je implementacija uređaja za kompenzaciju reaktivne snage, pri čemu se u savremenim distributivnim mrežama izdvajaju uređaji za fleksibilan prenos električne energije (engl. *Flexible Alternating Current Transmission Systems* – FACTS). FACTS uređaji predstavljaju savremene kompenzatore reaktivne snage bazirane na energetskej elektronici. Najčešći ciljevi integracije FACTS su efikasna regulacija napona u tački priključka, minimizacija gubitaka i povećanje prenosnog kapaciteta dalekovoda [3].

Kako bi benefiti prethodno navedenih uređaja bili vidljivi neophodno je pronaći njihovo optimalno mjesto priključivanja i optimalno ih dimenzionisati sa aspekta izlazne snage. Haotično i neplansko priključivanje neće imati značajan uticaj na poboljšanje performansi mreže. Štaviše, u nekim slučajevima može doći i do pogoršanja trenutnog stanja sistema. Stoga je oblast razvijanja metoda za optimalno alociranje i dimenzionisanje uređaja kao što su DG i FACTS stekla veliku popularnost i nalazi se u fokusu naučne javnosti.

Konvencionalne metode alokacije i dimenzionisanja DG i FACTS bazirane su na iterativnom proračunavanju tokova snaga za različite lokacije i snage uređaja [4]. Iako navedeni pristup garantuje globalno optimalno rješenje velika mana je predugo vrijeme izvršavanja algoritma, naročito u slučaju velikih mreža u kojima se razmatra optimizacija većeg broja uređaja. Iz navedenog razloga veliki broj autora u dostupnoj literaturi preporučuje primjenu metaheurističkih i hibridnih algoritama za pojedinačnu ili koordinisanu alokaciju DG i FACTS. Literatura pokazuje da se u najpopularnije metaheurističke algoritme ubrajaju: PSO – *Particle Swarm Optimization* [5–6], PPSO – *Phasor PSO* [5], PSOCFA – *PSO with Constrictive Factor Approach* [7], GA – *Genetic Algorithm* [8], BSOA – *Brain-Storm Optimization Algorithm* [8–10] i ALOA – *Ant Lion Optimization Algorithm* [11–12], dok grupu najpopularnijih hibridnih algoritama čine: HSA-PABC – *Harmony*

*Search Algorithm-Particle Artificial Bee Colony* [13], *PIPSO-SQP – Parameter Improved PSO-Sequential Quadratic Programming* [14], *ALGA – Augmented Lagrangian Genetic Algorithm* [15] i *Sh-BAT – Shuffled Bat Algorithm* [16]. U navedenim naučnim publikacijama cilj optimalne alokacije DG i FACTS je prvenstveno minimizacija gubitaka snage, dok određeni broj autora razmatra i devijaciju napona, troškove integracije, itd. Takođe, pokazuje se da su predloženi metaheuristički i hibridni algoritmi efikasni u pronalaženju optimalnog rješenja uz dobre numeričke performanse. Međutim, metaheurističke i hibridne algoritme odlikuje nerobusnost rješenja, što znači da se vrijednost rješenja mijenja u različitim instancama istog algoritma, pa nije moguće garantovati da je dobijeno rješenje optimalno [17].

Predmet istraživanja ovog rada jeste razvoj metoda za pojedinačnu i koordinisanu alokaciju i dimenzionisanje DG i FACTS u radijalnoj distributivnoj mreži. Iz grupe FACTS uređaja u ovom radu se razmatraju statički kompenzator reaktivne snage (engl. *Static Var Compensator – SVC*) i tiristorski kontrolisan redni kompenzator (engl. *Thyristor Controlled Series Compensation – TCSC*). Glavni cilj priključivanja prethodno navedenih uređaja je smanjivanje ukupnih gubitaka aktivne snage u distributivnoj mreži. Međutim, osim toga, u radu se analizira uticaj ovih uređaja na naponske prilike u sabirnicama, kao i na kapacitet vodova sa aspekta prenosa aktivne i reaktivne snage. Model optimizacionog problema formulisan je korišćenjem mješovito-cjelobrojnog nelinearnog programiranja (engl. *Mixed-Integer Non-Linear Programming – MINLP*) u softverskom paketu GAMS, dok je za rješavanje istog predložen GAMS-ov ugrađeni BONMIN solver. Rezultati simulacije dobijeni su na IEEE 33-čvornoj radijalnoj testnoj mreži gdje su razmatrani slučajevi pojedinačne alokacije DG, SVC i TCSC, kao i koordinisane alokacije istih. Rezultati dobijeni primijenom predloženog BONMIN solvera se porede sa literaturno poznatim rezultatima dobijenim primjenom metaheurističkih i hibridnih algoritama.

Ostatak rada organizovan je na sljedeći način. U Poglavlju 2 predstavljena je matematička formulacija problema optimalne alokacije DG i FACTS. U Poglavlju 3 opisan je softverski paket *General Algebraic Modeling Systems – GAMS* i date su ključne karakteristike predloženog BONMIN solvera. Rezultati simulacije i diskusije izloženi su u Poglavljima 4 i 5, respektivno. U Poglavlju 6 dat je pregled korišćene literature. Rad sadrži jedan prilog u kojem su date osnovne informacije o korišćenoj IEEE 33-čvornoj mreži.

## FORMULACIJA PROBLEMA

### Optimalni tokovi snaga

Optimalni tokovi snaga (engl. *Optimal Power Flow – OPF*) definišu se kao optimizacioni problem gdje se kroz određivanje: tokova aktivnih i reaktivnih snaga grana, vrijednosti i faznih stavova napona u sabirnicama i snage proizvodnje generatorskih jedinica ima za cilj minimizacija određene funkcije cilja. Zbog prirode matematičkih relacija koje ga opisuju OPF spada u grupu kompleksnih, nelinearnih i nekonveksnih optimizacionih problema.



Opšti matematički zapis OPF-a dat je relacijama (1–3) [18]:

$$\min(F(\bar{x}, \bar{u})), \quad (1)$$

$$g(\bar{x}, \bar{u}) = 0, \quad (2)$$

$$h(\bar{x}, \bar{u}) \leq 0, \quad (3)$$

gdje su:  $F(\bar{x}, \bar{u})$  funkcija cilja koju je potrebno minimizovati,  $g(\bar{x}, \bar{u})$  funkcija koja opisuje ograničenja tipa jednakosti,  $h(\bar{x}, \bar{u})$  – funkcija koja opisuje ograničenja tipa nejednakosti,  $\bar{x}$  vektor zavisnih varijabli (generisana reaktivna snaga, naponi sabirnica) i  $\bar{u}$  vektor kontrolnih varijabli (pozicija odcjepa regulacionog transformatora, reaktivna snaga kompenzatora reaktivne snage, generisana aktivna snaga, i drugo).

### **Funkcija cilja**

Izbor adekvatne funkcije cilja OPF-a zavisi prvenstveno od razmatranog optimizacionog problema. Neke od najčešće korišćenih funkcija cilja u dostupnoj literaturi su [18]: smanjivanje ukupnih gubitaka snage, smanjivanje devijacije napona u sabirnicama, smanjivanje emisije CO<sub>2</sub>, minimizacija troškova proizvodnje generatorskih jedinica, kao i troškova rada kompenzatora reaktivne snage. Konkretno, u ovom radu cilj pronalaženja optimalne lokacije i snage DG i FACTS uređaja je smanjivanje ukupnih gubitaka u radialnoj distributivnoj mreži, koji se računaju shodno sljedećoj relaciji [19]:

$$P_{loss} = \frac{G_{ij}}{2} [V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos(\theta_j - \theta_i)], \quad (4)$$

gdje su:  $P_{loss}$  ukupni gubici aktivne snage u sistemu,  $G_{ij}$  provodnost prenosnog voda između sabirnica  $i$  i  $j$ ,  $V_i$  i  $V_j$  efektivne vrijenosti napona u sabirnicama  $i$  i  $j$ , respektivno,  $\theta_i$  i  $\theta_j$  fazni stavovi napona u sabirnicama  $i$  i  $j$ , respektivno.

### **Ograničenja**

Generalno, prilikom rješavanja OPF-a za ograničenja tipa jednakosti uzimaju se balasne jednačine aktivnih i reaktivnih snaga, koje su date relacijama (5) i (6), respektivno [18]:

$$P_{Gi} + P_{DG_i} - P_{Li} - V_i \sum_{j=1}^{N_b} V_j [G_{ij} \cos(\delta_{ij}) + B_{ij} \sin(\delta_{ij})] = 0, \quad (5)$$

$$Q_{Gi} + Q_{svci} - Q_{Li} - V_i \sum_{j=1}^{N_b} V_j [G_{ij} \sin(\delta_{ij}) - B_{ij} \cos(\delta_{ij})] = 0, \quad (6)$$

gdje su:  $P_{Gi}$  i  $Q_{Gi}$  aktivna i reaktivna snaga generatora priključenog na sabirnicu  $i$ , respektivno,  $P_{Li}$  i  $Q_{Li}$  aktivna i reaktivna snaga potrošača priključenog na sabirnicu  $i$ , respektivno,  $P_{DG_i}$  snaga DG u sabirnici  $i$ ,  $Q_{SVC_i}$  snaga SVC u sabirnici  $i$ ,  $B_{ij}$  susceptansa prenosnog voda između sabirnica  $i$  i  $j$ ,  $\delta_{ij}$  razlika između faznih stavova napona u sabirnicama  $i$  i  $j$ .

Za razliku od DG i SVC koji se predstavljaju modelom konstantne snage, TCSC utiče na promjenu otopnih parametara grane u kojoj je priključen shodno sljedećim relacijama:

$$G_{ij} = \frac{R_{ij}}{R_{ij}^2 + (X_{ij} + X_{TCSC})^2}, \quad (7)$$

$$B_{ij} = \frac{X_{ij} + X_{TCSC}}{R_{ij}^2 + (X_{ij} + X_{TCSC})^2}, \quad (8)$$

gdje su:  $R_{ij}$  i  $X_{ij}$  otpornost i reaktansa grane između čvorova  $i$  i  $j$ , respektivno, a  $X_{TCSC}$  reaktansa TCSC u grani između čvorova  $i$  i  $j$ .

Što se tiče ograničenja tipa nejednakosti oni obično obuhvataju uslove koji moraju biti ispunjeni kako bi elektroenergetski sistem pravilno funkcionisao. Prilikom rješavanja OPF-a u ovom radu razmatraju se sljedeća ograničenja tipa nejednakosti [19]:

- Efektivna vrijednost i fazni stav napona u sabirnicama ne smiju izaći iz definisanog opsega:

$$V_{min} < V_i < V_{max}, \quad (8)$$

$$\theta_{min} < \theta_i < \theta_{max}, \quad (9)$$

- Generatorske jedinice imaju ograničen proizvodni kapacitet, sa aspekta aktivne i reaktivne snage:

$$P_{G_{min}} < P_{Gi} < P_{G_{max}}, \quad (10)$$

$$Q_{G_{min}} < Q_{Gi} < Q_{G_{max}}, \quad (11)$$

- Vodovi imaju ograničen prenosni kapacitet:

$$P_{ij_{min}} < P_{ij} < P_{ij_{max}}, \quad (12)$$

$$Q_{ij_{min}} < Q_{ij} < Q_{ij_{max}}. \quad (13)$$

## Mješovito-cjelobrojno nelinearno programiranje

Mješovito-cjelobrojno nelinearno programiranje (engl. *Mixed-Integer Non-Linear Programming* – MINLP) predstavlja klasu optimizacionih problema kod kojih određene promjenjive imaju isključivo cijelobrojne vrijednosti, dok su funkcija cilja i prostor pretraživanja (ograničenja) opisani nelinearnim funkcijama [20]. Cjelobrojne promjenjive se najčešće koriste za opisivanje neke logike,

fiksnih promijena ili diskretnih funkcija, dok se nelinearne funkcije koriste za matematičko modelovanje ponašanja realnih sistema.

Pristup rješavanja optimalne alokacije i dimenzionisanja u ovom radu zasniva se na proširivanje do sada izloženih jednačina OPF-a sa sljedećim setom ograničenja:

$$P_{DG}(i) \leq P_{DG_{max}} \cdot L_{DG}(i) \cdot M_{DG}(i) / M_{max}, \quad (14)$$

$$Q_{SVC}(i) \leq Q_{SVC_{max}} \cdot L_{SVC}(i) \cdot M_{SVC}(i) / M_{max}, \quad (15)$$

$$X_{TCSC}(i,j) \leq k \cdot X_{ij} \cdot L_{TCSC}(i,j) \cdot M_{TCSC}(i,j) / M_{max}, \quad (16)$$

U relacijama (14–16),  $L_{DG}(i)$ ,  $L_{SVC}(i)$  i  $L_{TCSC}(i,j)$  predstavljaju binarne promjenjive kojima se modeluje logika priključivanja uređaja na mrežu. Ukoliko promjenjiva ima vrijednost 1, DG i SVC su priključeni u čvoru  $i$ , odnosno TCSC je priključen u grani između čvorova  $i$  i  $j$ . Ako je vrijednost binarne promjenjive 0, razmatrani uređaj nije priključen na datoj lokaciji. Cjelobrojne promjenjive  $M_{DG}(i)$ ,  $M_{SVC}(i)$  i  $M_{TCSC}(i,j)$  uzimaju vrijednost u rasponu od 0 do  $M_{max}$ , i služe za diskretizaciju procesa optimalnog dimenzionisanja DG, SVC i TCSC.

Prilikom rješavanja optimalne alokacije i dimenzionisanja najčešće se razmatra fiksni broj uređaja priključenih na mrežu. Pošto vrijednost 1 na mjestu  $i$ , odnosno  $i, j$ , binarnih promjenjivih u jednačinama (14 – 16) znači da je uređaj priključen na mrežu, fiksiranje broja uređaja postiže se kroz ograničavanje vrijednosti sume promjenjivih  $L_{DG}(i)$  i  $L_{SVC}(i)$  po svim čvorovima  $i$ , odnosno vrijednosti sume promjenjive  $L_{TCSC}(ij)$  po svim granama  $i, j$ . Prethodno se matematički definiše na sljedeći način:

$$\text{sum}(i, L_{DG}(i)) = N_{DG}, \quad (17)$$

$$\text{sum}(i, L_{SVC}(i)) = N_{SVC}, \quad (18)$$

$$\text{sum}((i,j), L_{TCSC}(i)) = N_{TCSC}, \quad (19)$$

pri čemu su  $N_{DG}$ ,  $N_{SVC}$  i  $N_{TCSC}$ , brojevi priključenih DG, SVC i TCSC, respektivno.

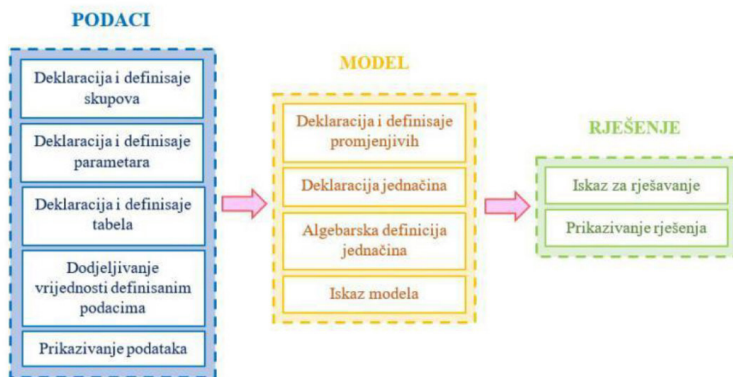
## General Algebraic Modeling Systems

*General Algebraic Modeling Systems* – GAMS predstavlja softverski alat za matematičko modelovanje i rješavanje optimizacionih problema. GAMS se sastoji od korisničkog interfejsa, sopstvenog jezika za algebarsko modelovanje, kao i od velikog broja ugrađenih solvera za rješavanje problema [21].

Sastavni elementi GAMS-ovog okruženja koji služe za pisanje programskog koda su [21]:

1. *Skupovi* – osnovni gradivni blokovi koji služe za definisanje indeksa u algebarskoj reprezentaciji modela,
2. *Podaci* – pojam koji se odnosi na numeričke podatke: skalare (jednodimenzioni podatak), parametre (podaci definisani nad jednom ili više skupova) i tabele (tabelarni podaci definisani nad dva ili više skupova),
3. *Promjenjive* – entiteti čije su vrijednosti nepoznate sve dok se optimizacioni problem ne riješi,
4. *Jednačine* – služe za definisanje matematičkih relacija između definisanih podataka i promjenjivih,
5. *Iskaz modela* – služi za grupisanje svih jednačina u jedinstven model,
6. *Iskaz za rješavanje* – zahtijeva od GAMS-a da riješi prethodno definisani model,
7. *Izlaz* – tekstualni dokument koji sadrži podatke o: vrijednostima promjenjivih, vrijednosti funkcije cilja, performansama odabranog solvera, itd.

Na Slici 1. prikazan je najčešće korišćen način struktuiranja GAMS-og programskog koda korišćenjem prethodno definisanih elemenata.



Slika 1. Način struktuiranja koda u GAMS-u

## BONMIN solver

BONMIN (engl. *Basic Open-source Nonlinear Mixed Integer programming*) predstavlja jedan od GAMS-ovih ugrađenih solvera za rješavanje MINLP optimizacionih problema. BONMIN ima mogućnost rješavanja problema sa dvostruko diferencijabilnim funkcijama, dok verzija solvera u sklopu GAMS podržava: kontinualne, binarne i cjelobrojne promjenjive [21].

Za rješavanje MINLP problema BONMIN implementira sljedeće algoritme [21]:

1. B-BB – klasični *barnch-and-bound* (B&B) algoritam koji pretražuje rješenje u svakom čvoru stabla i sprovodi „grananje“ čvorova,
2. B-OA – algoritam „spoljne“ aproksimacije koji se zasniva na rješavanju MIP relaksacije i NLP potproblema,

3. B-QG – predstavlja tip algoritma spoljne aproksimacije koji se zasniva na *brach-and-cut* metodu,
4. B-Hyb – hibridni metod koji kombinuje B-BB i B-QG algoritme, pri čemu se u svakom čvoru stabla rješava nelinearni ili linearni podproblem,
5. B-ECP – Kelijev algoritam „spoljne“ aproksimacije koji predstavlja nadogradnju FiMNT solvera,
6. B-iFP – iterativni algoritam koji traži izvodljivo rješenje MIP problema.

Prema preporukama iz literature, ukoliko je MINLP problem nekonveksan, kao što je slučaj u ovom radu, predlaže se upotreba B-BB algoritma [21].

B&B algoritam zasniva se na konceptima grananja i ograničavanja [20]. Grananje predstavlja dijeljenje skupa izvodljivih rješenja na veći broj manjih podskupova, dok ograničavanje podrazumjeva rješavanje podproblema čime se formiraju donja i gornja granica na vrijednost izvodljivog rješenja MINLP problema. Koraci B&B algoritma predstavljeni su u okviru pseudokoda 1.

### 1. Inicijalizacija.

$$\mathcal{L} \leftarrow \{(L_i, U_i)\}, \quad z_U = \infty, \quad x^* \leftarrow \emptyset.$$

### 2. Provjera?

Ako je  $\mathcal{L} = \emptyset$  onda je  $x^*$  optimalno rješenje problema.

### 3. Selekcija.

Izdvojiti i izbrisati podproblem  $N^i = (l_i^i, u_i^i)$  iz  $\mathcal{L}$ .

### 4. Evaluacija.

Rješavanje  $NLPR(l_i^i, u_i^i)$ . Ukoliko je rješenje neizvodljivo vrati se na korak 1, u sprotnom  $z_{NLPR}$  je optimalna vrijednost f-je cilja, dok je  $\hat{x}^i$  optimalno rješenje.

### 5. Odstranjivanje.

Ako je  $z_{NLPR} \geq z_U$  vrati se na korak 1. Ukoliko je  $\hat{x}^i$  razlomak slijedi korak 5. Za ostale slučajeve  $z_U \leftarrow z_{NLPR}$  i  $x^* \leftarrow \hat{x}^i$ , iz stabla se odstranjuju svi podproblemi za koje važi da je  $z_L^j \geq z_U$  i algoritam se vraća na korak 1.

### 6. Grananje.

$N^i$  se razdvaja na potprobleme, odnosno čvorove  $N^{i_1}, N^{i_2}, \dots, N^{i_k}$ , pri čemu se navedeni čvorovi dodaju stablu  $\mathcal{L}$ . Vrati se na korak 1.

*Pseudokod 1. B&B algoritam*

## REZULTATI

Rezultati pojedinačne i koordinisane optimalne alokacije i dimenzionisanja DG, SVC i TCSC primjenom BONMIN solvera dobijeni su simulacijom na IEEE 33-čvornoj radijalnoj testnoj mreži. Linijski dijagram, parametri dalekovoda i podaci o potrošačima za razmatranu testnu mrežu izloženi su u Prilogu 1 [22].

Prilikom simulacije uzete su u obzir sljedeće pretpostavke [23–24]:

- Dozvoljena vrijednost napona sabirnica kreće se u opsegu od 0.95 p.u. do 1 p.u,
- Fazni stavovi napona sabirnica ne smiju izaći iz opsega od  $-\pi/2$  rad do  $\pi/2$  rad,
- Za balansni čvor odabrana je sabirnica 1 IEEE 33-čvorne mreže,
- Po jedan DG i SVC mogu biti priključeni na istu sabirnicu, pri čemu ta sabirnica ne može biti balansni čvor,
- Samo jedan TCSC može biti priključen na istu granu u datom trenutku,
- Podrazumjeva se da DG proizvodi samo aktivnu snagu, pri čemu njena maksimalna vrijednost ne smije biti veća od ukupne aktivne potrošnje konzuma,
- Reaktivna snaga SVC u kapacitivnom režimu ima maksimalnu vrijednost 1.2 MVar, dok, se induktivni režim rada neće razmatrati,
- Nivo kompenzacije reaktanse TCSC u kapacitivnom režimu iznosi 75%, dok se induktivni režim rada neće razmatrati.

### Pojedinačna alokacija i dimenzionisanje

U Tabeli 1 prikazani su rezultati optimalne alokacije i dimenzionisanja DG, pri čemu je  $P_{DG}$  optimalna snaga generatora, dok je  $P_{loss}$  minimalna vrijednost gubitaka [23]. Pored rezultata koji su dobijeni primjenom predloženog BONMIN solvera prikazani su i rezultati iz dostupne lietarature, gdje su autori za rješavanje problema upotrebljavali metaheurističke ili hibridne algoritme. Rezultati optimalne alokacije i dimenzionisanja SVC i TCSC dobijeni predloženim BONMIN solverom predstavljani su u Tabeli 2, gdje je  $Q_{SVC}$  optimalna snaga SVC i  $X_{TCSC}$  optimalna reaktansa TCSC [24].

Rezultati priloženi u Tabelama 1 i 2 pokazuju da optimalna integracija DG i FACTS doprinosi značajnom smanjivanju gubitaka snage. Takođe, može se zaključiti da sa povećanjem broja optimalno lociranih uređaja pospješuje efekat smanjivanja gubitaka. U slučaju DG, najveće smanjenje gubitaka od 65.44% postiže se optimalnom alokacijom 3 jedinice, do se u slučaju FACTS maksimalno smanjenje gubitaka od 50.87% postiže optimalnim lociranjem 3 TCSC. Tabela 1 pokazuje da predloženi BONMIN solver daje bolje rezultate od metaheurističkih i hibridnih algoritama sa aspekta minimalne vrijednosti gubitaka.

Broj DG	Algoritam	Sabirnica	$P_{DG}$ (MW)	$P_{loss}$ (kW)
1	BONMIN	6	2.5845	<b>99.06</b>
	PSO [3]	6	2.5743	103.90
	PPSO [3]	6	2.5743	103.90
	PSOCFA [4]	6	2.5752	103.90
	BSOA [5]	6	1.8575	118.10
	ALOA [8]	6	2.4500	103.10
	HSA-PABC [19]	6	2.5900	111.02
	PIPSO-SQP [18]	6	2.5980	111.03
	Sh-BAT [17]	6	2.6300	103.78
2	BONMIN	12, 30	0.9645, 1.1344	<b>79.56</b>
	PSO	13, 28	0.6987, 1.2623	86.60
	PPSO	13, 30	0.6986, 1.2623	86.60
	PSOCFA	14, 29	0.7876, 1.2487	86.20
	BSOA	13, 31	0.8800, 0.9240	89.30
	ALOA	13, 30	0.8500, 1.1911	82.60
	PIPSO-SQP	13, 30	0.8400, 1.1400	87.71
	Sh-BAT	13, 30	0.8610, 1.1800	85.75
3	BONMIN	12, 24, 30	0.8976, 1.0701, 1.0280	<b>66.38</b>
	PSO	10, 23, 29	0.9337, 1.0667, 0.9872	72.40
	PPSO	14, 24, 30	0.7538, 1.0989, 1.0711	71.40
	PSOCFA	10, 25, 33	1.0491, 0.8786, 0.8049	76.00
	HSA-PABC	14, 24, 30	0.7550, 1.0730, 1.0680	72.81
	Sh-BAT	13, 25, 30	0.7900, 0.8490, 1.1900	72.13

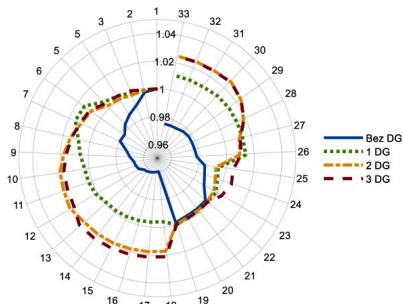
**Tabela 1.** Rezultati optimalne alokacije i dimenzionisanja DG dobijeni primjenom BONMIN solvera i metahurističkih i hibridnih algoritama

Alokacija i dimenzionisanje SVC			
Broj	Sabirnica	$Q_{SVC}$ (MVar)	$P_{loss}$ (kW)
1	30	1.1346	146.82
2	24, 30	0.5221, 1.0244	146.35
3	5, 24, 30	0.3172, 0.4278, 0.8897	<b>142.58</b>
Alokacija i dimenzionisanje TCSC			
Broj	Grana	$X_{TCSC}$ ( $\Omega$ )	$P_{loss}$ (kW)
1	6	-0.4642	129.41
2	6, 30	-0.4642, -0.7222	110.41
3	5, 6, 30	-0.5302, -0.4642, -0.7222	<b>94.37</b>

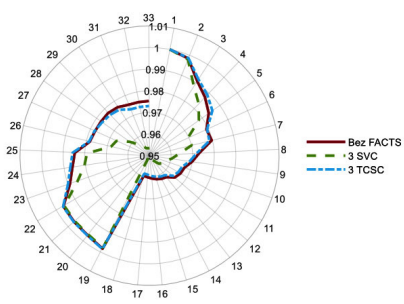
**Tabela 2.** Rezultati optimalne alokacije i dimenzionisanja SVC i TCSC dobijeni primjenom BONMIN solvera



Naponski profili IEEE 33-čvorne mreže nakon optimalnog priključenja DG i razmatranih FACTS uređaja prikazani su na Slikama 2 i 3, repsektivno. Rezultati pokazuju da u slučaju optimalne alokacije DG dolazi do poboljšanja naponskih prilika u odnosu na bazni slučaj bez DG. Najpovoljnije naponske prilike se postižu u slučaju 1 DG optimalno priključenog na mrežu (Slika 2).



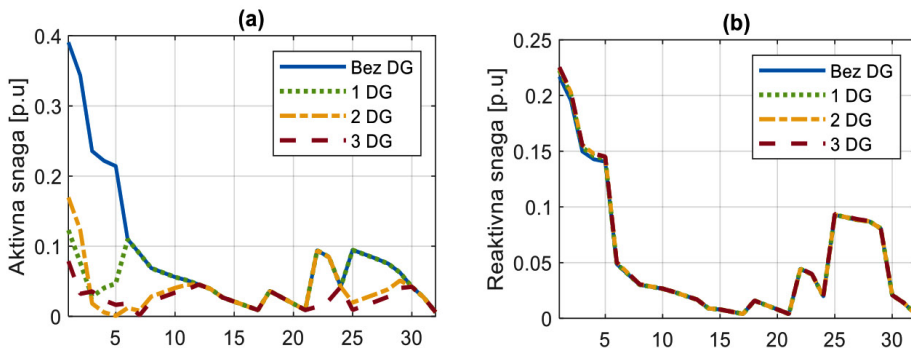
**Slika 2.** Naponski profil prije i nakon priključenja DG



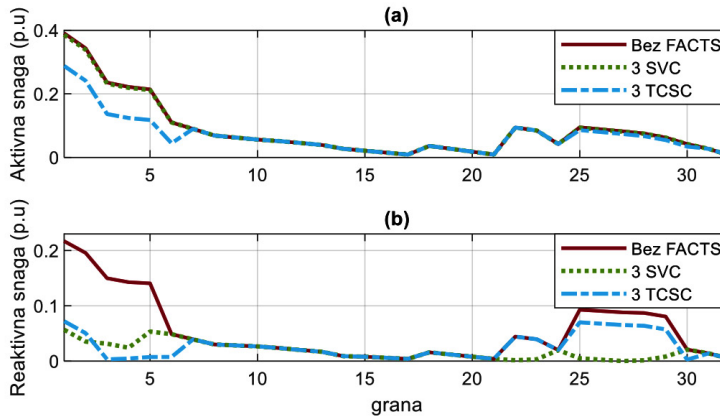
**Slika 3.** Naponski profil prije i nakon priključenja FACTS

Tokovi aktivnih snaga u slučaju optimalnog priključenja DG prikazan je na Slici 4, dok su isti za slučaj priključenja FACTS uređaja prikazani na Slici 5. Na Slici 4(a) se može vidjeti da optimalno locirani DG doprinose rasterećivanju dalekovoda sa aspekta prenosa aktivne snage, pri čemu se efekat rasterećivanja pospešuje povećanjem broja optimalno lociranih DG. Slika 4 (b) pokazuje da se integracijom DG tokovi reaktivne snage nijesu promijenili, što je i očekivano uzevši u obzir da ovaj rad razmatra isključivo DG koje injektiraju aktivnu snagu.

Analizirajući tokove aktivnih snaga na Slici 5(a) jasno je da TCSC doprinosi rasterećivanju prenosnih vodova, dok je efekat SVC neznatan. Ovakvi rezultati su očekivani s obzirom na to da SVC kontrolira isključivo tokove reaktivnih snaga dok TCSC direktno vrši kompenzaciju reaktanse voda. Što se tiče tokova reaktivnih snaga prikazanih na Slici 5(b), jasno je da oba razmatrana uređaja doprinose smanjenu prenesene reaktivne snage. Međutim, znatno izraženije rasterećenje vodova se postiže priključenjem SVC s obzirom da oni direktno injektiraju reaktivnu snagu u mjestu priključenja.



**Slika 4.** Tokovi (a) aktivnih (b) reaktivnih snaga prije i nakon priključenja DG



Slika 5. Tokovi (a) aktivnih (b) reaktivnih snaga prije i nakon priključivanja SVC i TCSC

### Koordinisana alokacija i dimenzionisanje

U Tabeli 3 prikazani su rezultati koordinisane alokacije i dimenzionisanja DG i SVC koji su dobijeni korišćenjem BONMIN solvera, dok su rezultati koordinacije DG i TCSC predstavljeni u Tabeli 4. Pored rezultata dobijenih predloženim BONMIN solverom, Tabela 4 sadrži i rezultate iz dostupne literature, gdje su autori koristili metaheurističke algoritme za rješavanje istog problema.

Rezultati prezentovani u Tabeli 3 pokazuju da koordinisana alokacija i dimenzionisanje DG i SVC doprinosi značajnijem smanjenju gubitaka u odnosu na pojedinačnu alokaciju i dimenzionisanje navedenih uređaja. Minimalni gubici se postižu u slučaju priključivanja 3 DG i 3 SVC, gdje su u konkretnom slučaju inicijalni gubici smanjeni za 93.85%.

Tabela 4 pokazuje da se minimalni gubici postižu u slučaju priključivanja jednog DG i 3 TCSC, pri čemu je postignuto smanjenje gubitaka za 74.35% inicijalne vrijednosti. U poređenju sa metaheurističkim algoritmima, predloženi BONMIN solver daje bolje rezultate u pogledu minimalne vrijednosti gubitaka u slučaju koordinacije DG i TCSC (Tabela 4).

Tabela 3. Rezultati optimalne koordinisane alokacije i dimenzionisanja DG i SVC dobijeni primjenom BONMIN solvera

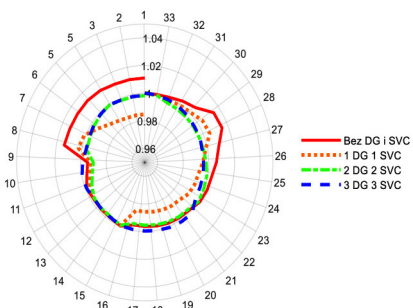
Broj DG	DG Sabirnica	$P_{DG}$ (MW)	Broj SVC	SVC Sabirnica	$Q_{SVC}$ (MVar)	$P_{loss}$ (kW)
1	6	2.5306	1	30	1.1867	55.95
	6	2.5198	2	13, 30	0.3680, 1.033	49.65
	6	2.5198	3	15, 25, 30	0.3180, 0.4062, 1.0088	47.01
2	12, 30	0.9559, 1.0961	1	30	1.2000	34.91
	12, 30	0.9527, 1.0933	2	12, 30	0.4297, 1.0293	28.27
	12, 30	0.9476, 1.0943	3	11, 24, 30	0.4948, 0.9796, 1.200	25.42

3	12, 24, 30	0.8908, 1.0585, 0.9957	1	30	1.2000	21.88
	13, 24, 29	0.7941, 1.0735, 1.0297	2	12, 30	0.4322, 1.0304	15.39
	13, 24, 30	0.7943, 1.0701, 1.0295	3	11, 24, 30	0.4149, 0.5026, 0.9801	<b>11.81</b>

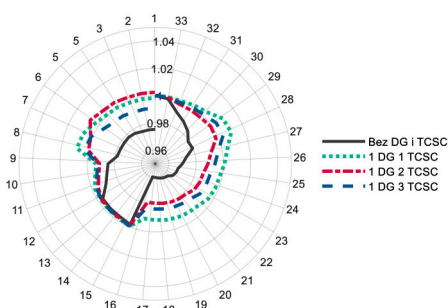
**Tabela 4.** Rezultati optimalne koordinisane alokacije i dimenzionisanja DG i TCSC dobijeni primjenom BONMIN solvera

DG Sabirnica	$P_{DG}$ (MW)	Broj TCSC	TCSC Grana	$X_{TCSC}$ ( $\Omega$ )	$P_{loss}$ (kW)
Predloženi BONIM solver					
6	2.6365	1	28	-0.5254	73.57
28	1.5358	2	6, 28	-0.4642, -0.5254	58.97
6	2.2027	3	13, 27, 28	-0.5347, -0.7002, -0.6032	<b>49.26</b>
GA [50]					
7	2.8844	1	2	N/A	114.60
BSA [50]					
6	2.5639	1	2	N/A	101.06
ALO [48]					
6	2.5383	1	2	-4.4989	98.70

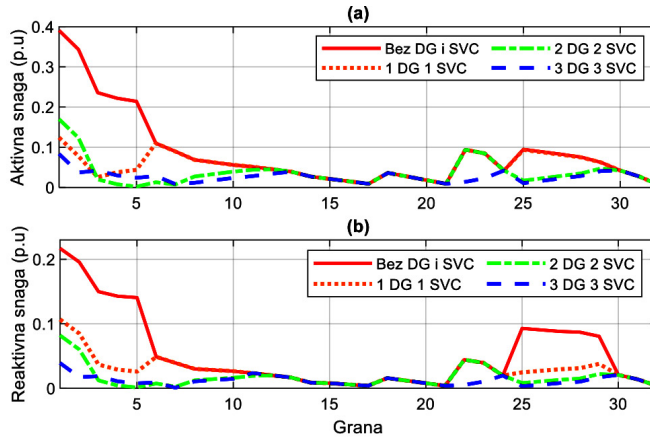
Naponi u čvorovima prije i nakon koordinacije DG i SVC prikazani su na Slici 6. Iz prezentovanog se može zaključiti da koordinacija DG i SVC doprinosi značajnom poboljšanju naponskih prilika. Najpovoljnije naponske prilike javljaju se u slučaju priključivanja 3 DG i 3 SVC pošto su vrijednosti napona u sabirnicama skoro jednake nominalnoj vrijednosti 1 p.u. Na Slici 7 predstavljene su naponske prilike prije i nakon priključivanja DG i TCSC. Iz priloženog se može primjetiti da koordinisana alokacija DG i TCSC značajno poboljšava naponske prilike u odnosu na inicijalni slučaj, pri čemu su priključivanjem DG i TCSC naponi sabirnica veoma blizu nominalnoj vrijednosti.



**Slika 6.** Naponski profil prije i nakon priključivanja DG i SVC



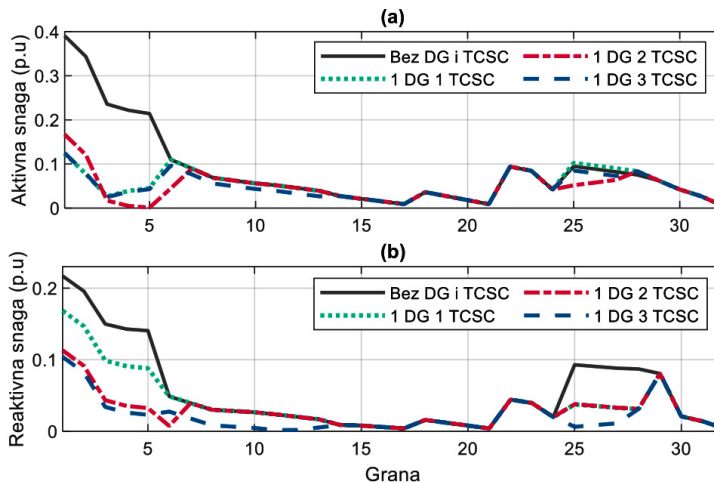
**Slika 7.** Naponski profil prije i nakon priključivanja DG i TCSC



Slika 8. Tokovi (a) aktivnih (b) reaktivnih snaga prije i nakon priključivanja DG i SVC.

Tokovi aktivnih i reaktivnih snaga za inicijalni slučaj kao i za razmatrane slučajeve koordinisane alokacije DG i SVC prikazani su na Slikama 8(a) i 8(b), respektivno. Iz prezentovanih rezultata jasno je da koordinacija DG i SVC doprinosi rasterećenju vodova sa aspekta prenosa aktivne i reaktivne snage. Takođe, sa Slike 8 može se uočiti da povećavanjem broja priključenih DG, odnosno SVC, dolazi do povećanja efekta rasterećenja prenosnih vodova sa aspekta aktivne, odnosno reaktivne snage.

Na slikama 9(a) i 9(b) predstavljeni su tokovi aktivnih i reaktivnih snaga prije i nakon priključivanja DG i TCSC. Očekivano priključivanje DG i TCSC doprinosi značajnom rasterećivanju tokova aktivnih i reaktivnih snaga u poređenju sa inicijalnim slučajem. Sa Slike 9(b) se može primjetiti da efekat rasterećenja vodova sa aspekta prenosa reaktivne snage raste sa porastom broja priključenih TCSC. Međutim, u respektivnim slučajevima koordinacije DG i SVC rasterećenje tokova reaktivnih snaga je izraženije što je ujedno i u korelaciji sa manjim gubicima snage.



Slika 9. Tokovi (a) aktivnih (b) reaktivnih snaga prije i nakon priključivanja DG i TCSC

## DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Na osnovu predstavljene analize simulacionih rezultata mogu se istaći sljedeći glavni rezultati ovog istraživanja:

- Koordinisana alokacija DG i razmatranih FACTS uređaja doprinosi značajnom smanjivanju ukupnih gubitaka, poboljšanju naponskih prilika i rasterećivanju vodova sa aspekta prenosa aktivne i reaktivne snage;
- U poređenju sa pojedinačnom alokacijom DG i FACTS koordinisana alokacija daje bolje rezultate u pogledu minimalne vrijednosti gubitaka, naponskih prilika i tokova snaga;
- Sa aspekta minimizacije gubitaka u razmatranoj radijalnoj distributivnoj mreži mnogo je efikasnije optimalno koordinisati priključivanje DG i SVC u odnosu na DG i TCSC;
- Preloženi BONMIN solver daje bolje rezultate u pogledu minimalnih gubitaka snage u odnosu na metahurističke i hibridne algoritme iz dostupne literature.

Iako je prezentovano istraživanje relevantno, nepходno je istaći određena ograničenja primjene predložene metode za alokaciju i dimenzionisanje DG i FACTS. U realnim sistemima, snage potrošnje, kao i proizvodnje, se mijenjaju u vremenu, što značajno usložnjava analizu čitavog sistema. Ovo istraživanje se bazira na jednovremenoj analizi koordinacije DG i FACTS uređaja, tj. na posmatranju jednog vremenskog trenutka. Prema tome, prethodno predstavlja najveće, ali literaturno opšteprihvaćeno, ograničenje. Drugo ograničenje odnosi se na testnu IEEE 33-čvornu mrežu. Ova mreža sadrži svega 33 čvora i 32 grane, te se sa sigurnošću ne može dati ocjena numeričkih performansi BONMIN solvera za veće mreže. Takođe, bitno je spomenuti da je za dobijanje realnije slike o benefitima koordinacije DG i FACTS neophodno analizirati realnu distributivnu mrežu sa tačnim podacima o parametrima sistema i stanju konzuma.

U daljem istraživačkom radu fokus će biti na razvijanju metoda za optimalno alociranje i dimenzionisanje FACTS uređaja u realnim mrežama sa obnovljivim izvorima električne energije, pri čemu se uzima u obzir nesigurnost u proizvodnji iz obnovljivih izvora i razmatra uticaj FACTS uređaja na kvalitet električne energije sa aspekta naponskih prilika i totalne harmonijske distorzije. Takođe, u daljem istraživanju, pored SVC i TCSC, razmatraće se i drugi FACTS uređaji: statički sinhroni kompenzator (*Static Synchronous COMpenzator* – STATCOM) i statički sinhroni serijski kompenzator (*Static Synchronous Series Compensator* – SSSC).

## LITERATURA

- [1] Funabashi T. (2016). *Integration of distributed energy resources in power systems: implementation, operation and control*, Academic Press: Amsterdam.
- [2] Masters, G. M. (2004). *Renewable and efficient electric power systems*, John Wiley & Sons: Hoboken.
- [3] Eremia, M., Liu, C. i Edris, A. (2016). *Advanced solutions in power systems: HVDC, FACTS, and artificial intelligence*, IEEE Press: Nju Džersi.
- [4] Hajiabbas, M. P. & Mohammadi-Ivatloo, B. (2014). *Optimization of power systems problems: methods, algorithms and MATLAB codes*, Čam: Springer.
- [5] Ullah, Z., Wang, S. i Radosavljević, J. (2019). A novel method based on PPSO for optimal placement and sizing of distributed generation, *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 14 (12), 274-292, <https://doi.org/10.1002/tee.23001>.
- [6] Jammani, J. G. i Pandya, M. (2019). Coordination of SVC and TCSC for management of power flow by particle swarm optimization, *Energy Procedia*, 156, 321-326, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.149>.
- [7] Mistry, K. D. i Roy, R. (2014). Enhancement of loading capacity of distribution system through distributed generator placement considering techno-economic benefits with load growth, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 54, 505-515, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.07.032>.
- [8] Fadel, W., Kilic, U. i Taskin, S. (2017). Placement of Dg, Cb, and Tesc in radial distribution system for power loss minimization using back-tracking search algorithm, *Electrical Engineering*, 99 (3), 791-802, <https://doi.org/10.1007/s00202-016-0448-4>.
- [9] El-Fergany, A. (2015). Optimal allocation of multi-type distributed generators using backtracking search optimization algorithm, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 64, 1197-1205, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.09.020>.
- [10] Jordehi, A. R. (2015). Brainstorm optimization algorithm (BSOA): An efficient algorithm for finding optimal location and setting of FACTS devices in electric power systems, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 69, 48-57, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.12.083>.
- [11] Ali, E. S., Elazim, S. M. i Abdelaziz, A. Y. (2017). Ant lion optimization algorithm for optimal location and sizing of renewable distributed generations, *Renewable Energy*, 101, 1311-1324, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.09.023>.
- [12] George, T., Youssef, A. i Kamel, S. (2018). Optimal allocation of DG and TCSC in radial networks using ant lion optimizer, *20th International Middle East Power Systems Conference (MEPCON)*, Kairo, Egipat, <https://doi.org/10.1109/MEPCON.2018.8635274>.
- [13] Muthukumar, K. i Jayalalitha, S. (2016). Optimal placement and sizing of

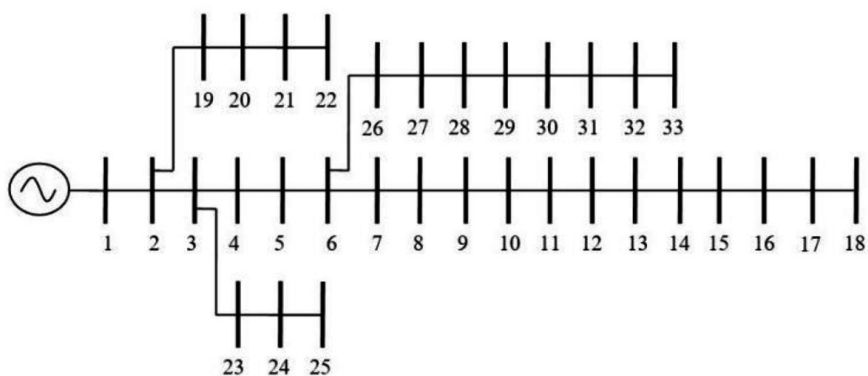


- distributed generators and shunt capacitors for power loss minimization in radial distribution networks using hybrid heuristic search optimization technique, *International Journal of Electrical, Power and Energy Systems*, 78, 299-319, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.11.019>.
- [14] Angalaeswari, S., Sanjeevikumar, P., Jamuna, K. i Leonowicz, Z. (2020). Hybrid PIPSO-SQP algorithm for real power loss minimization in radial distribution systems with optimal placement of distributed generation, 12 (14), 5787, <https://doi.org/10.3390/su12145787>.
- [15] Hassan, A. A., Fahmy, F. H., Nafeh, A. E. A. i Abu-Elmagd, M. A. (2015). Genetic single objective optimisation for sizing and allocation of renewable DG systems, *International Journal of Sustainable Energy*, 36 (6), 545-562, <https://doi.org/10.1080/14786451.2015.1053393>.
- [16] Yammani, C., Masheswarapu, S. i Matam, S. K. (2016). Optimal placement and sizing of distributed generations using shuffled bat algorithm with future load enhancement, *International Transactions on Electrical and Energy Systems*, 26 (2), 274-292, <https://doi.org/10.1002/etep.2076>.
- [17] Čalasan, M., Konjić, T., Kecojević, K. i Nikitović, L. (2020). Optimal allocation of static var compensators in electrical power system, *Energies*, 13 (12), 3219, <https://doi.org/10.3390/en13123219>.
- [18] Das, J. (2017). *Load Flow Optimization and Optimal Power Flow*, CRC Press/Taylor & Francis Group: Boca Raton.
- [19] Zobaa, A. F., Abdel Aleem, S. H. E. i Abdelaziz, A. Y. (2018). *Classical and Recent Aspects of Power System Optimization*, Academic Press: London.
- [20] Lee, J. i Leyffer, S. (2012). *Mixed Integer Nonlinear Programming*, Springer: Nju Jork.
- [21] GAMS (2023). *User's guide*, Dostupno na: <https://www.gams.com/> [Pristupano 31. maja 2023].
- [22] Vita, V. (2017). Development of a decision-making algorithm for the optimum size and placement of distributed generation units in distribution networks, *Energies*, 10 (9), 1433, <https://doi.org/10.3390/en10091433>.
- [23] Rakočević, S., Čalasan, M. i Abdel Aleem, S. H. E. (2021). Smart and coordinated allocation of static var compensators, shunt capacitors and distributed generators in power systems toward power loss minimization, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-19, <https://doi.org/10.1080/15567036.2021.1930289>.
- [24] Ahmed, E. M., Rakočević, S., Ali, Z. M., Hasanei, H. M., Turkey, R. A. i Abdel Aleem, S. H. E. (2022). BONMIN solver-based coordination of distributed FACTS compensators and distributed generation units in modern distribution networks, *Ain Shams Engineering Journal*, 13 (4), 101664, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.101664>.



## Prilozi

## Prilog 1. Osnovni podaci o IEEE 33-čvornoj mreži



Slika P1. Linijski dijagram IEEE 33-čvorne mreže

Sabirnica	$P_L$ (kW)	$Q_L$ (kVAr)
2	100	60
3	90	40
4	120	80
5	60	30
6	60	20
7	200	100
8	200	100
9	60	20
10	60	20
11	45	30
12	60	35
13	60	35
14	120	80
15	60	10
16	60	20
17	60	20
18	90	40
19	90	40
20	90	40
21	90	40
22	90	40
23	90	50

24	420	200
25	420	200
26	60	25
27	60	25
28	60	20
29	120	70
30	200	600
31	150	70
32	210	100
33	60	40
Ukupno	3715	2300

**Tabela P1.** Podaci o aktivnim ( $P_L$ ) i reaktivnim ( $Q_L$ ) snagama potrošača

Grana	Od čvora	Do čvora	$R$ [ $\Omega$ ]	$X$ [ $\Omega$ ]
1	1	2	0.0922	0.0470
2	2	3	0.4930	0.2511
3	3	4	0.3660	0.1864
4	4	5	0.3811	0.1941
5	5	6	0.8190	0.7070
6	6	7	0.1872	0.6188
7	7	8	1.7114	1.2351
8	8	9	1.0300	0.7400
9	9	10	1.0440	0.7400
10	10	11	0.1966	0.0650
11	11	12	0.3744	0.1238
12	12	13	1.4680	1.1550
13	13	14	0.5416	0.7129
14	14	15	0.5910	0.5260
15	15	16	0.7463	0.5450
16	16	17	1.2890	1.7210
17	17	18	0.7320	0.5740
18	2	19	0.1640	0.1565
19	19	20	1.5042	1.3554
20	20	21	0.4095	0.4784
21	21	22	0.7089	0.9373
22	3	23	0.4512	0.3083
23	23	24	0.8980	0.7011

---

24	24	25	0.8960	0.1941
25	6	26	0.2030	0.1034
26	26	27	0.2842	0.1447
27	27	28	1.0590	0.9337
28	28	29	0.8042	0.7006
29	29	30	0.5075	0.2585
30	30	31	0.9744	0.9630
31	31	32	0.3105	0.3619
32	32	33	0.3410	0.5302

---

**Tabela P2.** Otpornosti (R) i reaktanse (X) dalekovoda

**Stevan RAKOČEVIĆ**

## **COORDINATED ALLOCATION AND SIZING OF DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES AND FLEXIBLE AC TRANSMISSION DEVICES IN RADIAL DISTRIBUTION SYSTEM**

**Abstract:** This work deals with the problem of optimal coordinated allocation and sizing of distributed generators (DG) and flexible AC transmission devices (FACTS) in a radial distribution network. The primary focus of the optimal allocation of DG and FACTS is the minimization of total losses in the network, while the impact of the mentioned devices on voltage profile and power flows in the network was also considered. The optimization problem was modeled using mixed-integer nonlinear programming (MINLP) in the GAMS software package, while the problem was solved using GAMS's built-in BONMIN solver. The performance evaluation of the proposed method was performed through simulation on the IEEE 33-bus test network, where the cases of individual and coordinated allocation of DG and FACTS were considered. The simulation results obtained with the proposed method were compared with the results obtained using metaheuristic and hybrid methods from the available literature. The presented results show that the coordinated allocation and dimensioning of DG and FACTS contribute to a significant reduction of losses, while the optimal connection of the mentioned devices has a positive impact on voltage profile and power flows. Also, it was shown that the proposed BONMIN solver compared to metaheuristic and hybrid algorithms gives better results in terms of the minimum losses value.

**Keywords:** distributed energy resources, FACTS, power losses



## Elektrotehnički fakultet

**STEVAN RAKOČEVIĆ** rođen je 13.8.1998. godine u Nikšiću, gdje je završio osnovnu i srednju školu. Za uspijehe u osnovnoj i srednjoj školi nagrađen je nagradom „Luča 1“. Elektrotehnički fakultet u Podgorici upisao je 2017. godine, gdje je osnovne studije na odsjeku Energetika i automatika završio sa prosječnom ocjenom 9.28. Master studije na Elektrotehničkom Fakultetu u Podgorici upisao je 2020. godine. Ove studije završio je sa prosječnom ocjenom 9.77 odbranivši master rad na temu *Koordinisana alokacija i dimensionisanje distribuiranih izvora električne energije i uređaja za fleksibilan prenos električne energije u radijalnoj*

*distributivnoj mreži*. Doktorske studije na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici upisao je 2022. godine. Oblasti njegovog naučnog interesovanja su: distribuirani izvori električne energije, optimizacija ESS-a i FACTS uređaji. Objavio je 5 naučnih i stručnih radova u međunarodnim i domaćim časopisima i međunarodnim i domaćim konferencijama, pri čemu je posebno istaći 2 rada u časopisima sa SCI/SCIE liste. Trenutno je zaposlen u Elektroprivredi Crne Gore AD Nikšć, gdje u skopu službe za elektro radove HE „Perućica“ obavlja funkciju Inženjera za elektro poslove i opremu.

**Jelena LABAN**

Fakultet dramskih umjetnosti

jelena.laban98@gmail.com

Mentor: prof. Branislav Mićunović

## **UMJETNIČKA FUNKCIJA GLASA ILI KREIRANJE ZVUČNOG IDENTITETA GLUMCA (ISKUSTVO KREIRANJA GLASA U PREDSTAVAMA *TOBELIJA, MIMIKRIJA I KAPITAL*)**

UDK 792.02(043.2)

**Sažetak:** Glas glumca je od nastanka glumačke umjetnosti bilo inspirativno polje za istraživanje, pa ovaj rad za polazište ima potrebu da istraži promjene u glumačkom izrazu koje se manifestuju kroz glas. Analizirajući glumački kreativni proces, psihološko-socijalne faktore i fizičke ometače prilikom upotrebe glasa, ovaj rad za cilj ima da istraži i ispita koji su uzroci promjena glasa glumca. Akcentujući unutarnju radnju kao glavni pokretač glumačkog djelanja, umjetničko istraživanje koje je sprovedeno u ovom radu ispituje primjenu teorijskih znanja o upotrebi glasa. Rezultati pokazuju da su proširene vokalne sposobnosti nastale kao posljedica poboljšanih i obogaćenih umjetničko-kreativnih glumačkih dometa. Kao plodonosan i inspirativan način unapređivanja svog glumačkog bića i glasa, ovo istraživanje, kroz umjetničko-stručni doprinos, ističe neophodnost kontinuiranog rada na glasu koje se ogleda u vokalnom treningu, njezi glasa i istraživanju i isprobavanju novih metoda u stvaranju.

**Ključne riječi:** glas, unutarnja radnja, zvučni identitet, glasovna transformacija, song, kreativni proces.

## UVOD

Glavni glumčev instrument je njegovo biće – njegov duh i tijelo. Principe na osnovu kojih funkcioniše glumačko biće nemoguće je tačno utvrditi i zato je polje nastajanja glumačke kreacije zanimljivo i privlačno za istraživanje, pa i samim glumcima. U glumačkom djelanju upotreba glasa zauzima posebno mjesto zbog mnogih mogućnosti i značenja koja se kroz njega mogu sprovesti. Shvatanje glumačkog glasa kao aparata za lijepo govorenje ili pjevanje je samo polazište koje se donekle može podrazumijevati, ali ovaj rad istražuje fenomen formiranja glasa pod uticajem emocija, obrazovanja, karaktera, dara i drugih faktora koji utiču na svjesne i nesvjesne odluke koje glumac donosi dok sprovodi glumačku radnju.

Predstave *Tobelija*, *mimikrija* i *Kapital* pored zahtjevnih glumačkih zadataka odlikuje i snažan zvučni identitet kog dobrim dijelom kreiraju glumci, pa učešće u ovim predstavama nudi mogućnost istraživanja sopstvenog glasa i glumačkog iskustva. Pored rediteljskih odluka, glumačka kreativnost i posvećenost učestvovala su u stvaranju kompleksnih glumačkih uloga. Specifičan način rada na ovim predstavama dozvoljavao je i podržavao glumce da budu inovativni i maštoviti, pa su nastala neobična i upečatljiva glumačka rješenja, u kojima glas ima veoma bitnu ulogu.

Kreativni proces kod glumca, kao bića koje istražuje i stvara, utiče na njegovu psihu tokom trajanja proba i priprema uloga, pa samim tim izaziva i anatomsko-fiziološke promjene pri tjelesnom angažmanu, konkretno pri upotrebi organa za stvaranje glasa. Širok je dijapazon emocija i misaonih procesa kroz koje glumac prolazi tokom proba, a nelagoda i slične emocije su najuočljivije jer direktno i snažno utiču upravo na glas. Kako „ono što je dovoljno za običnu, ljudsku svakodnevicu, nije dovoljno za opšte bavljenje umetnošću, pa, samim tim, i umetnošću glume.“<sup>1</sup>, tako su i razlike u glasovnim oscilacijama glumca upadljivije. Ovaj rad istražuje načine kojima kreativni proces tokom proba utiče na glas glumca.

Unutarnja glumačka radnja posmatrana kroz različite pristupe glumi pripada predmetu istraživanja ovog rada, a kroz te pristupe istražuje se i glas glumca. Osvrtom na osnove glasovnog obrazovanja glumca, ovaj rad raščlanjuje osobine glasa koje se mijenjaju i ispituje njihove promjene. Koristeći stručno, teorijsko i eksperimentalno istraživanje, ovaj rad spaja teoriju i praksu; kroz glumačku praksu ispituje i analizira teorijska načela o upotrebi glasa.

Priroda unutarnje glumačke radnje je da nikada nije konačna, pa samim tim nikada nije identična, što i nalažu pozorišni principi. Profesionalno i personalno iskustvo, okruženje, psihičko stanje glumca i mnogi drugi unutarnji i spoljašnji faktori utiču na to kakvo će biti glumačko izvođenje, to jeste, na koji način i kojim intenzitetom će glumac sprovesti unutarnju radnju. Postavljaju se pitanja: kako se glas glumca ponaša tokom repriza predstave, to jest, ponovnih sprovođenja unutrašnje radnje; kako kod glumca optimalnog zdravstvenog stanja i dobre tehničke pripreme dolazi do varijacija u kvalitetu glasa tokom različitih izvođenja?

<sup>1</sup> Grujić-Erenrajh, Lj. (1995). *Glasovno obrazovanje glumca* (2. izd.). Beograd: Univerzitet umetnosti u Beogradu, str. 7.



Stoga, osnovna hipoteza ovog rada je da unutarnja glumačka radnja ima veliki uticaj na formiranje i proizvodnju glumačkog glasa, i pored optimalnog zdravlja i kvalitetne tehničke pripreme vokalnog aparata.

Marković primjećuje da: „Zapadna civilizacija povremeno sasvim zaboravlja praiskonsku potrebu čoveka da se izrazi samo zvukom – krikom, jaukom, sme-hom, plačem, uzvikom, zapevanjem“<sup>2</sup>. Praiskonska potreba čovjeka da proizvede zvuk dovela je i do razvoja pjevanja, razvoja i unapređenja organa za proizvodnju glasa, prema čemu se zaključuje da čovjek svojom voljom i potrebom utiče i mi-jenja svoje tijelo. Ispitivanjem prirode ljudskog organizma i uticaja spoljašnjih i unutarnjih faktora na njega, ovaj rad istražuje šta je to što glumca pokreće i moti-više da zvuči kao neko drugi ili nešto drugo, da govori drugačije ili da proizvodi zvuke koji nastaju primarno iz potreba i stanja.

Ovaj rad za osnovni cilj ima da otkrije i ispita koji su uzroci promjena glasa i na koji način oni utiču na glas glumca u stvaralačkoj sferi, u kojoj glumac kroz unutarnju radnju sprovodi svoje i potrebe lika koje izražava glasom, za čiju je upotrebu obrazovan i pripremljen. Izvedeni ciljevi rada su:

– Kritika glumačke upotrebe glasa na filmu i u pozorištu, s obzirom na če-stu i pretjeranu stilizaciju glasa koja nema uporište u unutarnjoj radnji, to jest, u potrebi glumačkog bića da se takvim glasom izrazi;

– Ukazivanje na bitnu razliku između pjevanja, uopšteno shvaćenog, i pje-vanja glumca, koje je česta pojava, a koja ne smije biti bez smisla i konteksta;

– Ukazivanje na necjelovitost postojećeg akademskog glasovnog obrazo-vanja glumaca na fakultetima i akademijama dramskih umjetnosti u Crnoj Gori i zemljama bivše Jugoslavije, uzevši u obzir akcentovanje tehničke pripreme, a nedovoljan rad na povezivanju suštine glumačke radnje i tehničkih sposobnosti;

– Stimulisanje glumaca da istražuju i rade na glasu kroz različite pristupe, polazeći od sopstvenih tendencija;

– Podsticanje na dalja istraživanja u oblasti upotrebe glumačkog glasa, koja će pratiti, ispitivati i povezivati psihološke i fiziološke promjene tokom glumač-kog kreativnog procesa.

## METODE

Ovaj istraživačko-umjetnički rad teži da istraži cjelokupnu pojavu glasa glumca, za šta je neophodno oslanjanje na postojeća znanja iz oblasti glume, istorije pozorišta i umjetnosti. Za upoznavanje mehanizama na kojima glas počiva, korisna su i znanja iz oblasti koje nisu umjetničke. Teorijski dio rada je ispitan kroz praktični dio i, zbog prirode nepredvidivosti i osobenosti glumačkog poziva, nadograđen novim znanjima.

U težnji da se ispituju hipoteze i ostvare ciljevi istraživanja, rad se bavi istraživanjem literature iz primarnih (gluma, pozorište, umjetnost uopšte) i se-kundarnih izvora (anatomija, medicina, psihologija), kako bi se ispitali uticaji procesa u ljudskom tijelu i svakodnevnih navika glumca vezanih za glas. Analitič-ko-interpretativni metod je upotrebljavan u svakom od djelova rada, zbog bitnih

<sup>2</sup> Marković, M. (2002). *Glas glumca*. Beograd: Clio, str. 16.

postojećih teorijskih i umjetničkih znanja koja služe kao osnove za istraživanje. Saznanja iz različitih oblasti su uvezana sintetičkom metodom radi ostvarivanja ciljeva ovog rada, pa je glumački kreativni proces analiziran i kroz psihološko-socijalne uticaje.

Ljiljana Grujić-Erenrajh u knjizi *Glasovno obrazovanje glumca* objašnjava podjelu organa za proizvodnju glasa. Glasovni aparat čine respiratorni i fonatorni organi, a prema ulozi, dijele se na organe za pripremu, produkciju i oblikovanje glasa.<sup>3</sup> Na rođenju, dah je naš prvi kontakt sa spoljašnjim svijetom i dahom sve počinje. Kao bebe po instinktu dišemo pravilno – nesvjesno pravilno unosimo dovoljnu količinu kiseonika i izbacujemo ugljen-dioksid. Respiratorni organi spadaju u organe za pripremu glasa, pa zanemarivanje pravilnog disanja dovodi do nezdravih navika koje mogu trajno oštetiti glas. Kako se fizičko i psihičko odrastanje usložnjava i kako se mijenjamo kao osobe, mijenjamo način govora i upotrebe glasa, pa često mijenjamo i način disanja.

*Organima za pripremu glasa* pripadaju respiratorni organi, a to su: nos, ždrijelo, grkljan, dušnik, dušnice i pluća, a pokreti disanja omogućeni su radom disajnih mišića: međurebarnih mišića, dijafragme i trbušnih mišića.

Na početku studija glume većina glumaca diše nepravilno: diše plitko ili nepravilno kontroliše izdisaj. Moć glumca podržana je kvalitetnom tehnikom disanja, pa je bitna stavka u školovanju glumaca upoznavanje i *školovanje* daha. Kostabdominalno disanje je potrebno osvijestiti i vježbati njegovu primjenu, čemu u velikoj mjeri pomažu vježbe disanja sa kojima se studenti upoznaju na časovima stručno-umjetničkog predmeta *Glas*. Obrazovanje stečeno na studijama glume, na svim predmetima, neophodno je osvježavati kroz praksu i ne zanemarivati uspostavljene kvalitetne osnove. Tako je potrebno održavati i dah u formi, kako bi svaki glas i svaka fizička aktivnost bili kontrolisani, kako bi predstavljali stav i bili osmišljen i oživljen znak.

U knjizi *Pozorište i njegov dvojni* Arto iznosi ideju o stvaranju *Pozorišta surovosti* koje za glavnu inspiraciju ima balinežansko pozorište koje počiva na ritualima. Arto smatra da je umjetnost postala otuđena i da se treba vratiti svojim korijenima, surovosti. U *Pozorištu surovosti* glume glumci koji su spremni na mnogo više od deklamovanja teksta; fizički su jaki i sposobni i mentalno spremni da se upuste da dostignu i stanje transa. Važan faktor ne samo u upotrebi glasa, već u cjelokupnom glumačkom djelanju, po Artou, jeste dah.

„Jer disanje što hrani život omogućuje da se stupnjevito pređu sva njegova razdoblja. Ako glumac i nema u sebi neko osećanje, on može disanjem da prodre do njega, pod uslovom da mudro kombinuje njegove efekte; i da se ne prevari u polu. Jer disanje je muško ili žensko; a mnogo ređe dvopolno. Ali nekad treba prikazati dragocena uzdržana stanja.

Osećanje je praćeno disanjem, a do osećanja se može dopreti preko disanja pod uslovom da je čovek u stanju da u disanjima otkrije ono koje odgovara tom osećanju“<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Grujić-Erenrajh (1995), str. 29.

<sup>4</sup> Arto, A. (2010). *Pozorište i njegov dvojni*. (Miočinović M., prev.). Beograd: Utopia, str. 125.

Razni su pristupi koje glumci koriste i, ako funkcionišu, transformacije, emocije, odluke i ideje naviru same od sebe. Tada glumac diše slobodno. „Slobodno disati, znači udahnuti dušu svakom liku na drugačiji način. Disati znači govoriti partneru, a ne recitovati, ne skandirati i uzvikivati prazne duše. Disanje znači energiju, znači igrati slobodno, spontano, ne gurati sebe u stanje lažne uzbuđenosti i histerije zbog zahteva uloge. U situaciji kada glumac svesno, voljno, upravlja dahom, uzbuđen je, izbežumljen, histeričan njegov lik, ali ne i on sam“<sup>5</sup>.

Kao mehanizam u kom adekvatno funkcionišu djelovi fonatornog aparata, u kom su odlike glasa pravilno postavljene, impostacija biva osnova za profesionalnu upotrebu glasa. Dakle, impostacija je pravilna upotreba i funkcionisanje organa za proizvodnju glasa, koja rezultira zdravim, ujednačenim tonom koji je stabilan i glasom koji je fleksibilan. Kako su organi za proizvodnju glasa u sprezi, svaka nepravilnost u upotrebi nekih od organa odraziće se na impostaciju, koja će biti narušena.

Priprema i školovanje glasa glumca su daleko od nevažnog, naprotiv, bez stabilnog glasa, dobre pripreme i poznavanja svog tijela glumac teško može uobličiti svoj dar. Snažan i kvalitetan glas je impostiran i ima dobro određen govorni centar. U tom slučaju svi tonovi, u govornom i pjevačkom registru, su iste boje, stabilni i ozvučeni, svi organi za proizvodnju glasa jačaju i tako mogu izdržati napore. Impostacija je od posebnog značaja za glumca, jer ako ne postoji, glumčev glas će biti izložen čestim pucanjima, zamoru i trajnim oštećenjima. Kao i svaki drugi glumački alat, ni impostacija nije nešto što, kada se jednom stekne, traje zauvijek. Vitkai Kučera o impostaciji piše:

„Zahteva dugogodišnji rad koji obuhvata: tehniku disanja, preciznu ataku tona, svesno zauzimanje najpovoljnijeg položaja za proizvodnju glasa, uvežbavanje određenih pokreta, tj. pravilan i sinhron rad mišićnih mehanizama, proširivanje opsega, primenu apoda glave i dijafragme (usporenog izdisaja), izjednačavanje boje glasa u celom opsegu (jačine, boje, sonornosti), pronalaženje mesta ozvučavanja svakog tona u rezonanci radi pojačavanja alikvotnih tonova“<sup>6</sup>.

Izdah je takođe bitan i za formiranje glasa, budući da vazduh pri izdahu prolazi kroz grkljan u kom se nalazi govorni aparat, tj. *fonatorni organi*, a u *organe za oblikovanje glasa* spadaju ždrijelo, usna i nosna duplja.

„Govor, rečenica, stih, pevana fraza, zavise od kontrole procesa respiracije, tj. od pravilnog udisaja, kapaciteta daha, ekonomisanja dahom i kontrole kompletnog procesa respiracije“<sup>7</sup>. Ipak, između pjevanja i govora postoje bitne razlike. Melodijski, pjevanje je složenije i zahtjevnije, što iziskuje drugačiju upotrebu vazduha. Izdisaj je duži i pjevači moraju imati bolju kontrolu nad dahom kako bi mogli da izvedu složene melodijske fraze. Artikulacija je takođe drugačija; glumac treba da ima čvrstu artikulaciju koja treba da podrži razumljivost i prirodnost njegovog govora, dok pjevačka artikulacija mora zadovoljiti zahtjeve komponovane muzike. Upotreba samoglasnika u pjevanju je proširena u odnosu na govor,

<sup>5</sup> Marković, M. (2002), str. 34.

<sup>6</sup> Vitkai Kučera, A. (2012). *Karakteristike glasa i metodički pristupi razvoju glasa u funkciji profesionalnih aktivnosti*, doktorska disertacija, Novi sad: Univerzitet u Novom Sadu, str. 59.

<sup>7</sup> Marković, M. (2002), str. 22.

jer se samoglasnicima može u potpunosti razviti rezonanca i oni omogućavaju da se melodija razvije. Grujić-Erenrajh piše: „Dok je pevač posrednik između kompozitora i slušaoca, glumac je posrednik između pisca i publike: dramski tekst je za glumca neka vrsta nota koju on svojim glasovnim i govornim sredstvima treba na sceni da oživi“<sup>8</sup>. To je veoma bitna razlika između pjevanja i govorenja; pjevač se služi tekstem i već određenim muzičkim svojstvima kompozicije, a glumac se služi tekstem kome sam nalazi način sprovođenja u djelo. Prirodno, glasovni opseg kod glumaca je uglavnom manji nego kod pjevača, ali to glumački zadatak ne čini lakšim. Napisani tekst, bilo da je riječ o drami ili scenariju, glumac treba da pretvori u govor: u nešto što se ne samo čuje i razumije, nego i što pričinjava doživljaj. Pjesma i pjevači su sposobni da učine sve ovo, ali na drugačiji način. Govor glumca, iako vođen napisanim tekstem, je glumačka kreacija sastavljena od misli, stavova, emocija, pa zatim otjelotvorena glasom. O razlici glasa između pjevača i glumaca piše Siseli Beri:

„Za oboje morate otvoriti sve što imate, ali u pevanju vi svoja značenja saopštavate putem naročito uređenih zvukova – poruka je zvuk – tako da je energija u rezonanci. S druge strane, za glumca je glas produžetak njega samog, pa ovo označuje temeljnu razliku u ravnoteži zvuka i reči. Za glumca je, konačno, reč ta koja mora da deluje, pošto reč sadrži rezultat njegovog osećanja i misli; stoga njegova energija mora počivati upravo u reči i u milion puteva da se ona naglasi, produži, modulira“<sup>9</sup>.

Neophodna je vokalna higijena i redovan trening, kao i svijest o prisutnim mislima i osjećanjima. Čak i najboljim, najvještijim glumcima se može desiti da im glas postane nestabilan i da na trenutke bude van njihove kontrole. Uzbudjenje, jaka emotivna stanja različitih uzroka, loše zdravstveno stanje ili loše navike neki su od mogućih uzroka *pada* impostacije, ali treba imati u vidu da su manje oscilacije u upotrebi glasa normalne i da to može značiti da glumac promišlja, iznova stvara i traga. Tražiti znači probati, pri čemu je greška neizostavna pojava. Poznavanje svog govornog centra u takvim momentima može služiti kao sigurno mjesto na koje se glumac uvijek može vratiti, pa time otkloniti brigu da šteti svojim glasnicama.

Centralni govorni registar koji je prirodan, glumac može proširiti i obogatiti u pogledu opsega i u načinu proizvodnje glasova, što je posebno korisno za glasovne transformacije u okviru žanrova. Upravo se razvijanjem pjevačkih kapaciteta šiti centralni govorni registar, što dokazuje da vokalno obrazovanje glumca ima primjenu mnogo širu od pjevanja.

Beri primjećuje da: „Očito je teško o glasu govoriti uopštenim rečima, jer je glas za glumca nešto apsolutno lično. To je sredstvo kojim vi saopštavate svoje unutrašnje biće i mnogi faktori, fizički i psihološki, doprineli su njegovom oblikovanju“<sup>10</sup>. Kvalitetna tehnička sprema, intelektualni udio, emocije i misaoni procesi zajedno čine glumačko djelanje. Zato su za glumca svaka nova uloga i zadatak novi izazovi kojima treba uvijek prići sa potrebom da ih istražuje, dograđuje, proživi.

<sup>8</sup> Grujić-Erenrajh, Lj. (1995), str. 12.

<sup>9</sup> Beri, S. (2008). *Glas i glumac*. (Ilić D., prev.). Beograd: Studio Lirica, str. 18.

<sup>10</sup> Ibid., str. 14.

Kada govorimo, govorimo jer to želimo. Mozak šalje impulse i naši organi reaguju tako što proizvode glasove koji formiraju riječi, pa govor postaje poruka, znak. Umjetnost glume nastaje onda kada napisan tekst postane upravo to – poruka, misao koja ima uporište u potrebi i smislu. Tuđi tekst mora postati glumčev. Pristupi tekstu različiti su kod svakog glumca, uzevši u obzir to da je svaki glumac posebna ličnost. Postoje metode koje su korisne većini glumaca i među njima je analiza. Čitajući i razmišljajući o tekstu, svaki glumac ima jedinstven doživljaj i svoj put kojim će otkrivati načine za izgovor i osvajanje smisla teksta.

Nažalost, ne tako mali broj glumaca služi se ustaljenim načinom govora. Istina je da glumac može da stvori svoj zvučni identitet koji je prepoznatljiv i specifičan, ali vrlo lako može da sklizne u ubjeđenje da određena visina glasa ili način izgovora pojedinih glasova uvijek funkcionišu, pa glumačke kreacije tog glumca postaju predvidive i nezanimljive.

„Ovo se umnogome tiče nedostatka vere, jer potrebna je vera da bi se, zapravo, svaka uloga počela u očišćenoj situaciji – drugim rečima, bez prethodnih ideja o tome kako treba da zvučite, bez oslonca na glas kakav poznajete. Glas će biti oslobođen jedino ako ste u stanju spremnosti“<sup>11</sup>.

Jednolična upotreba glasa može ukazivati na to da glumac ne želi da izađe iz zone komfora, pa dopiranje smisla teksta više nije njegova glavna briga.

Komunikacija je osnova u glumi i neophodno je da glumac ne zapostavlja ni sebe ni ljude sa kojima dijeli sadržaj, bili to kolege ili publika. Stanislavski piše o psihičkom životu i stvaranju unutarnjeg scenskog osjećanja, koje glumcu omogućava da raspolaze svojom *psihotehnikom*, da u sali punoj ljudi preživljava osjećanja i biva svjestan svih ljudi koji su oko njega. „... scensko samoosjećanje, zahvaljujući neprirodnosti uslova stvaralaštva pred publikom, skriva u sebi delić, ukus pozorišta i pozornice sa njihovim javnim pokazivanjem, čega nema u normalnom ljudskom samoosjećanju“<sup>12</sup>. Sa sviješću o tome, govorenje na pozornici ili pred kamerom postaje složenije i zahtjevnije; glumčevo prisustvo postaje višeznačno.

„Glumac (kao i čitalac i gledalac) uvek izobličava tekst koji tumači: briše prvo i tradicionalno značenje, bira određeno čitanje pre nego neko drugo, nudi interpretaciju koju nismo očekivali, koju nismo zamišljali, ili bar ne još. Menjajući retoričke i scenske figure, on menja i lice sveta“<sup>13</sup>.

Korisno je za glumca da obrati pažnju na svaku promjenu u glasu koja se dogodi nesvjesno. Kako bi izbjegao akutna ili trajna oštećenja, bitno je da vlada vokalnom tehnikom, bude u kondiciji i ima dobru kontrolu nad upotrebom glasa.

Bol u grlu, promuklost, *pucanje*, podrhtavanje glasa, zamor, smanjenje glasovnog opsega neki su od simptoma koji ukazuju na probleme u proizvodnji glasa. Prehlade, alergije ili genetika mogu prouzrokovati sklonost ka promjenama u glasu. Menstruacija i hormonalni status takođe mogu imati uticaj na glas kod žena. Iako suptilne, promjene u glasu kod žena u toku menstrualnog ciklusa još više dolaze do izražaja kod glumica i pjevačica. Pavela Banai je sprovela istraži-

<sup>11</sup> Ibid., str. 14.

<sup>12</sup> Stanislavski, K. (1996). *Sistem*. Beograd: Skripta internacional: Akademija umetnosti, str. 324.

<sup>13</sup> Pavis, P. (2021). *Rečnik izvođenja i savremenog pozorišta*. Beograd: Clio, str. 146.

vanje u kom ispituje uticaj različitih faza menstrualnog ciklusa na ženski glas. Ispitanice su činile 62 žene, od 19 do 25 godina, nepušači i nikada nisu bile obučene niti školovane za bilo kakvu vrstu pjevanja. Banai primjećuje promjenu visine i intenziteta glasa, pri čemu su F0min (minimalna fundamentalna frekvencija), koja odgovara visini glasa, i intenzitet glasa je viši u plodnoj fazi nego u fazi menstruacije. Zaključeno je da polni hormoni kod žena mogu indirektno uticati na glas.<sup>14</sup> To ukazuje na manji kvalitet glasa u fazi menstruacije, u toku koje bi glumice posebno trebalo da smanje vokalno opterećenje.

Među tehničkim nepravilnostima u vezi sa upotrebom glasa često se nalazi nepoznavanje i zapostavljanje tehnike pravilnog disanja. Nepravilno disanje može dovesti do prejakog udara vazduha na glasnice, tj. do tvrde atake, pri čemu glas može da *pukne* ili da dođe do drugačijeg oštećenja. Nasuprot tvrdoj, štetna je i mukla ataka, pri kojoj je rad glasnica slab i zbog nepotrebne količine vazduha koji je upotrijebljen, prije glasa čuje se šum. Pravilna ataka je meka ataka, što znači da je dah kontrolisan i usmjeren, te glasnice ne trpe oštećenje.

Glasovno oštećenje može nastati kao posljedica pretjeranog napora usljed vikanja, zamora glasnica zbog pretjerane upotrebe ili nepravilne upotrebe vokalne tehnike, ali to ne moraju biti jedini uzroci. Ispitujući glas i glasovne promjene studenata glume i studenata medicine, Vitkai Kučera zapaža određene bitne rezultate koji mogu biti korisni za glumce kako bi osvijestili u kojoj mjeri njihov glas nosi opterećenje i koliko je bitno brinuti o njemu. Od sto deset ispitanika, polovinu su činili studenti glume, a drugu polovinu studenti medicine. Dvadeset devet ispitanika ženskog i dvadeset šest ispitanika muškog pola, uzrasta od osamnaest do dvadeset sedam godina, bili su studenti glume, a trideset šest ispitanika ženskog i devetnaest ispitanika muškog pola, uzrasta od dvadeset do trideset šest godina, bili su studenti medicine. Značajne razlike autorka zapaža u glasovnom napreznju, promuklosti, šumu u glasu, pri čemu je vrijednost navedenih pojava veća kod studenata glume.<sup>15</sup> Vitkai Kučera takođe primjećuje da: „samo 25,5% studenata glume zagreva glas pre profesionalnih glasovnih aktivnosti, što može da naruši zdravlje vokalnog aparata“<sup>16</sup>. Stav glumca da je osvojio i istražio cjelokupno polje glume je veoma poguban. Sama po sebi, umjetnost bi trebalo da stremi višem cilju, da neprekidno istražuje i bude motiv, inspiracija i potreba umjetnika i publike. Osim što se sve više odaljava od umjetnosti, glumac koji je ubijeđen da će svakom ulogom i izvedbom biti nepogrešiv i savršen, sam sebi oduzima mogućnost stvaralaštva. Najveći profesionalci nijednu vježbu zagrijavanja ne ismijavaju niti zanemaruju, već pred svaku predstavu i snimanje ostaju disciplinovani i obraćaju pažnju na nivo glasovne zagrijanosti kako bi mogli ponuditi najbolje u svojoj igri.

Nedostatak vokalne higijene i zanemarivanje navedenih simptoma oštećenja glasa mogu dovesti do trajnih ograničenja prilikom govorenja ili pjevanja, što dokazuju i Prebil, Hočevar Boltežar i Šereg Bahar u istraživanju o rizicima pri

<sup>14</sup> Preuzeto iz: Pavela Banai, I. (2017) *Voice in different phases of menstrual cycle among naturally cycling women and users of hormonal contraceptives*, str. 8, 9. PLoS ONE 12(8) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183462>

<sup>15</sup> Preuzeto iz: Vitkai Kučera, Ibid., str. 132, 135.

<sup>16</sup> Ibid., str. 216.



upotrebi glasa kod glumaca i pjevača. Ispitano je 65 profesionalnih glumaca, 27 žena i 38 muškaraca, i 63 profesionalna pjevača, 32 žene i 31 muškarac. Ispitani glumci imali su iskustvo od 1 do 47 godina, a pjevači od 1 do 39 godina. Glumci su prijavili od 2 do 16 sati vokalnog opterećenja, a pjevači od 1 do 7 sati. Ovo istraživanje pokazalo je da su glumci, u odnosu na pjevače, pokazali više neprikladnih navika u vezi sa njegom glasa. Više glumaca nego pjevača puši, više i glasno govori. Autorke ističu da su i pjevači i glumci pokazali nedovoljno znanje o brizi o glasu, te da im je na tom polju potrebna dodatna pomoć, kao i dodatno obrazovanje o proizvodnji glasa i vokalnoj higijeni.<sup>17</sup>

Osim liječenja prepisanog od strane doktora, izbjegavanje gaziranih, ledenih, vrućih i hladnih napitaka pomaže glasu da se oporavi, a od velike pomoći mogu biti i disajne vježbe, koje pomažu da se mišići koji učestvuju u proizvodnji glasa pripreme i da glasnice ne budu pod još većim naporom. Takođe, treba izbjegavati šaputanje, posebno kada su glasnice u stanju upale.

Štetni uticaj pretjerane upotrebe alkohola i cigareta nije nepoznanica našim glumcima, a ipak većina glumaca zapali cigaretu ili popije alkoholno piće odmah nakon odigrane predstave. Otvoreno grlo i glasnice koje su bile pod naporom dodatno su osjetljivi na svaki štetni uticaj, pogotovo pri upotrebi alkohola i cigareta. „Ako se grlo suši, iz bilo kog uzroka, mnogo je efikasnije pojesti jednu jabuku nego uzimati bilo koju tečnost. Ne bez razloga, Japanci nazivaju jabuku voćem glasa“<sup>18</sup>.

Najbolji lijek za umoran i oštećen glas ipak je ćutanje, pa bi korisna praksa za glumce bila da određeni period nakon predstave ili snimajućeg dana odmaraju glas ćutanjem.

Svaki napor iziskuje odmor, a pri velikoj količini stresa i uzbuđenja ili u nedostatku vremena, osoba može iskusiti probleme sa nesanicom. Iako je glas u stanju mirovanja, tijelo je u budnom stanju i napetost ne dozvoljava odmor. Ujutru je osoba umorna, jer su umorni i um i tijelo, pa se to može primijetiti u glasu. Nedostatak motivacije i loše raspoloženje djelovaće kao dodatni napor, pa je glas izložen većem riziku od oštećenja.

Goulart i Vilanova, istraživajući upotrebu glasa glumaca, takođe primjećuju nedostatak brige o glasu. Ispitano je 48 profesionalnih glumaca, 22 žene i 26 muškaraca, uzrasta od 20 do 50 godina. Iako su svi ispitanici potvrdili da je zdravlje organa za proizvodnju glasa od ogromnog značaja za obavljanje glumačkih aktivnosti, neki od njih su ipak priznali da koriste cigarete, opijate i alkohol. Više od polovine ispitanika je za svoje probleme i promjene u glasu saznalo jer su im drugi skrenuli pažnju.<sup>19</sup>

Osim svijesti o štetnim uticajima, glumac treba da poznaje svoje tijelo i da zna kako sebi da pomogne i gdje da traži pomoć kada njegov glas nije u dobrom

<sup>17</sup> Prebil, N., Hočevar Boltežar, I. & Šereg Bahar, M. (2020). *Risk Factors for Voice Problems in Professional Actors and Singers*. Ljubljana: Slovenian Journal of Public Health, 59(2) 92-98., str. 94, 97.

<sup>18</sup> Grujić-Erenrajh, Lj. (1995), str. 97.

<sup>19</sup> Goulart, B. N., & Vilanova, J. R. (2011). *Professional theatre actors: environmental and socio-occupational use of voice*. Sao Paulo: Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, 23(3), 271-276., str. 272, 274.



stanju. Izbjegavanje medicinske kontrole uz oslanjanje na nedovoljno poznavanje glasa može stvoriti još veće probleme.

Briga o svom biću je dio profesionalizma. Osim što zadovoljava lične stvaralačke potrebe, glumac biva i figura koja je bitna za kulturu i umjetnost, pa tog aspekta svog stvaralaštva mora biti svjestan. Nije riječ samo o zabavljanju publike ili zadovoljavanju njenih kriterijuma, već i o odgovornosti koju glumac ima prema svom daru kojim, u zavisnosti od mnogih okolnih faktora, u manjoj ili većoj mjeri, utiče na društvo u kom živi i stvara.

Kada je riječ o glumačkim transformacijama, emotivni proces je nezaobilazan. Umjetnički proces zasniva se na potrebi umjetnika da stvara, razvije svoj unutarnji svijet i ispolji ga kroz svoje stvaralaštvo. Umjetnost zato nema precizno određena uputstva za upotrebu i tačne formule, a pogotovo ne kada je u pitanju umjetnost glume. Sve ono što čini ljudsko biće biva glumačko sredstvo i glumac se ne može odvojiti od otjelotvorenja svoje umjetničke kreacije. Prema tome, emotivni proces glumca je dio kreativnog procesa i uzrok promjena u glumačkom djelanju.

U istraživanju karakteristika ličnosti 161 ispitanika, među kojima su 51 profesionalan glumac, 58 amatera i 52 učesnika koji nisu glumci, Edelman i Hamon su zaključili da je manje vjerovatno da će profesionalni glumci biti socijalno anksiozni i stidljivi, i biće društveniji od onih koji nisu glumci. Autori zaključuju i da stalna promjena odigranih uloga, predstavljanje drugačijih likova i istraživanje psihe i ponašanja, takođe mogu da objasne zašto su profesionalni glumci više privatno samosvjesni i pokazuju veću osjetljivost na ekspresivno ponašanje drugih nego što to čine oni koji nisu glumci.<sup>20</sup>

Irena Pavela Banai i Benjamin Banai u istraživanju *Odnos akustičnih karakteristika glasa žena i samoprocjena osobina ličnosti*, ispitivanjem 48 studentkinja različitih fakulteta, zaključuju da više vrijednosti varijabiliteta frekvencije, što znači da je glas manje monoton, impliciraju nižu maskulinitet i višu femininost.<sup>21</sup> Određene karakteristike u glasu i govoru ukazuju na određene osobine karaktera kojih je osoba svjesna. Dakle, svaki glas otkriva ponešto o čovjeku koji ga proizvodi.

„Iako nemamo precizne naučne mere za diferenciranje osobina ličnosti preko glasa, mi sagovornikovu ličnost procenjujemo uz pomoć glasa kao laici. Zaključujemo da li je ona agresivna, inferiorna, osećajna; u stvari, 'po njuhu' prepoznajemo i tražimo ličnost sagovornika; procenjujući je, mi je prihvatamo ili odbacujemo – i to isključivo na osnovu glasovnih osobina“<sup>22</sup>.

Emotivni i intelektualni glumački angažman su neophodni, ali oni nisu jedini faktori koji utiču na glumačko djelanje. Za razliku od umjetnika koji mogu stvarati sami, glumac najčešće nije sam. U konačnom rezultatu koji postigne udje-

<sup>20</sup> Hammond, Jacqueline & Edelman, Robert. (1991). „The act of being: Personality characteristics of professional actors, amateur actors and non-actors“. In G. D. Wilson (Ed.), *Psychology and performing arts* (pp. 123-131). Swets & Zeitlinger Publishers, str. 129, 130.

<sup>21</sup> Pavela Banai, I. i Banai, B. (2019). *Odnos akustičkih karakteristika glasa žena i samoprocjena osobina ličnosti*. Zagreb: Društvena istraživanja, 28 (2), 249–269, str. 260.

<sup>22</sup> Živanović Đ., Đorđević B. i Vasić S. (1979). *Dikcijske teme*. Beograd: Univerzitet umetnosti u Beogradu, str. 133.

la ima i rediteljska ideja, žanr, tempo rada i drugi spoljni faktori koji ne smiju biti zanemareni pri analizi glumačkog poziva. Ma koliko bio profesionalan i psihički stabilan, nijedan glumac nije potpuno otporan na svoje okruženje.

Uticao koji dobar reditelj i kolege proizvode u glumcu može u potpunosti promijeniti njegov pristup glumi. Konstruktivna kritika, savjet ili komentar upućeni sa oprezom, mogu kod onoga kome su upućeni inicirati početak *slamanja zida* koji je oko sebe sagradio. Nasuprot tome, nepromišljeno upućena kritika ili nepotreban komentar, pogotovo u trenutku afekta, mogu uticati na glumca tako da on ima potrebu da se povuče, da bude grub ili da se stidi. Osim neprijatnih situacija koje mogu nastati, nastaje i grčenje mišića, pogotovo u predjelu vrata i ramena, a može se desiti i da glumac *ostane bez glasa*. Gubitak kontrole nad organima za proizvodnju glasa može se pojaviti i onda kada neka situacija nema direktne veze sa neprijatnom situacijom koju je osoba doživjela – dovoljno je da osobu određeni trenutak asociira na proživljeno traumatično iskustvo i da organizam reaguje kao da se to iskustvo ponovo događa. Promjene u glasu su onda drastične i van kontrole, što ni u kom slučaju nije dobro.

Grčenje mišića grkljana može dovesti do nepravilne proizvodnje glasa; previsok položaj grkljana u kom su glasnice preblizu, a u preniskom položaju proizvedeni tonovi su konstantno niski. U grču, meko nepce, donja vilica i jezik mogu ograničiti rezonancu, pa glasovi mogu biti previše nazalni ili guturalni. Fleksibilnost tona je onemogućena, jer je glumcu neprijatno. Opuštanje mišića zato ne može biti sinonim za *oslobađanje glasa*.

Glumci su neprestano izloženi očekivanjima i kritikama i često ih i sami sebi nameću. Zato je pretjerano ispitivanje svog kvaliteta i pojave štetno za glumca; glumac takvim pristupom stvara želju da se odalji od stvaranja i istraživanja u toku proba, pa pribjegava već poznatim i sličnim načinima upotrebe glasa. Tokom kreativnog procesa umor, stres, kao i pozitivne emocije mogu uticati na količinu sna, pa samim tim i na zdravlje glasa. Odmoran i inspirisan glumac biće spreman i motivisan, osjećaće više samopouzdanja, što će zasigurno uticati na nivo upotrebe svih njegovih glasovnih mogućnosti.

Oslobađanje glasa je složen proces, jer osim vježbi za opuštanje i jačanje mišića, vježba se koncentracija i psihička snaga potrebna za postizanje vjere u svoj glas. Uz pozitivan stimulans od strane saradnika i uz snažnu unutarnju motivaciju, može se desiti da glumac čiji glasovni opseg nije veliki i koji nije nadaren sluhom, odjednom proizvede glas za koji nije znao ni da postoji u njemu. Može se otkriti i skrivena muzikalnost, pa glumac čija boja govornog glasa nije prijemčiva, odjednom zapjeva potpuno drugačijom bojom pjevačkog glasa.

Kada je riječ o igranjima predstava, glas je drugačiji. Pri svakom igranju glumac je drugačiji i manje glasovne oscilacije su normalne. Veća inspiracija, želja za igrom ili bolje zdravstveno stanje mogu pomoći glumcu da poboljša kvalitet igre i da iskoristi pun potencijal svog glasa. Međutim, ako glumac samostalno unosi primjetne izmjene u već uspostavljen korpus radnji, unosi rizik. Predstava je u riziku, glumačka izvedba u cjelini, pa i glas. Pri jakim emocijama glumac treba da ima kontrolu, a kada luta ili pokušava da potcrta emocije koje ne proizvodi, unosi veliki rizik od *pucanja* i čak trajnog oštećenja glasa.

Istorijsko-generički metod je upotrijebljen kako bi se istražio početak i razvoj upotrebe glasa u performativne i umjetničke svrhe. Nastanak glasa u ovom radu je analiziran kao fiziološki proces i kao kreativno-misaoni proces, pa su analizirane različite vrste pozorišta i pristupi glumi u svrhu istraživanja pojmova unutarne glumačke radnje i proizvodnje glasa.

Čovjek je oduvijek imao potrebu za komunikacijom. Govorni organi naših predaka su se razvijali, komunikacija je postajala složenija i dovela do razvitka govora i nastanka jezika. Tokom ovih razvojnih faza, razvijali su se rituali koji su imali različite svrhe i u kojima su se ljudi služili sredstvima koje danas prepoznajemo i kao pozorišna. Maskiranje, ples, pjevanje, uspostavljanje muzičke strukture i najvažnije – dostizanje stanja transa, neki su od glavnih elemenata rituala. Svetozar Rapajić primjećuje:

„Koliko je dejstvo ovakvih ritualnih oblika iracionalno govori i činjenica da je njihova snaga pre svega čulne i emotivne prirode (zvuk, slika, ritam, pokret). Verbalni, najčešće pevani ili uzvikivani tekst u strukturi rituala često nije podložan logičkom razumevanju, a ponekad je i na jeziku koji je verbalno pastvi, odnosno učesnicima rituala delimično, ili čak potpuno nerazumljiv. To je slučaj sa nekim davnijim magijskim ili religijskim ritualima, ali i sa nekim i danas živim verskim obredima“<sup>23</sup>.

Dakle, ljudska potreba za izražavanjem emocija kroz glas, zvuk i melodiju je iskonska.

U antičkoj Grčkoj nastali su prvi oblici pozorišta. Iz žrtvenih rituala, zasnovanih na pjesmi i plesu, razvio se dijalog. Iz hora, izdvojio se jedan čovjek koji je pjevao nasuprot horu i koji je, po potrebi, glumio više likova. Uzvišena stanja i jake emocije, karakteristične za antičku tragediju, izražavane su kroz pjesmu. U pozorištu antičke Grčke sve likove glumili su muškarci i njihova tumačenja likova svih polova u tragedijama najvjerovatnije nisu bila podvrgnuta karikiranju. To ukazuje na vjerodostojnost glumačke transformacije, čiji veliki dio zauzima glasovna transformacija. Predstavljanje ženskog lika nije samo pitanje sposobnosti i odluke; glasovna transformacija glumca nastaje kao odraz potrebe i hrabrosti da vjeruje i da se upusti u takav glumački zadatak.

U srednjem vijeku uticaj crkve na umjetnost bio je veliki, pa se i pozorišna umjetnost bavila hrišćanskim temama. Pozicija glumaca bila je nezavidna: hrišćanstvo je glumce smatralo grešnicima, iako su se crkve služile inscenacijama biblijskih scena. Nasuprot tome razvijala se komedija, što je dovelo do razvitka komedije *del arte* u periodu renesanse. Glumačko umijeće zauzimalo je veći dio izvedbe, rekviziti i scenografije bili su skromni i likovi su bili tipski. Glumu ovog pozorišnog žanra karakterišu sredstva kojima se ne prikazuje i ne preživljava nikakva tragedija, što znači da su dijelom korištena artificijelna sredstva kako bi se postigao komičan efekat. Osnova glume bila je improvizacija, što znači da je svako izvođenje bilo drugačije, a jedino što je bilo isto su maske i tipovi likova. Akrobacije, ples, pjevanje i sviranje instrumenata su bili sredstva kojima su se glumci služili, kao i zvučni efekti koje su sami stvarali. Služili su se drastičnim oscilacijama u glasovnoj upotrebi.

<sup>23</sup> Rapajić, S. (2018). *Muzičko pozorište kao umetnička sinteza*. Beograd: Fakultet dramskih umetnosti, Institut za pozorište, film, radio i televiziju, str. 38.

Renesansu u Engleskoj, između ostalih, obilježio je i Šekspir. U tadašnjem *Globe* teatru, glumci se takođe nisu služili mnoštvom rekvizita i njihov posao bio je veoma zahtjevan. Kao i u periodu antičkog pozorišta, u elizabetanskom pozorištu sve uloge su tumačili muškarci, što je podrazumijevalo snažnu vokalnu tehniku. Osim tumačenja ženskih likova, zadatak za glumce bio je i prerusavanje, što je slučaj u Šekspirovim dramama *Kako vam drago* (1623), *Mnogo buke ni oko čega* (1623) i *Mletački trgovac* (1600).

U sedamnaestom vijeku razvila se opera, muzičko-scenski oblik u kom se radnja dominantno sprovodi kroz pjevanje. Opera je nastala kao pokušaj ponovnog stvaranja antičke drame i nije bila nalik ustaljenom obliku opere. Horovi su bili izdvojeni kao u antičkim dramama, i likovi su bili „uzvišeni, i klasno i moralno“<sup>24</sup>. Akcenat je bio na emocijama i njihovom dočaravanju, a tome je pomagao specifičan način pjevanja.

Posebna upotreba glasa razvila se u operi, jer kao sinteza različitih umjetnosti, opera raspolaze i raznolikim sredstvima. Rečitativ je bitan za razvoj dramske radnje, a arije su suprotnost rečitativa – one su odraz osjećanja, raspoloženja i svojim oblikom i načinom izvođenja se izdvajaju od ostalih elemenata opere. Razvijanjem opere uspostavila se operska gluma, koja se razlikuje od dramskog pristupa glumi, budući da se služi drugačijim sredstvima izražavanja, tj. uglavom pjevanjem. Posvećenost pjevanju i kvalitetnom stvaranju glasa donijela je značajna otkrića i za glumce čija je upotreba glasa, kao i kod pjevača, složenija i rizičnija nego kod ljudi koji se ne bave ovim profesijama.

Sredinom devetnaestog vijeka iz opere razvila se opereta. Za razliku od opere, opereta ima više govornog dijaloga, satiričnog i duhovitog je karaktera i obično je kraća od opere. Opereta se prepoznaje i kao prelazni oblik između opere i mjuzikla, u kom govorni dio glumačkog djelanja dobija veći prostor, a pjevanje i dalje biva istaknuto.

Krajem devetnaestog vijeka iz operete nastaju muzičke komedije, prvi oblici mjuzikla. Usloznavanjem društvenih okolnosti u prvoj polovini dvadesetog vijeka, muzička komedija više nije bila pogodan naziv, budući da se muzički teatar bavio snažnim, aktuelnim ljudskim temama koje su bile bitne za društvo. Muzički, tj. pjevački dio dobio je ozbiljniji karakter, jer su teme zahtijevale veći glumački, tj. unutarnji angažman. Mjuzikl, za razliku od operete, u sebi sadrži više govornih djelova, a kompozicije nisu samo zabavljčkog karaktera. Razvijanjem filma, i mjuzikl je stigao na bioskopska platna i tako postao bitan žanr i u filmu.

Krajem devetnaestog i početkom sljedećeg vijeka dolaze nove, bitne reforme za umjetnost glume. Stanislavski, Arto, Breht, Grotovski su među najbitnijim stvaralačima u oblasti glume i pozorišta. Ovi autori analiziraju glumčev rad i uvođe novitete u tehnike i pristupe glumi. Stvaralaštvo ovih umjetnika dovelo je do prepoznavanja važnosti glasa kao glumačkog instrumenta koji je prije svega odraz emocija i potreba.

Današnji glumci na akademijama dramskih umjetnosti sa prostora bivše Jugoslavije upoznati su sa osnovama vokalnog obrazovanja i učeni su da na različite načine koriste svoj glas. Savremeno doba i tehnologija nude glumcima mnoštvo

---

<sup>24</sup> Ibid., str. 44.

pomagala kako bi nastupali i bili bliži transformacijama, ali su zanatska priprema, svijest o glumačkom zadatku i kreativnost nezamjenjivi. Tako je nahsinhronizacija, na primjer, uspješna samo onda kada u njoj učestvuju glumci koji su u potpunosti prisutni i zainteresovani za film i temu, što se na kraju osjeti i doživi upravo preko glasa koji upotpunjuje sliku.

Komparativnom metodom su upoređeni različiti sistemi glume i različite vrste pozorišta i filma, kako bi se omogućilo istraživanje suštine glumačkog poziva, potrebe za glasom i njegove upotrebe.

Konstantin Stanislavski je napravio veliku reformu u umjetnosti glume, jer je prvi uspostavio sistem glume. Kao osnovni glumački orijentir uvodi pojam *osnovnog zadatka*: „... ovako ili onako, posrednim ili neposrednim putem zadatak djeluje na našu volju, on je izvanredan, omiljen naš mamac, pokretač stvaralačkog htenja i mi se njime svesrdno koristimo“<sup>25</sup>.

Kada je sposoban da sprovede glumačku radnju, glumac sam odstranjuje sve viškove i onemogućava publici maskiranje njegovog djelanja u nešto vještačko. U vezi sa tim, važno je pomenuti da je unutarne scensko samoosjećanje glumca neophodno i da su dobri glumci svjesni svoje glume. Dakle, *ulaženje u ulogu, uživljavanje u liku* i slična objašnjenja za glumčevu izvedbu nisu u potpunosti tačna i mogu dovesti do pogrešnog tumačenja glumačkog poziva. Koristeći se bilo kojim pristupom, dobar glumac svoj zadatak temeljno poznaje, jer je dao svoj kreativni, humani i umjetnički doprinos i svjestan svog angažmana, kao virtuoz može da barata svojim sredstvima i da osvaja nove granice svoje igre.

Uz pomoć velikih reformi koje su se desile na polju umjetnosti glume u XX vijeku, pojam glumačke transformacije se drugačije shvata i drugačije mu se pristupa. Teatralnost na kojoj se nekada insistiralo kod glumaca, sa napretkom tehnologije, razvijanjem filmske umjetnosti i novih pristupa pozorištu i glumi, prestala je da funkcioniše u svim žanrovima jer je publika prestala da vjeruje u istinitost glumačke igre.

Glumčeva nelagoda i neprijatnost ne mogu se sakriti, i na sceni su još upečatljiviji. Tijelo reaguje na osjećanja – mišići se grče, pa je pokret krut i glas neprirodan. Potpuno ostvarenje transformacije glumca je složen proces, jer glumac za instrument ima samog sebe i na njemu je sve uočljivo.

Na glumčevo iznalažanje puta u stvaranju uloge utiče i rediteljska ideja, žanr i koncept u koji je njegova uloga stavljena. Kada je riječ o žanru, glumac treba da bude, prije svega, vođen smislom teksta i teme kojom se bavi, a tek onda potpomognut sredstvima koja taj žanr nudi.

Velike reforme na polju umjetnosti glume i pozorišta unio je Bertold Breht. Svojim *epskim teatrom* definisao je i dodijelio pozorištu još jednu funkciju: da gledaoca učini aktivnim, kako bi razmišljao o sebi i društvu u kom se nalazi. Potpuno uživljavanje glumca u lik Breht smatra mučenjem i takozvani *četvrti zid* smatra pogrešnim načinom razdvajanja gledaoca od glumaca. Faktičnost postojanja samog teksta koji se izgovara, pozorišnih sredstava koja se upotrebljavaju, samog glumačkog prisustva u prostoru, proizvode dejstvo na publiku i ove elemente nije potrebno dodatno pocrtavati. Naravno, to ne znači da Breht piše o suvoparnom,

<sup>25</sup> Stanislavski, K. (1996), str. 310.

tehnički izvedenom pozorištu; naprotiv, on piše o pozorištu koje je društveno i politički angažovano i koje poziva publiku da, osim svojim prisustvom i doživljajem, učestvuje i svojim kritičkim razmišljanjem. Kao revolucionarnu pozorišnu strategiju, Breht stvara efekat začudnosti ili *Verfremdung*, na kom počiva njegovo *epsko pozorište*.

„Efekat začudnosti otvara nam oči, vidimo da situacija nije tako obična i jednostavna kako smo mislili, shvatamo da je ne razumemo, ili da je nismo razumeli dobro. Tek tada smo u stanju da o njoj razmišljamo objektivno, i da je razumemo onako kako treba. Efekat začudnosti je osnova svakog kritičkog mišljenja. Da se Njuti nije upitao zašto je jabuka pala sa drveta na zemlju, a nije umesto toga odletela u vazduh, zakon gravitacije nikada ne bi bio formulisan“<sup>26</sup>.

Interesantno je Brehtovo viđenje glumca koji pjeva. Nema *proživljavanja* o kom piše Stanislavski, glumac mora biti svjestan kada govori trijeznim govorom, povišenim govorom ili kada pjeva<sup>27</sup>. „Glumac mora da prikazuje pjevača, a ne da samo pjeva“<sup>28</sup>. Naglašavanje osjećanja koje pjesma nosi je suvišno – sama po sebi pjesma, tj. njena melodija i tekst su smislen sadržaj. Melodija ne mora biti slijepo praćena, jer glumac mora tumačiti tekst, pa u kombinaciji sa muzikom od koje nužno ne zavisi, taj tekst proizvodi posebno dejstvo na publiku. Poklapanje sa melodijom muzike onda znači da se nešto naglašava i da je posebno važno, pa u tom slučaju glumac pokazuje da je svjestan da naglašava određeni sadržaj jer prelazi na pjevanje.

O načelima upotrebe songa u brehtovskom pozorištu piše i Rapajić:

„Glumci su u songovima izlazili iz okolnosti dramske radnje i iz trenutnih oznaka svojih likova i obraćali se gledalištu u funkciji predstavnika pisca, komentarom, porukom, poređenjem, metaforom. Poništavajući kontinuitet radnje i scensku iluziju glumci su bili u funkciji drevnog rapsoda ili modernog pripovedača u epskoj umetnosti, koji citira delujuća lica, a zatim se vraća u poziciju pripovedača, dajući svoj komentar, zaključak, deskripciju, pouku, da bi se potom opet ponovo vratio u konkretnu akciju“<sup>29</sup>.

Svaki uzdah, krik ili bilo koji zvuk koji glumac proizvede, funkcioniše i tačan je samo onda kada dolazi iz potrebe i kada je smislen. Spontanost glumci često pokušavaju postići dodavanjem uzdaha ili izmjenama u govoru kao što su mucanje, zastajkivanje ili produžavanje pojedinih glasova. U određenoj mjeri, ovakav pristup može zaista proizvesti spontanost, ali treba pronaći upravo mjeru u kojoj funkcioniše.

Konkretne vježbe za traženje glasova i zvukova predlaže i Grotovski. U knjizi *Ka siromašnom pozorištu* zabilježen je niz korisnih vježbi za glumce, među kojima su i vježbe u kojima glumac istražuje pokušavajući da proizvede različite zvukove koji nisu riječi. Kao polje u kom glumac nije ograničen, ove vježbe omogućavaju glumcu da otkrije nove granice svog glasovnog, a i glumačkog dijapazona. Pokušavajući da glas *pošalje* u određenom smjeru, oponaša zvuke životinja,

<sup>26</sup> Selenić, S. (1971). *Dramski pravci XX veka*. Beograd: Umetnička akademija u Beogradu, str. 79.

<sup>27</sup> Bertold, B. (1966). *Dijalektika u teatru*. (Suvin D, prev.). Beograd: Nolit, str. 48.

<sup>28</sup> Ibid., str. 49.

<sup>29</sup> Rapajić, S. (2018), str. 152.



proizvodi zvuke oslanjajući se na disanje ili da proizvodi zvuke po potrebi u odnosu na pokret, glumac biva rasterećen obaveze da interpretira određeni sadržaj. Prilikom izvođenja navedenih vježbi, glumac se rasterećuje pitanja *Šta?*, jer *Šta* biva ono što glumac sam po sebi jeste u datom trenutku, pa *Kako?* se rješava prirodno, potpuno spontano. Zvuci koji tada nastaju, nastaju iz potrebe i mogu poslužiti kao inspiracija i polazište za građenje sekvence ili čak za ostvarivanje glumačkog zadatka u potpunosti.

Artoova ideja o *Pozorištu surovosti* inspirisana je ritualima, tačnije bali-nežanskim pozorištem. *Pozorište surovosti* je pozorište spektakla u kom pokret, ples, muzika i zvuci imaju važnu ulogu. Svaki zvuk nastao prilikom glumčevog puta ka i u toku mogućeg transa je koristan, dok upotrebi riječi treba prići veoma pažljivo, pogotovo uzevši u obzir njihovu pretjeranu i nepotrebnu upotrebu, kako smatra Arto.

„Nije reč o tome da se ukine artikulisana reč, već da se rečima dâ otprilike onaj značaj koji one imaju u snovima. Zato treba pronaći neke nove načine da se zabeleži taj jezik bilo da se znaci uzmu iz muzičke transkripcije, bilo da se koristi neka vrsta šifrovanog jezika.“<sup>30</sup>

Posmatran sa strane, krik, vrisak ili bilo koji zvuk koji čovjek proizvede prilikom naglašenih emocija uopšte ne zvuči neprirodno. Ipak, kada se pokušava pokazati osjećanje, ovi zvuci tada postaju čista ilustracija. Kada glumac osjeća da ne uspijeva da sprovede glumačku radnju u potpunosti, da je bez unutarnje radnje – da ne može proizvesti osjećanja koja inače u određenoj ulozi sprovodi, treba da se drži određene partiture postupaka koju je prethodno odredio i da ne sili intenzitet upotrebe glasa. Tako neće imati potrebe za usiljenim vrištanjem ili glasnim uzdasima.

I opet, glavno polazište je polazište koje je unutra – potreba. Svaka napisana riječ za glumca je izazov, pa to treba da bude i svaki pokret i svaki zvuk koji proizvede. Tu leži rizik koji nudi izlazak iz zone komfora, ali i iznenađujuće rezultate koji trajno mogu uticati na glumčevo stvaralaštvo.

Metodološki alati koji se bave konkretnim iskustvima upotrebe glumačkog glasa su: posmatranje s učestvovanjem, terensko istraživanje, eksperiment i intervju. Analizom kroz posmatranje i učestvovanje u procesu proba, načina i dinamike rada na predstavama *Tobelija*, *mimikrija* i *Kapital*, ukazuje se na postojanje promjena i napredak u upotrebi glasa kod glumaca. Ove predstave su istraživane i tehnikom terenskog istraživanja, koje se odnosi na istraživanje rada glumaca pojedinačno, saradnju glumaca, reditelja i saradnika, u cilju istraživanja glumačkog kreativnog procesa i uticaja radnog okruženja na glas. Eksperiment u toku rada na pomenutim predstavama usmjeren je ka istraživanju novih vokalnih sposobnosti glumaca, kao i ka istraživanju nastajanja glumačke radnje sprovedene glasom. Ovaj dio rada takođe analizira glumački stvaralački proces i napredak; teme kojima se pomenute predstave bave, tadašnje glumačko iskustvo i talenat su uključeni u analizu.

*Kapital*, nastao 2018. u režiji Andraša Urbana, i *Tobelija, mimikrija*, nastala 2021. godine u režiji Mirjane Medojević, jesu predstave nastale u produkciji

<sup>30</sup> Arto, A. (2010), str. 93.



Kraljevskog pozorišta *Zetski dom*. Akcentovanjem da umjetnost treba biti *živa*, aktualna, potresna i potrebna, pomenuti reditelji su posebnim pristupima stvorili predstave koje osim umjetničkog, imaju i veliki značaj za glumce. Inspirirani temama koje su služile kao osnova, i reditelji i glumci su imali prostor za razvijanje sposobnosti, izražavanje sopstvenih umjetničkih potreba i unošenje inovacija u pozorišnu praksu.

„Mi smo krenuli od *Kapitala* sa izrazitim ciljem da pojasnimo određene termine i pojmove, da ne govorimo više u vazduh, već da nam bude jasno o čemu govorimo, da odredimo taj prostor, koji bismo nazvali nekim našim životom u savremenom svijetu. Čovjek se bavi preispitivanjem, ne lokalno, već u vremenu u kom postojimo. Stvarnost je samo inspiracija. Smisao svake umjetnosti je da dovodimo u pitanje sebe i određene pojmove“, izjavio je reditelj Andraš Urban.<sup>31</sup>

Kapitalizam koji je i čovjeka pretvorio u robu je osnovna tema predstave *Kapital*. Na audiciji uloge su dobila četiri studenta glume druge godine Fakulteta dramskih umjetnosti Cetinje: Jelena Šestović, Pavle Prelević, Stevan Vuković i Jelena Laban, autorka ovog rada. Odabir studenata glume za reditelja je predstavljao izazov, ali i dodatnu motivaciju za pronalaženje snage i posvećenosti u radu. Polazište za rad na ovoj predstavi je djelo Karla Marksa, *Kapital* (1867), pa su glumci u početnoj fazi rada na predstavi bili upoznati sa osnovama ovog djela.

Stavovi i iskustva glumaca u današnjem svijetu kapitalizma su imali udjela tokom stvaranja materijala, kao i u formiranja glasa koji predstavlja borbu mladih ljudi za humanost i ravnopravnost. Nakon upoznavanja sa osnovnim pojmovima teorije kapitalizma, probe su postajale duže i zahtjevnije: glumci su svakog dana improvizovali na zadate teme. Pri zadavanju zadataka za improvizacije, naglašeno je da one treba da budu nalik performansu. Uživljavanje u lika i građenje karaktera za ove improvizacije nisu bili potrebni, već ih je trebalo zasnovati na sopstvenom doživljaju zadatih tema. Kako režiju Andraša Urbana karakterišu bunt, buka i društveno-politička angažovanost, tako su i teme za improvizaciju bile ovog karaktera. Osnovni zadatak za glumce bio je da se stave u različite kritičke funkcije kako bi naglasili nepravdu nastalu dejstvom viševjekovne dehumanizacije. Rad na predstavi od glumaca je zahtijevao da promisle o svom položaju u kapitalističkom svijetu u kom žive i o svom društvenom statusu, da se osvrnu na istoriju i različite faze društvenih uređenja i da čvrsto zastupaju različite stavove.

Djelovi Marksovog *Kapitala* se u predstavi *Kapital* nalaze između ostalog teksta koji je obiman. Tekst predstave se nadograđivao i mijenjao tokom proba, tako da je konačna verzija teksta bila gotova par dana pred premijeru, što je značilo da su glumci konstantno morali da rade na pripremi teksta. Posebno upečatljivi su monolozi u ovoj predstavi. U glumačkom izrazu reditelj je insistirao na glasnoci: ne samo na vikanju i glasnom govorenju u pojedinim momentima, već na potrebi da taj tekst bude izgovoren ili otpjevan.

Specifičnost predstave *Kapital* je količina muzike koja je prisutna; kompozitorica Irena Popović Dragović je komponovala muziku za ovu predstavu, za koju Iva Čukić Šoškić u svojoj kritici piše: „Bijes glumaca miješao se sa 'bijesom' instrumenata i moguće je da je muzika zaslužna za to što publika sa znatiželjom

<sup>31</sup> Izvor: <https://zetskidom.me/show-item/kapital/> (Pristup: maj 2022.)

sluša filozofsko-političke ideja stare preko 150 godina<sup>32</sup>. Tokom trajanja predstave, sve vrijeme na sceni su pijanista, bubnjar, gitarista i bas gitarista i dejstvo muzike na glumce je snažno, jer ni u jednom trenutku ne dozvoljava odsustvo snage i energije, sem onda kada je to rediteljski osmišljeno.

Buka koju je reditelj želio da sprovede treba da bude odraz pobune i snage. Muzika u *Kapitalu* žanra je koji traži jasnoću i glasnost pri pjevanju i govorenju teksta, ali i bliskost sa tekstem i temama kojima se bavi. Kao studenti druge godine, glumci su se susreli za pozorišnim pristupom u kom se obraćaju direktno publici, glasno i hrabro. Brehtovim pristupom u kom se tekst i songovi smjenjuju i bivaju upućeni publici, koristio se i Urban. Društveni angažman koji podrazumijeva Brehtovo pozorište išao je Urbanu u korist, jer *Kapital* kao temu ima jednu od najvećih problema civilizacije – dehumanizaciju. Svakom novom probom glumcima je izazov bio da približe značenje teksta svojim potrebama, kao i da savladaju količinu i raspored teksta i muzike. Stavljajući songove i djelove teksta u različite kritičke uloge, Urban je i glumce uveo u spoznavanje neophodnosti da u odnosu na funkciju scene ili songa i oni moraju biti svjesni promjene svog zadatka.

Učestvovanje u stvaranju materijala omogućio je glumcima da isprobaju nove strategije u koje su usmjerili svoju kreativnost. Sloboda koju su imali u upotrebi elemenata ohrabrila ih je da vjeruju u svoje sposobnosti i mogućnosti i da se ne zaustavljaju u otkrivanju. Edukativna uloga rediteljevog pristupa obuhvata analizu materijala, ali i upoznavanje sa drugačijim pristupom koji glumcu ne dozvoljava *sakrivanje* iza lika, već ga, kao ljudsko biće, stavlja u srž teme. U toku kreativnog procesa, glumci su imali probleme u razumijevanju i prihvatanju ovakvog pristupa. Budući da su bili početnici, vodeći se željom za učenjem i potrebom da budu tu gdje jesu, glumci su osvojili principe preko kojih se Urbanova rediteljska ideja ostvaruje.

*Tobelija*, dramski tekst Ljubomira Đurkovića, polazište je za predstavu *Tobelija, mimikrija* koja je nastala 2021. godine u režiji Mirjane Medojević, a u produkciji Kraljevskog pozorišta *Zetski dom*.

Osnovni princip u radu na ovoj predstavi bio je postepeno uvođenje elemenata kao znakova. Svaki element uspostavljan je uz kontakt sa publikom kako bi postao pozorišni znak. Na početku proba, taj pristup radu trebalo je usvojiti kao princip, što je većini glumaca bilo novo i nepoznato. Dijeljenje sadržaja sa publikom, a pritom ne određivati i ne interpretirati taj sadržaj kao jednoličan, tokom cjelokupnog procesa proba je ostalo izazov. Prvo je potrebno demistifikovati svaki sadržaj, a zatim mu, u obliku u kakvom sam po sebi jeste, dozvoliti da se razvija i postane višeznačan.

*Tobelija* Ljuba Đurkovića je tim principom služila kao inspiracija za građenje sadržaja. U početnim probama likovi iz ove drame su uvedeni, kao i odnos glumac – lik. Na brehtovski način glumci su se odnosili prema Đurkovićevom tekstu; dakle, uz distancu od lika u pojedinim momentima. Takvim pristupom, publika se ne zanemaruje, već postaje dio događaja koji se dešava pred njom. Međutim, kao i za uvođenje svakog elementa, rediteljka se nije zaustavljala na ovom odnosu, pa je materijal počeo da se razvija u više smjerova.

<sup>32</sup> Izvor: <https://peripetija.me/critic.129.critic.html> (Pristup: maj 2022)

Radnja predstave se ne može jasno prepričati, niti postoje čvrsto određeni likovi, ali to ne znači da su glumci lišeni osjećanja, sopstvenih doživljaja i svoje linije radnje. Naslov predstave *Tobelija, mimikrija* proizašao je iz metamorfoza koje se dešavaju unutar glumačkih linija radnji. Svaka zasebna linija radnje je višeznačna i autentična, pa su glumci tokom proba izgubili potrebu da budu upečatljivi, primijećeni, značajni – jer su to sami po sebi već i postali.

Dio muzike korišten u predstavi je već postojao, jer se upotrebljavaju poznate numere kao dio scena. Ostali dio muzike nastao je u saradnji sa slovenačkim muzičarem Iztokom Korenom, a u pjevanim kompozicija uglavnom je učestvovala autorka ovog rada. Nekoliko domaćih narodnih pjesama dobilo je novi aranžman i drugačiju interpretaciju, pa su ove kompozicije takođe upotrijebljene kao bitan element u scenama. Osim muzike nastale sa Korenom, i tonski zapisi akapela pjevanja i vokalnih improvizacija, glumice su takođe dobili svoju mjesto u predstavi.

Eksperimentalnim pristupom u *Tobeliji, mimikriji* stvorene su glumačke uloge. Kroz organiku kao osnovu, istraživanje rada na ovoj predstavi pokazalo je da glumac ulogu može graditi podjednako vjerodostojno i plodonosno i putem eksperimenta koji se oslanja na performans. Brojne improvizacije nastale tokom proba glumce su ohrabrile da oslušuju, traže nova rješenja, da budu dio mimikrije.

Emocije koje su osnova glavnih punktova u predstavi utiču na glas, izmještajući ga iz osnovnog registra ne narušavajući impostaciju. Podrška zagrijanog daha i glasa, podržale su istraživanje granica glasovnog opsega i istraživanje ostvarivanja glumačke radnje kroz zvuk koji nije pjevan niti uobličen u govor. *Bojenje* glasa se pokazalo plodonosnim kada je riječ o istraživanju različitih zvukova, pa su nastale muzičke *slike* koje su zajedno sa vizuelnim sadržajem, publici dozvolili da sama doživi, skroji i poveže djelove predstave.

Uticaj okruženja odrazio se i na glumce; otklon, bojazan od nepoznatog i nesigurnost postepeno su nestajali kako su se probe primicale premijeri. Svakako, svaki glumac je imao svoj kreativni proces u kom je otkrio novitete, ali kod svih glumaca ističe se potreba za distanciranjem od tuđih kreativnih procesa. U slučaju *Tobelije, mimikrije* ova distanca pokazala se kao korisna, jer su se glumci u toku proba suočavali sa novim i starim izazovima i problemima u stvaranju, a intenzivan rad, količinski i unutarnjim angažmanom, pomogao je da se ovi problemi brzo riješe i da se izgradi vjera u smisao predstave.

Nasuprot *Kapitalu*, rad na *Tobeliji, mimikriji* dokazuje i da višegodišnje glumačko iskustvo glumaca ne garantuje poznavanje svake vrste materijala i žanra. Ovo istraživanje dokazuje da je gluma uvijek ponovno istraživanje, pa da se i glas mora uvijek iznova tražiti, pa i tamo gdje može djelovati kao da ne postoji.

Tehnikom intervjuja sakupljene su informacije o funkciji glasa u pozorištu, dinamici glumačkog procesa iz drugačijeg ugla i potrebama umjetnika za glasom u različitim oblicima, a sve u cilju ukazivanja na značaj i moć glasa glumca. Kompozitorica Nina Perović o komponovanju muzike za pozorišne predstave kaže:

„Direktno je moj kompozitorski rad bio podstaknut dešavanjem i svim promjenama i zbivanjima u toku predstave. Ta muzika nikad nije nastajala kao neko tijelo po sebi, nego je uvijek bila sastavni dio te predstave, tog procesa. To je uti-

calo na odabir muzičkog jezika, znači na odabir stila. Muzika je bila uslovljena i rediteljskom idejom, rediteljskim afinitetima kao i afinitetima glumaca<sup>33</sup>.

Kada je riječ o pjevanju, bitno je podsjetiti da glumac nije pjevač i da njegovo pjevanje ne treba da teži pjevanju pjevača.

„Mi to uzimamo previše zdravo za gotovo; imaš sluha, nemaš sluha. U našoj tradiciji postoji instrument gusle, koji se svodi na mikrotonalnu strukturu odnosa tonova koje jedan guslar u sklopu melodije interpretira. Guslar može da bude neko ko nema sluha, u smislu da neće pogoditi intonaciju pjesme Adel, ali će i te kako znati da otpjeva to što treba tim guslama i da kaže i prenese u interpretativnom smislu, u emociji, mnogo više nego neko ko zna da pjeva u temperovanom sistemu, ali prosto ne sadrži neku drugu vrstu interpretativnog potencijala. U tom smislu, raditi sa glumcem koji ima ili nema sluha, ne znači baš ništa. Po meni to nisu kategorije koje su toliko važne“<sup>34</sup>.

## REZULTATI

Postojeća literatura i istraživanja na polju glasa glumca nisu uspjeli da ponude precizan odgovor na pitanje: „Šta je glas glumca?“. Fenomen glasa, pogotovo kada je upotrijebljen u profesionalne svrhe, dobija novu, umjetničku dimenziju koja ga ne svodi samo na instrument. Istraživajući promjene u upotrebi glasa kod glumaca, koje su prije svega zasnovane na psihičkim i kreativnim procesima, u ovom radu upotrijebljena je literatura koja pomaže razumijevanju nastanka glasa kao zvuka i kao sprovodnika namjera i osjećanja.

Osvrtom na upotrebu glasa kroz istorijski razvitak glume može se primijetiti da je potreba za uobličavanjem umjetničkog sadržaja sprovedena kroz glas koji nije primarno korišten za pjevanje. Umjetnici su oduvijek tražili načine na koje će njihov unutarnji svijet moći da se ispolji – glumci su tražili odgovarajući glas i pokret.

Umjetnost glume biva umjetnost zbog glumačkog kreativnog procesa koji je osoben za svakog glumca. Put kojim je glumac stvorio svoju ulogu može biti dostupan publici, kao dio predstave ili filma, a ako nije dostupan, ne mora da znači da je jednostavan. Umjetnost je u prostoru između stvaraoaca i njegovog djela, pa ovaj rad naglašava značaj nastanka zvučnog identiteta glumca, sa akcentom na neodvojivost glumca od otjelotvorenja svog kreativnog procesa.

Istraživanje sprovedeno ovim radom potvrđuje da je oslobađanje glasa komplikovan korak, pogotovo kada je glumac neiskusna na polju vokalne tehnike. Zaključuje se da brojni faktori utiču na formiranje glasa, među kojima su najbitniji oni koji djeluju na psihu. Motivacija može pomoći početniku da prevaziđe prepreke u fonaciji i da proširi svoje glasovne mogućnosti, koje mogu poboljšati i obogatiti glumačku igru. Primjećuje se i da su spoljni psihološko-socijalni faktori veoma uticajni u glumačkom kreativnom procesu i njihov uticaj može biti primijećen i kroz formiranje zvučnog identiteta lika, budući da se glumčeva kreativnost uobličava kroz komunikaciju sa drugima. Psihički procesi glumca ne smiju ostati

<sup>33</sup> Perović, Nina (2022), intervju/personalna komunikacija, Podgorica, 1. jun.

<sup>34</sup> Ibid.

zanemareni prilikom analize njegovog djelanja, pa ovaj rad naglašava važnost svih faktora koji utiču na motivaciju i kreativnost glumca.

Upoznavanjem osnova građe organa za proizvodnju glasa i njihovih mehanizama funkcionisanja, glumci mogu imati bolji uvid u svoje djelanje, što ovaj rad i dokazuje. Istraživanja korištena u ovom radu ukazuju na to da glumci dovoljno ne poznaju način na koji glas funkcionise i da nemaju znanje potrebno za održavanje njegovog zdravlja. Najčešće je glas izložen uticaju stresa i umora, pa je naročito bitno za glumce da prepoznaju greške prilikom upotrebe glasa.

Rizik koji nosi snažna unutarnja radnja je taj da glas može trpiti napor i oštećenje. Podržan sopstvenom motivacijom i emocijama uloge, glumac može prevazići probleme u glasu, ali takav pristup može naškoditi glasu. Veći problem nastaje onda kada glumac nema emotivno uporište na kom gradi ulogu, pa nedostatak iste nadomještava nepravilnom upotrebom glasa. Nepotrebno i neosnovano vikanje, s jedne, ili, osmišljeno *lijepo govorenje*, s druge strane, znak su da se glumac ne snalazi u ispunjenju svog zadatka ili da se ne usuđuje ni da proba.

U vezi sa tim, ovaj rad ističe bitnu razliku između pjevanja uopšte i pjevanja glumca. Svaka pjevana kompozicija u predstavi ili na filmu, za glumca treba da bude jednaka bilo kom materijalu na kom radi. Radnja, glumački zadatak i uloga su elementi na kojima počiva glumačko djelanje i oni moraju biti sprovedeni i kroz songove, ne umanjujući važnost dobre vokalne pripreme i vježbe.

Određenja teksta, žanra ili rediteljskog stila glumcu ne treba da predstavljaju ograničenja, već smjernice koje će ga uputiti na polje u kom će moći da stvori uloge interesantnih i autentičnih zvučnih identiteta. Otpor koji se u glumcima javlja prilikom susreta sa nečim nepoznatim i izazovnim naročito je primjetan u upotrebi glasa. Učestvovanje u predstavama *Tobelija*, *mimikrija* i *Kapital* omogućilo je da se glumački kreativni proces velikim dijelom usmjeri ka suočavanju sa preprekama koje su bitno uticale na kreiranje zvučnog identiteta glumaca. Glumci su otkrili nove glasovne mogućnosti, jer su otkrili svoje nove glumačke mogućnosti. Način na koji se pristupilo istraživanju upotrebe glasa i funkcije koje su glasu dodijeljene, mogu poslužiti kao motivacija glumcima da dalje istražuju svoj glas. Za glumačka rješenja ne postoji recept, pa ovaj rad podstiče istraživanje upotrebe glasa kroz oslanjanje na sopstvene intimne i umjetničke tendencije.

Unutarnja glumačka radnja sprovedena kroz impostiran glas, stabilan dah, ozvučenost i dobru artikulaciju i razumljivost, čini virtuoznost.

Briga o glasu i dobra priprema pred predstavu mogu glumcu otkriti nove granice njegove igre. *Kapital* je omogućio glumcima da upoznaju različite funkcije pjevanja i da se, možda po prvi put, usude da pjevaju kao glumci. Nakon formirane uloge, stečenog iskustva tokom proba i igranja, nastalo je samopouzdanje koje je motivisalo glumce da iznova istražuju svoje sposobnosti. Tako su pojedini glumci imali potrebu da budu glasniji, artikulisaniji i hrabriji u sprovođenju unutarnje radnje kroz svoj glas. Zajednički songovi postali su razumljiviji, efektniji i u glumačkom izvođenju zreliji. Promjene intonacije, glasnoće, intenziteta su prestale biti nestabilne onda kada su glumci u potpunosti vjerovali u svoj zadatak. „Svi na kraju zapevaju. Neko malo bolje, ali je najbitnije da pevaju i da veruju u to“<sup>35</sup>, rekla je Popović Dragović.

<sup>35</sup> Popović Dragović, Irena (2022), intervjuisala Olivera Milošević, *Metamorfoze*, RTS, 27. februar.

Zvučni identitet *Tobelije, mimikrije* upotpunjuje i glumački angažman u upotrebi glasa van pjevanja. Medojevićeva je glumačko umijeće istraživala i u ovom njegovom aspektu. U toku improvizacija na probama, rad na glasu je bio usmjeren ka istraživanju. Zvukovi nastali u toku pokreta, izazvani asocijacijama, emocijama ili u cilju izgrađivanja većeg sadržaja postali su dio predstave.

Bitno je napomenuti da su dobra vokalna tehnika i okruženje uticali na pravilnu i kvalitetnu upotrebu glasa u predstavi *Tobelija, mimikrija*. Glumci su sa oprezom pristupali upotrebi glasa i svaki napor bio je prepoznat, pa do oštećenja nije dolazilo, što nije slučaj prilikom rada na predstavi *Kapital*. Glumačko iskustvo stečeno u međuvremenu omogućilo je glumcima da smjelije razvijaju unutarnju radnju, te da je vješto uobličavaju kroz svoj glas.

Svijest o upotrebi glasa, prepoznavanje svojih potencijala i problema u vezi sa glasom i glumom uopšte, stvorili su da jedan od rezultata ovog istraživanja bude unaprijeđen i obogaćen pristup upotrebi glasa. Zvučni identitet glumca, kao pojam uveden u ovaj rad, predstavlja mnogo više od glumačke upotrebe glasa, već biva i poseban aspekt glumačkog djelanja koji se analizira i kroz različite faktore koji na njega utiču. Poznavanjem unutarnjih i spoljnih uticaja na glas, rezultat ovog istraživanja ogleda se i u boljem poznavanju sopstvenog glumačkog bića kroz otkrivanje slabosti i tendencija u građenju svog zvučnog identiteta.

Sa aspekta vokalne tehnike, ovaj rad kroz teoriju i praktičnu primjenu dokazuje neophodnost njege glasa i poznavanja tehnike. Dobro zdravstveno stanje je bitno, ali glumački glas ne može biti fleksibilan za istraživanje i unapređivanje bez redovnog vokalnog treninga.

Stručno-umjetnički doprinos ovog rada ogleda se u povezivanju više umjetnosti (glume, pozorišta, filma, muzike), kao i u povezivanju glumačkog djelanja sa teorijama i istraživanjima iz drugih oblasti, primarno medicine i psihologije. Ove veze dokazuju višestranost glumačke umjetnosti i važnost analize glumačkog djelanja iz različitih uglova, što može biti veoma korisno za glumce.

Podržavanjem glumaca da njeguju kompletno svoje kreativno biće, ovaj rad podržava glumce u oslobađanju od strahova koji se javljaju pri susretu sa nepoznatim pristupima. Kao jedan od pokazatelja pozitivnih ishoda glumačkog kreativnog procesa je *oslobođen* glas, koji ovaj rad posmatra kao pojavu složeniju od kvalitetne tehnike. Stoga, ovaj rad ohrabruje glumce da istražuju svoje glasovne mogućnosti kroz sprovođenje glumačke radnje, s akcentom na isprobavanje nepoznatih i otkrivanje novih metoda.

Istraživanjem songova kao forme koja je često prisutna u pozorištu i na filmu, ovaj rad ističe da je svijest o glumačkoj radnji u toku songa neophodna. Song i pjevanje bivaju samo jedan od oblika u kojima se glumačka radnja može naći, pa je jedan od rezultata ovog istraživanja i otkriće da već postojeće muzičke odrednice ne moraju biti precizno praćene da bi song imao svoje potpuno dejstvo. Dinamika u upotrebi glasa može se uspostaviti i spontano, oslanjajući se na sopstvenu organiku i osjećaj o radnji. Eksperimentalni pristup glumačkom stvaranju se u ovom radu podržava, pa i onda kada postoji određena struktura koja je osnova.



## DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Ograničenja koja su se pojavila u toku stvaranja ovog rada i u istraživačkom dijelu u vezi su sa onim dijelom glumačkog djelanja koji se ne može definisati u potpunosti. Iako je praktični dio istraživanja ispitao teorijske osnove određenih pristupa glumi i upotrebe glasa, ipak se ne može tvrditi da bi praktično iskustvo autorke rada bilo korisno na isti način za svakog glumca. Samim tim, ovo ograničenje dokazuje delikatnost glumačkog bića i, konkretno, njegovog glasa.

Metodološko ograničenje ovog rada je to što je rad nastao iz glumačke vizure. Stoga, ovim radom na dalja istraživanja pozivaju se istraživači iz drugih oblasti koji mogu istraživati odnos glumca i glasa. Istraživanje uticaja dinamike psiholoških procesa glumca na glas je široko polje, pa je važno i korisno za glumce da prikupe znanja iz različitih oblasti koja bi unaprijedila njihovu umjetnost.

Među zaključcima ovog rada ističe se taj da rezultat ne treba da bude cilj. Poenta glumačkog djelanja je onaj prostor u kom radnja postaje, gdje postoje odrednice, ali nikada rezultat. Pronalaženje, isprobavanje, otkrivanje, oslobađanje i sve to što čini kreativni i stvaralački proces, neminovno će biti dio glumačke radnje onda kad glumačko djelanje ne bude usmjereno ka određenom rezultatu, već ka suštini glumačkog zadatka.

Na kraju, kao najbitniji pojam ističe se *potreba*, kao ono što je zajednička osnova unutarnjoj glumačkoj radnji i glasu. Glas nastaje iz potrebe koja je u unutarnjoj radnji, i kao nestalna, unutarnja radnja glasom izražava svoju dinamiku. Posmatranje glasa kao instrumenta koji je konstantan može odvesti glumca u pogrešnom smjeru, pa je potrebno glasu pristupiti i posmatrati ga kao biće. Biće zahtijeva njegu i usmjerenje, ali dio njega uvijek ostaje neotkriven. Njegovom i vjeron u ono što mu je prirodno dato, glumac dopušta svom glasu da se razvija i da preko njega iznova otkriva o svom cjelokupnom glumačkom biću.



## LITERATURA

- Arto, A. (2010). *Pozorište i njegov dvojniki*. (Miočinović M., prev.). Beograd: Utopia.
- Beri, S. (2008). *Glas i glumac*. (Ilić D., preveo). Beograd: Studio Lirica.
- Bertold, B. (1966). *Dijalektika u teatru*. (Suvin D, preveo). Beograd: Nolit.
- Goulart, B. N., & Vilanova, J. R. (2011). *Professional theatre actors: environmental and socio-occupational use of voice*. Sao Paulo: Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, 23(3), 271-276.
- Grujić-Erenrajh, Lj. (1995). *Glasovno obrazovanje glumca* (2. izd.). Beograd: Univerzitet umetnosti u Beogradu.
- Hammond, Jacqueline & Edelmann, Robert. (1991). „The act of being: Personality characteristics of professional actors, amateur actors and non-actors“. In G. D. Wilson (Ed.), *Psychology and performing arts* (pp. 123–131). Swets & Zeitlinger Publishers.
- Marković, M. (2002). *Glas glumca*. Beograd: Clio.
- Pavela Banai, I. (2017). *Voice in different phases of menstrual cycle among naturally cycling women and users of hormonal contraceptives*. PLoS ONE, 12(8) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183462>
- Pavela Banai, I. i Banai, B. (2019). *Odnos akustičkih karakteristika glasa žena i samoprocjena osobina ličnosti*. Zagreb: Društvena istraživanja, 28 (2), 249–269.
- Pavis, P. (2021). *Rečnik izvođenja i savremenog pozorišta*. Beograd: Clio.
- Perović, Nina (2022). intervju/personalna komunikacija, Podgorica, 1. jun.
- Popović Dragović, Irena (2022). Intervjuisala Olivera Milošević. *Metamorfoze*, RTS, 27. februar.
- Prebil, N., Hočevar Boltežar, I. & Šereg Bahar, M. (2020). *Risk Factors for Voice Problems in Professional Actors and Singers*. Ljubljana: Slovenian Journal of Public Health, 59(2) 92-98.
- Rapajić, S. (2018). *Muzičko pozorište kao umetnička sinteza*. Beograd: Fakultet dramskih umetnosti, Institut za pozorište, film, radio i televiziju.
- Selenić, S. (1971). *Dramski pravci XX veka*. Beograd: Umetnička akademija u Beogradu.
- Stanislavski, K. (1996). *Sistem*. Beograd: Skripta internacional: Akademija umetnosti.
- Vitkai Kučera, A. (2012). *Karakteristike glasa i metodički pristupi razvoju glasa u funkciji profesionalnih aktivnosti* (doktorska disertacija). Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu.
- Živanović Đ., Đorđević B. i Vasić S. (1979). *Dikcijske teme*. Beograd: Univerzitet umetnosti u Beogradu.

## PRILOZI



**Prilog 1:** Predstava Kapital (Miljanić D., 2018)



**Prilog 2:** Predstava Tobelija, mimikrija (Kršić F., 2021)

**Jelena LABAN**

**THE ARTISTIC FUNCTION OF THE VOICE OR THE CREATION OF AN ACTOR'S  
SOUND IDENTITY (THE EXPERIENCE OF CREATING A VOICE IN THE PLAYS  
"TOBELIA, MIMICRY" AND "CAPITAL")**

**Abstract:** An actor's voice has been an inspiring field for research since the emergence of the art of acting, thus the starting point of this paper is the need to research the changes in an actor's expression, that are manifested through voice. By analyzing actor's creative process, psychological and social factors and physical disrupters during the use of voice, the goal of this research is to explore and examine the causes of change in the voice of the actor. Emphasizing inner action as the main initiator of acting, artistic research that was conducted within this paper is an inquiry into the application of theoretical knowledge of the use of voice. The results show that expanded vocal capabilities were created as a consequence of improved and enriched artistic and creative acting scope. As a fruitful and inspiring way to improve one's acting being and voice, this research, through its artistic and professional contribution, highlights the necessity of continuous work on the voice that reflects in vocal training, nurturing of the voice and exploring and trying out new methods in creating.

**Keywords:** voice, inner action, sound identity, voice transformation, song, creative process



## Fakultet dramskih umjetnosti

**JELENA LABAN**, rođena 22. maja 1998. godine na Cetinju. Završila je gimnaziju „Slobodan Škerović“ u Podgorici; potom, osnovne i master studije glume na Fakultetu dramskih umjetnosti, u klasi profesora Branislava Mićunovića. U januaru 2021. godine postala je stalni član ansambla Kraljevskog pozorišta *Zetski dom*. Nagrade: *Nagrada za najbolju mladu glumicu* na festivalu

*Tetar na raskršću* u Nišu 2019; prvo mjesto u kategoriji *Glas glumca* na festivalu *Ljepota i harmonija umjetnosti* u Sočiju, Rusija 2021; prvo mjesto u kategoriji *Estrade vocals* na festivalu *Art in Experience 2021.* u Makedoniji; *Grand prix* na Međunarodnom festivalu u umjetnosti *Soloviov art*, u Kijevu, Ukrajina 2021.



**Lana BULATOVIĆ**

Fakultet likovnih umjetnosti  
lana.bulatovic97@gmail.com  
Mentor: prof. mr Ana Matić

## **USPOSTAVLJANJE PRINCIPA ZA DIZAJNIRANJE INTERAKTIVNIH SADRŽAJA ZA RAZVOJ SOCIJALNIH VJEŠTINA SPECIFIČNIH CILJNIH GRUPA – DJECE SA AUTIZMOM**

UDK 766(043.2)

**Sažetak:** Predmet istraživanja ovog rada jeste oblast asistivnih tehnologija namijenjenih djeci sa autizmom, konkretnije metodologije i principi dizajniranja interaktivnih sadržaja koji doprinose razvoju socijalnih vještina kod korisnika. Rezultati istraživanja primijenjeni su u dizajniranju konkretne tablet aplikacije sa edukativnim sadržajima. Kombinovanjem standardnih metoda dizajna korisničkog iskustva i metoda poput učenja kroz vizuelne prikaze i ABA metode, dolazi se do rješenja koja pomažu unapređenju postojećih metoda i eliminišu uočene nedostatke postojećih primjera sličnih aplikacija, čije su analize obuhvaćene ovim radom. Ova rješenja odnose se i na bolje prilagođavanje vizuelnog jezika postavljenim ciljnim grupama. Istraživanje se sprovodi kroz 5 faza koje su sastavni dio metodologije dizajna korisničkog iskustva, a to su: *empatija, definicija, ideja, prototip i testiranje*. Cilj ovog rada je ustanovljavanje optimalnih dizajnerskih metoda i principa u oblikovanju interaktivnih formi namijenjenih djeci sa autizmom. Rezultati rada su: 1) Objedinjavanje rezultata istraživanja u publikaciju koja može dati smjernice za dizajniranje sličnih interaktivnih sadržaja koji targetiraju ovu ciljnu grupu; 2) Dizajniranje prototipa interaktivne aplikacije po ustanovljenoj metodologiji. Glavni zaključak ovog rada jeste neophodna orijentacija dizajna korisničkog iskustva ka najvećem mogućem stepenu personalizacije sadržaja nasuprot učestalim generalizovanim i univerzalnim sadržajima koji ne mogu biti efikasni u dovoljnoj mjeri. Polazeći od tog principa, otvara se prostor za pronalazak rješenja za uočene probleme poput toga kako kreirati *error-free aplikaciju*, kako unijeti lične detalje iz života korisnika kako bi se poistovjetio sa likovima socijalne priče i više angažovao u aktivnostima koje aplikacija zahtijeva od njega. Sa aspekta dizajnerske teorije i prakse ovaj rad se može smjestiti u oblast inkluzivnog dizajna, jer se podrazumijeva poznavanje ličnosti i poštovanje potreba korisnika. Zbog toga su u istraživanju korišteni podaci iz različitih oblasti, kao što su psihologija, defektologija, pedagogija, dizajn korisničkog iskustva. U procesu istraživanja i realizacije rada ostvarena je i direktna saradnja sa stručnim licima iz oblasti pedagogije, psihologije i defektologije. Pored toga, da bi predložena rešenja bila potencijalno primjenjiva, uzeti su u obzir i ekonomski i društveni kontekst u kojima bi ona mogla biti

realizovana. Samim postavljanjem ovih principa kao prioriternih, ulazi se u fazu zapostavljanja i mogućeg izumiranja univerzalnog dizajna. Postavljeni principi dizajniranja su testirani na mikro uzorku od troje djece i kroz komentare stručnih lica. Pokazali su da imaju pozitivne efekte i da su dobra osnova za dalji razvoj ove aplikacije. Kriterijumi kao što su lako snalaženje u aplikaciji, pamtljivost, zadovoljstvo korišćenja, kroz testiranje pokazuju da su u velikoj mjeri ispunjeni. Svakako, efekti učenja i razvoja socijalnih vještina mogli bi se pokazati i analizirati tek kroz dalja i detaljnija testiranja, na većim uzorcima i kroz duži vremenski period.

**Ključne riječi:** asistivne tehnologije, tablet aplikacije, socijalne priče, edukacija, ABA metoda, dizajn korisničkog iskustva

## UVOD

ISO (*International Standardization Organization* – Međunarodna organizacija za standardizaciju) je agencija Ujedinjenih nacija sa sjedištem u Ženevi zadužena za standardizaciju. Među ovim standardima postavljena su i pravila i metode dizajna korisničkog iskustva. Kada je projekat orijentisan ka specifičnim ciljnim grupama, kao što su u ovom slučaju to djeca sa autizmom, ove principe je potrebno izmijeniti i prilagoditi korisnicima.

Istraživački proces ovog rada obuhvata oblast asistivnih tehnologija i ispituje njihov uticaj na razvoj određenih vještina kod djece sa smetnjama u razvoju. Postoji više vrsta asistivnih tehnologija sa različitim namjenama. One koje su predmet našeg istraživanja jesu edukativne aplikacije sa interaktivnim sadržajima koji, kroz vizuelno učenje i pamćenje, doprinose razvoju socijalnih vještina kod djece sa autizmom. Krajni produkt praktičnog dijela rada je prototip jedne ovakve aplikacije.

Aplikacija je kreirana na crnogorskom jeziku i ima za cilj da olakša rad terapeuta u Crnoj Gori i smanji poteškoće oko jezika, jer ovakvi proizvodi nisu prisutni na našem tržištu. Interaktivni sadržaji ovog tipa drže pažnju korisnika i pokazuju se kao izuzetno efikasni i pristupačni za savremene korisnike koji odraštaju u trenutku u kojem su različiti oblici tehnologija i digitalnih sadržaja sastavni dio svakodnevice. Djeca sa autizmom uz pomoć digitalnih sredstava za rad, konkretno tablet aplikacija, brže savladavaju prepreke u učenju i učenje je uspješnije ukoliko je intepretirano kroz intuitivne vizuelne prikaze.

Na osnovu navedenog postavlja se glavno istraživačko pitanje ovog rada:

- *Kako unaprijediti postojeće metode i prilagoditi opšte standarde za vizuelno oblikovanje aplikacija i njihovog sadržaja?*

Traga se za adekvatnom metodologijom kojom će se odbaciti i eliminisati veliki broj mogućih kontraefekata i koja će rezultirati izradom aplikacije, koja će ispuniti postavljene ciljeve.



Glavno istraživačko pitanje pokreće i pitanje: *Kako prilagoditi vizuelni jezik ispravnoj percepciji korisnika?*

Potpitanje koje se nadovezuje na traženje metodologije, tiče se vizuelnog jezika i grafičkog oblikovanja cjelokupnog vizuelnog identiteta, korisničkog *interfejsa* i ilustracija koje su sastavni dio aplikacije.

Rad je strukturalno podijeljen na 5 cjelina. Prva cjelina se odnosi na: istraživanje o autizmu i tipovima autizma, autizmu u Crnoj Gori i poznatim statističkim podacima o broju oboljele djece, asistivnim tehnologijama i inkluzivnom dizajnu. Druga cjelina obrađuje postavljene ciljeve i ciljne grupe, dok je treća, najobimnija cjelina, ona koja se tiče metodologije rada. Kako rad pripada oblasti dizajna korisničkog iskustva, tako je dominantna istraživačka metodologija *design-thinking*, koja se sprovodi u 5 faza, zbog čega je cijelo poglavlje i podijeljeno na tih 5 faza.

Prva faza se odnosi na empatiju, odnosno poistovjećivanje sa korisnikom kroz istraživanja o metodama rada sa djecom sa autizmom, njihovim primjenama u digitalnom svijetu, analizu dizajnerskih postupaka sličnih aplikacija, intervju sa stručnim licima.

U sljedećoj fazi se postavljaju i definišu problemi koje je potrebno riješiti, a onda slijedi i ideja za koncept i mogući način rješavanja tih problema. Nakon toga slijedi kreiranje prototipa. Najprije se kreira ime, vizuelni identitet i postavlja arhitektura aplikacije, a onda se ulazi u detaljnije dizajniranje i razvoj aplikacije. Posljednja faza ovog poglavlja je testiranje prototipa, čiji je cilj dobiti neke povratne informacije i kritike za dalji razvoj aplikacije. Četvrta faza rada posvećena je kreiranju i oblikovanju priručnika, a zatim se prelazi na diskusiju i zaključke.

Testiranje kroz praćenje reakcije korisnika i upitnike namijenjene stručnim licima – pedagozima, psiholozima, defektolozima, jeste ključno za izvođenje zaključaka i proces evaluacije.

Zaključci i djelovi istraživačkog rada su obuhvaćeni u priručniku koji će biti dostupan i utilitaran pri kreiranju nekih drugih sličnih rješenja iz oblasti grafičkog dizajna.

Kroz pristupe inkluzivnog dizajna, kreira se proizvod koji će biti društveno-angažovanog karaktera, i koji pored naučno-istraživačkog doprinosa nosi i ovu vrijednost.

## METODE

### Dizajn korisničkog iskustva

Korisničko iskustvo podrazumijeva svaku vrstu reakcije-emocije, ponašanja, stavova koje korisnik osjeti, odnosno, pokaže u toku upotrebe određenog interaktivnog proizvoda. Zadatak dizajnera, pored oblikovanja, jeste da analiziraju, promišljaju, posmatraju i testiraju ove reakcije, na osnovu čega mogu stvoriti funkcionalan proizvod ili unaprijediti efikasnost postojećeg.

Prema knjizi *The Basics of User Experience Design by the Interaction Design Foundation*<sup>1</sup>, postoji pet opštih karakteristika koje bi kvalitetan i efikasan proizvod trebalo da posjeduje:

<sup>1</sup> Soegaard, M. (2018). *The Basics of User Experience Design by the Interaction Design Foundation*.

1. **Mogućnost učenja**
  - Koliko je korisniku lako da izvede osnovne zadatke?
2. **Efikasnost**
  - Koliko vremena je potrebno da korisnik pronade ono što mu je potrebno?
3. **Pamtljivost**
  - Da li je korisniku teško da ponovo izvede određene radnje koje je već savladao?
4. **Stopa greške**
  - Koliko grešaka je korisnik napravio?
5. **Zadovoljstvo**
  - Prijatan osjećaj i lakoća korišćenja postavljenog dizajna.

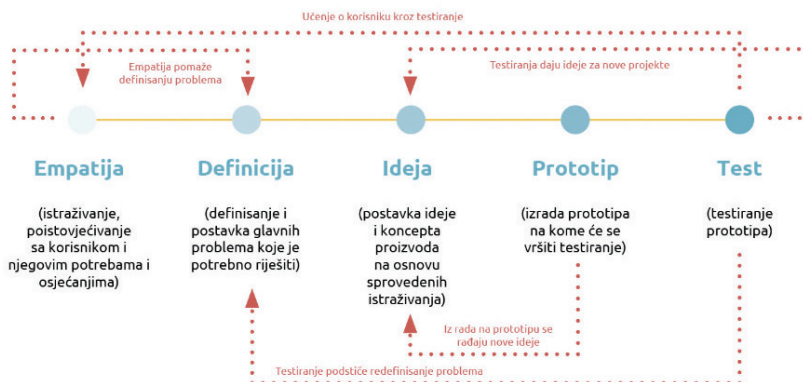
## Metode i faze razvoja dizajna korisničkog iskustva

Kako istraživanje u sklopu ovog rada pripada oblasti dizajna korisničkog iskustva, istraživački proces se svodi na praćenje standardne faze razvoja dizajna korisničkog iskustva.

Razvoj aplikacije podrazumijeva upotrebu metode *human-centred* dizajna, kroz proces *design-thinking*-a.

*Design-thinking* je iterativni proces u kojem nastojimo da razumijemo korisnika, izazivamo pretpostavke i redefinišemo probleme u pokušaju da se identifikuje alternativne strategije i rješenja.<sup>2</sup>

Proces *design-thinking*-a podrazumijeva razvoj aplikacije kroz nekoliko faza. Prva faza zasniva se na poistovjećivanju sa korisnikom i njegovim potrebama kroz istraživanja. Druga faza definiše problem koji se rješava, treća uspostavlja ideju i metodologiju za rješavanje tog problema, četvrta podrazumijeva izradu prototipa aplikacije, peta testiranje. Nakon testiranja, moguće je vraćanje na prethodne faze da bi se unaprijedio mogući nedostatak aplikacije.



**Grafikon 1:** Faze procesa *design-thinking*-a po uzoru na *The Basics of User Experience Design* by Interaction Design Foundation

<sup>2</sup> Ibid., str. 4.

## Ostale metode

U prvom dijelu istraživanja, koje prethodi implementaciji prototipa aplikacije, upotrijebljene su metode kao što su: analiza postojećih aplikacija koja podrazumijeva i komparaciju, sintezu rezultata istraživanja i postupaka iz primjera dobrih rješenja.

Osim navedenih, u ovom radu ključne su i metode rada sa djecom sa autizmom koje će biti direktno implementirane kroz dizajnerska rješenja. Te metode su metode **ABA** terapeuta. *ABA metoda* podrazumijeva postupak nagrađivanja djeteta sa autizmom za svaki tačan odgovor u toku terapijske sesije. Smatra se da će dijete kasnije ponavljati radnje za koje je nagrađeno i da će vremenom to preći u rutinu, tako da sistem nagrade više neće biti potreban. Česte su aplikacije kroz koje se implementira ovaj metod kroz određenu formu lika/ilustracije koji čestita ili pohvali korisnika, najčešće kroz neku vrstu razigrane animacije. Koriste se i metode **TEACCH** programa i **PECS-a** (*Picture Exchange Communication System*) koje podrazumijevaju pristup učenja kroz vizuelne i interaktivne prikaze. Djeca sa autizmom najbolje uče kroz vizuelni i interaktivni pristup, posebno kada su u pitanju digitalna sredstva sa *touch-screen*<sup>3</sup> svojstvom. U priručniku *Inkluzija u stručnom obrazovanju u Crnoj Gori*<sup>4</sup> preporuke za rad sa djecom sa autizmom većinski se svode na vizuelizaciju određenih aktivnosti, kako bi im bile jasnije. Konkretno za sticanje socijalnih vještina što je cilj aplikacije koja je produkt ovog rada, savjetuje se slikoviti prikaz društvenih priča. U tom smislu se kao najbolje pokazuju metode TEACCH programa i PCES-a, koje podrazumijevaju proces učenja kroz ovakav savremeni pristup.

Kako segment rada koji podrazumijeva izradu aplikacije obuhvata i osmišljavanje socijalnih priča koje služe za razvoj socijalnih vještina djeteta, bitno je pomenuti i metode i strategije za pisanje socijalnih priča.

Prema australijskom sajtu za roditelje, koji je podržan od strane vladinog odsjeka za socijalne usluge, vještine i strategije za rješenje problema za djecu sa autizmom su klasifikovane na sljedeći način<sup>5</sup>:

1. Vještine igre – najčešći problem u ovom segmentu su čekanje u redu, ukoliko se nekoliko djece igra sa istom igračkom ili igra istu društvenu igru, kako da dijele tu igračku i slično.
2. Vještine komunikacije – problemi odabira teme u razgovoru sa drugim ljudima kao i odabir govora tijela.
3. Emocionalne vještine – problem kontrolisanja emocija i razumijevanja osjećanja drugih ljudi.
4. Vještine rješavanja problema – problem rješavanja konflikta i donošenja odluka u socijalnim situacijama.

<sup>3</sup> Ekran osjetljiv na dodir.

<sup>4</sup> Kasthuber-Jakopeh, Martina; Dujović, Svetlana; Radulović, Jadranka; Raičević, Milana; Baković, Džana; Koletić, Toni; Kraljević, Dubravka: *Inkluzija u stručnom obrazovanju u Crnoj Gori* (2013).

<sup>5</sup> Raisingchildren.net.au, Social skills for autistic children (2021), [Internet] Dostupno na: <https://raisingchildren.net.au/autism/communicating-relationships/connecting/social-skills-for-children-with-asd>, 24. 4. 2022.

Strategije za rješenje ovih problema su:

- vježba kroz igru
- pohvala
- igra uloga
- treninzi socijalnih vještina
- socijalne priče
- vizuelna podrška

Socijalne priče koncipiraju se tako da objašnjavaju i opisuju određenu situaciju u kojoj može doći do prepreke. Kroz socijalne priče djeca uče kako da se ponašaju u tim situacijama. One se mogu kreirati kroz tipično slaganje kartica, video zapise/animacije, slikovnice/knjige.

Obavezni elementi socijalne priče su:

- jasno definisan cilj – mora se targetirati željeno ponašanje
- mora imati dobro istraženu pozadinu problema kako bi bila relevantna i zanimljiva korisniku
- deskriptivna je, pozitivna i koristi jednostavan jezik
- treba da odgovori na pitanja: gdje, kada, ko, kako i zašto

Socijalne priče koje će biti sastavni dio ove aplikacije sadrže nekoliko pomenutih strategija – imaće vizuelnu podršku, vježba se kroz digitalnu igru, zamjenu uloga, pohvale za tačne odgovore.

## REZULTATI

### Priručnik

Primarni rezultat aplikacije predstavlja priručnik u kojem su obuhvaćeni svi rezultati pojedinačnih istraživanja i analiza koje su opisane u radu.

Ukratko su predstavljene činjenice o autizmu i klasifikacijama dijagnoza, kao i podjele osoba po tome da li spadaju u grupe sa hipo ili hipersenzitivnim čulima i kako sve to utiče na odabir dizajnerskih postupaka i principa. Nakon toga predstavljen je koncept inkluzivnog dizajna, kao i preporučljive metode. Predstavljena je i klasifikacija opštih principa dizajniranja za različite oblasti dizajna, kroz grupisanje principa u principe postavke *layout*-a, sadržaja, teksta, vizuelnog sadržaja, boja. Tome su na kraju dodati principi usko vezani za aplikacije, kao i karakteristike i kriterijumi koje bi efikasna aplikacija trebalo da zadovolji. Kako su socijalne priče i uopšte metode *story-telling*-a jako korisne za razvoj djece, dodata su i pravila pisanja socijalnih priča.

Priručnik je dizajniran u skladu sa vizuelnim identitetom aplikacije, a sadržajno predstavlja sažetak rezultata svih analiza i testiranja prototipa, sa ciljem da pomogne buduća slična istraživanja.



Slika 1: Prikaz dizajna priručnika

U prilogima i tabelama u nastavku su ukratko predstavljeni rezultati istraživanja koji su obuhvaćeni ovim priručnikom.

- 1. Aplikaciju bi trebalo da prati govor, koji je neizostavan element svake od ovih aplikacija i jako bitan faktor za održavanje pažnje korisnika
- 2. Svaki tačan odgovor mora imati nagradu
- 3. Više nivoa različitih težina ukoliko to odgovara početnom konceptu aplikacije
- 4. Mogućnost izbora
- 5. Što je više moguće personalizovati interfejs (moguće je da će aplikacija imati više tema između kojih korisnik bira)
- 6. Omogućiti jednostavno prevlačenje po ekranu i *pinch gesture* (jednostavno zumiranje elemenata)
- 7. Izbjeći greške i pogrešne odgovore



Grafikon 2: Uvodne karakteristike aplikacije

Kada su u pitanju čula/osjećaji korisnika, polazna tačka pri dizajniranju bilo kakvog proizvoda, bilo da on pripada oblasti grafičkog, interaktivnog, modnog ili dizajna enterijera, je razmotriti kojoj grupi korisnik pripada. Osobe sa autizmom mogu biti hipo ili hiper osjetljive na dodir, zvuk, pokret, miris, ukus, vidno polje i položaj tijela. U zavisnosti od toga primjenjuju se različiti principi dizajniranja. Njihove reakcije predstavljene su u tabeli i usmjeravaju odabir pristupa za dizajniranje bilo kakvog proizvoda za ovu ciljnu grupu<sup>6</sup>.

Osjecaji/čula	Hipo-osetljivost	Hiper-osetljivost
slušni (zvuk)	Ne reaguje na svoje ime; Uživa u čudnim zvukovima; Uživa u stvaranju glasnih, pretjeranih zvukova	Previše osjetljiv na glasne zvukove; Čini se da čuje zvukove prije drugih; Ne može dobro da funkcioniše sa pozadinskom bukom
taktilni (dodir)	Nepotrebno dodiruje ljude i predmete; Ima nenormalno visok prag bola (izgleda kao da nije povrijeđen nakon teškog pada); Čini se da ne osjeća ekstremne temperature	Izbjegava nošenje određenih tkanina; Postaje uznemiren tokom dotjerivanja; Ne voli da je mokar ili da ide bos; Negativno reaguje na dodir
Vizuelni (vid)	Ne obazire se na ljude ili predmete u okruženju; Može da vidi samo obrise određenih objekata; Voli svijetle boje i jaku sunčevu svjetlost	Smetaju jaka svjetla (pokriva oči ili žmiri); Bulji u određene ljude ili predmete;
Vestibularni (pokret)	Nepotrebno se kreće oko; Uživa u okretanju u krug; Postaje uzbuđen zbog bilo kojeg zadatka koji uključuje kretanje	Izgleda neuravnoteženo; Postaje uznemiren kada je naopako ili kada stopala napuste tlo
Miris/ukus (mirisni)	„Osjeća“ predmete ustima; Traži jake mirise; Nesvjestan nekih mirisa	Jedu samo hranu određene teksture, sa određenim mirisom ili na određenoj temperaturi
Propriocepcija (Osećaj lokacije tela)	Nesvjesni položaj tela u prostoru i osećaji tijela poput gladi; Često se naslonja na ljude ili predmete	Čudno držanje tijela; Neudobno u većini položaja; Poteškoće u manipulaciji malim predmetima

**Tabela 1:** Po uzoru na *Designing for autism spectrum disorders*

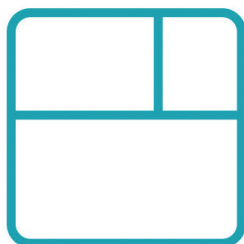
Na osnovu istraživanja Rusakove, britanske nezavisne konsultankinje za inkuzivni dizajn<sup>7</sup>, prakse dizajniranja za osobe sa autizmom podijeljene su i pojašnjene u 9 kategorija prikazanih u priložima u nastavku:

<sup>6</sup> Gaines, Kristi; Bourne, Angela; Pearson, Michelle; Kleibrink, Mesha: *Designing for autism spectrum disorders* (2016).

<sup>7</sup> Rusakova, Irina: *Designing for autistic people — overview of existing research*, (2020); [Internet] Dostupno na: <https://uxdesign.cc/designing-for-autistic-people-overview-of-existing-research-d6f6dc20710e>, 27. 8. 2022.



### Layout / raspored elemenata



- **Dosljednost, jasnoća i struktura**
- **Jasna vizuelna struktura i konzistentan raspored** za slične vrste informacija
- Nekoliko elemenata i **jedan glavni poziv na akciju** na ekranu su takođe preporučljivi
- **Princip grupisanja i prikazivanja** samo najčešće korišćenih funkcija i kontrola može pomoći da se smanji broj elemenata na složenijim stranicama.
- Čist raspored sa **jasno ocrtanim djelovima teksta i jasnim slikama**

Tabela 2: Layout principi

### Sadržaj / tekst



- Djeca sa autizmom imaju **tendenciju da razmišljaju logično - informacije moraju biti predstavljene na jasan i objektivan način**, bez maštovitih dodataka koji mogu uticati na nepravilnu percepciju.
- Bitno je i **isticanje važnosti prikazivanja cijelog sadržaja o jednoj temi na jednoj stranici**, umjesto da se razbije na više stranica.
- **Dizajn tekstualnih polja treba da prati princip jednostavnosti**
- **Tekstualni okvir treba da bude jasno odvojen od ostatka sadržaja**, predstavljen u jednoj koloni poravnatoj lijevo, koristeći jasne fontove
- **Velike margine** na stranici su takođe bitne

Tabela 3: Sadržaj/tekst

### Slike / vizuelni sadržaj / Boja



- **Fotografije ne bi trebalo koristiti kao pozadine za tekst**
- **Slike treba da prate riječi**, kako bi se po-držalo razumijevanje i jednog i drugog
- Kako bi se obezbijedila jasna poruka, za dizajn veb stranice za autistične osobe većinski se koriste meke, blage boje i jasan kontrast između fonta bilo kog teksta i pozadine. Svakako, u zavisnosti od toga da li je osoba **hipo** ili **hiper senzitivna**, treba ostaviti mogućnost odabira, jer jedna ili druga krajnost u odabiru boja može izazvati kontraefekte kod suprotne grupe.

Tabela 4: Slike / vizuelni sadržaj / boja




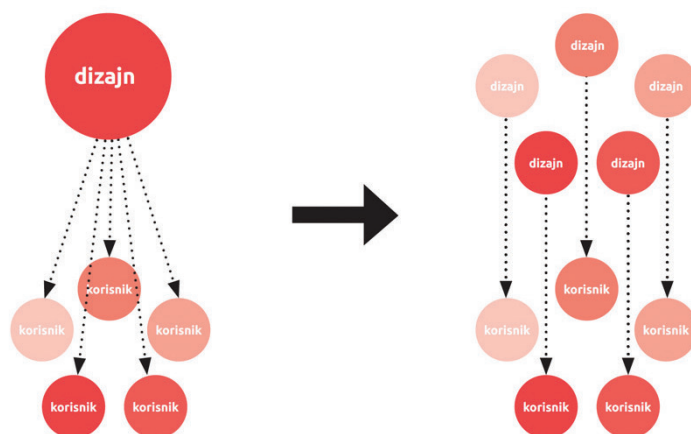
Navigacija	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Navigacioni meniji bi trebalo da imaju <b>jasne oznake i tok napretka</b> na svim putovanjima koja obuhvataju više stranica.</li> <li>• <b>Dugmad trebaju biti što veća, sa opisnim oznakama</b> koje upućuju na to koja će se radnja izvršiti ukoliko korisnik klikne.</li> <li>• Autistični ljudi preferiraju i <b>rezultate pretrage zasnovane na slikama</b>, prije nego listu hiperlinkova.</li> <li>• Neophodna je i <b>veća količina vremena</b>, ukoliko se popunjava neki obrazac, kako bi se korisnik ugodnije osjećao.</li> </ul>

Tabela 5: Navigacija

Interakcija i personalizacija	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kod interaktivnih sadržaja, <b>animacije je preporučljivo uvesti samo ukoliko je nužno bolje objasniti radnju kroz dinamičnu formu</b>, a ne zbog vizuelnog efekta</li> <li>• <b>Horizontalno skrolovanje može biti neprijatno</b> za neke autistične korisnike</li> <li>• <b>Personalizacija</b> je jako važna za autistične osobe. Prilagodavanje fonta, veličine fonta, razmaka između redova, boje, teme za pozadinu teksta i boja prednjeg plana su neke od mogućih funkcija koje povećavaju stepen personalizacije sadržaja na vebu.</li> </ul>

Tabela 6: Interakcija i personalizacija

Jedan od najvažnijih principa koji je primijenjen u ovom radu jeste princip savremenog inkluzivnog dizajna koji premješta cjelokupni dizajnerski proces i promišljanje iz konteksta koji podrazumijeva opšti pristup u kontekst koji se odnosi na dizajniranje za svakog korisnika pojedinačno. Ne dizajnira se po opštim principima za određenu ciljnu grupu, već se svakom korisniku pristupa posebno.

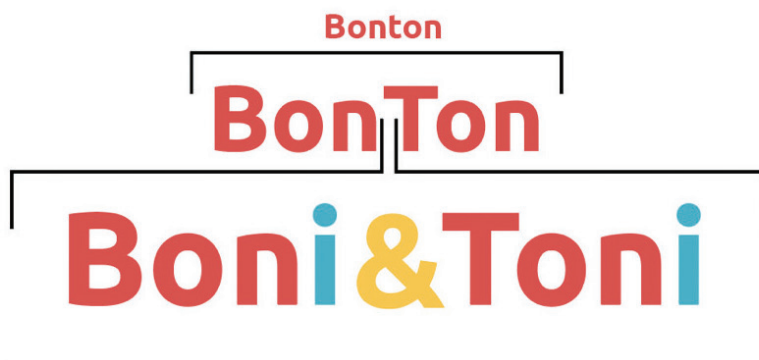


Grafikon 3: Prikaz koncepta inkluzivnog dizajna

### Tablet aplikacija Toni&Boni

Pored kreiranja priručnika, rezultat praktičnog dijela rada je i izrada vizuelnog identiteta i korisničkog *interfejsa aplikacije* u okviru koje su primijenjeni rezultati istraživanja i riješena postavljena istraživačka pitanja.

Nakon uspostavljanja glavne ideje koja se tiče koncepta aplikacije uspostavlja se ime i vizuelni identitet. Ime aplikacije sugerise da je riječ o socijalnim pričama, razvoju pravilne interakcije sa drugarima, porodicom i bliskim ljudima. Zbog toga je polazište za naziv aplikacije bila riječ „bonton“. Rastavljanjem na dva dijela, iz riječi su izvedena imena *Boni* i *Toni*.



Slika 2: Izvođenje naziva aplikacije

Korisnika kroz aplikaciju vode dva lika – dva prijatelja, Boni i Toni. Jedan koji se poistovjećuje sa korisnikom kao nosilac odluka, a drugi kao njegov najbolji prijatelj. Korisnik se iz perspektive glavnog lika suočava sa socijalnim preteškoćama prolazeći kroz socijalne situacije sa svojim najboljim drugom.

Priče se realizuju kao priče u slikama koje prikazuju određene situacije. Slike prati tekst, a takođe i govor. Nakon što se opiše situacija i hronološki kroz

priču dođe do trenutka nastanka problema u kojem treba donijeti ispravnu odluku, korisniku se daje mogućnost izbora – dva vizuelna prikaza od kojih treba da odabere jedan.

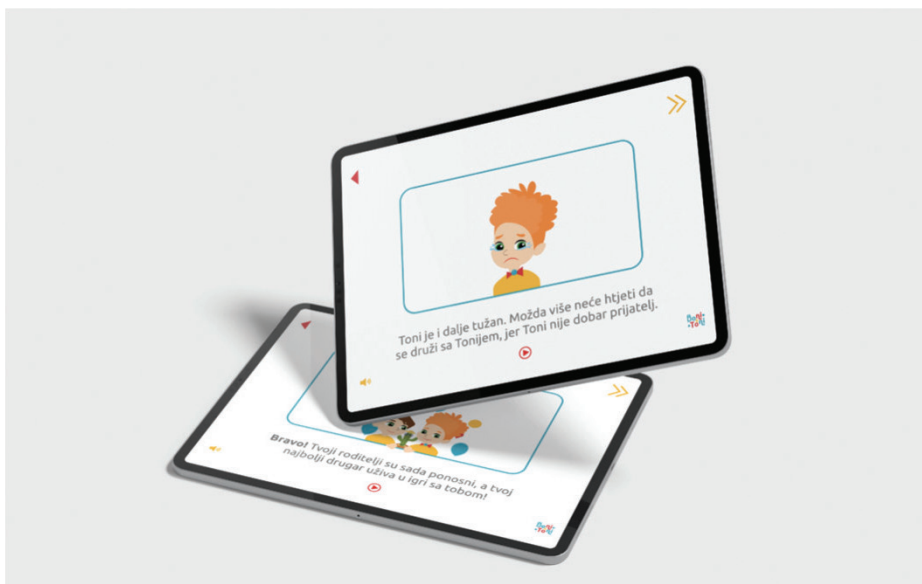
Ukoliko korisnik od dva ponuđena odabere netačan odgovor, priča se samo nastavlja u drugom smjeru i navodi korisnika na pravilan ishod. Na taj način se kreira *error-free* prostor i izbjegavaju kontraefekti sadržaja. Ukoliko korisnik da tačan odgovor, glavni lik dobija nagradu koja će biti asocijativno vezana za radnju i motive određene priče (primjena ABA metode).

Pored standardne/opšte varijante socijalne priče koju prate ilustracije, kreiran je prostor u okviru kojeg je dozvoljeno da terapeut/roditelj/nastavnik u okviru nadzornog naloga personalizuje sadržaj. Neke od mogućih funkcionalnosti su postavka fotografije umjesto ilustracije, izmjene tekstualnog sadržaja, mogućnost snimanja glasa koji prati aplikaciju. Takođe se može i kreirati potpuno nova priča sa svim pratećim elementima, kao kod postojećih primjera. Na taj način bi glavne funkcionalnosti aplikacije dobile mogućnost personalizacije. Personalizacija sadržaja u smislu odabira glasa, vizuelnog prikaza i motiva koji su djetetu bliski i prijatni, poboljšava stepen efikasnosti učenja.

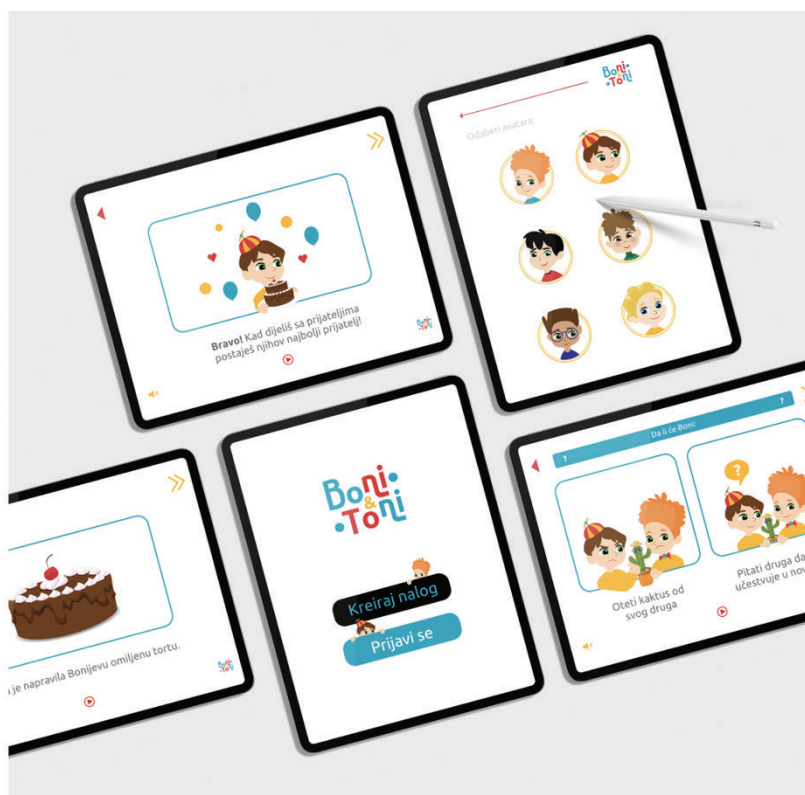
Kada su u pitanju čula osoba sa autizmom, u zavisnosti od dijagnoze i toga da li spadaju u hipo ili hipersenzitivnu grupu, ova aplikacija ima više tema sa različitim paletama boja. Boje se odlikuju različitim stepenom zasićenosti i količine svjetlosti koju sadrže.

Ilustracije su svedene, kontrastne, sa što manje detalja i sjenki kako bi komunicirale jasnu poruku. Negdje se prelazi i u dinamične forme (uvođenje redukovane animacije ilustrovanog sadržaja) ukoliko je neophodno da bi se egzaktno objasnila određena situacija/glagol.

Kada se pokrene bilo koja priča, orijentacija ekrana tableta je po automatskim podešavanjima i postavljenom dizajnu horizontalna, kako bi se prostor što bolje iskoristio na osnovu osmišljenog koncepta igre. Preovladavaju ekrani sa po jednom ilustracijom, u okviru jednog prozora. Dva prozora se pojavljuju samo u slučajevima gdje korisnik treba da odabere odgovor na postavljeno pitanje. Svaki segment igre prati i glas koji izgovara ispisanu rečenicu. U podnožju svakog ekrana nalaze se podešavanja za jačinu zvuka. Zvuk se može i stopirati ili pustiti ponovo pomoću play dugmeta, ukoliko osoba koja prati igru djeteta primijeti da je to potrebno. Moguće je, klikom na strelice, vratiti se i korak nazad. Klikom na bilo koji segment ekrana, pokreće sljedeća stranica sa nastavkom priče, čime je omogućeno lako i intuitivno snalaženje u okviru aplikacije.



Slika 3: Prikaz aplikacije



Slika 4: Prikaz aplikacije 2

## DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Metode učenja se moraju modifikovati i unapređivati u skladu sa vremenskim trenutkom u kojem se primjenjuju. Mlađa populacija koja odrasta u ovom trenutku se, u samom početku razvoja kognitivnih sposobnosti, suočava sa digitalnim svijetom. Nastavni procesi se moraju prilagođavati i transformisati u digitalne forme kako bi efekti učenja bili pozitivni.

Postavljeni principi dizajniranja, uz kombinaciju metodologije koja se koristi u radu sa djecom sa smetnjama u razvoju i metoda dizajna korisničkog iskustva, kroz testiranja i komentare stručnih lica, pokazali su da imaju pozitivne efekte i da su dobra osnova za dalji razvoj ove aplikacije. Kriterijumi, kao što su lako snalaženje u aplikaciji, pamtljivost, zadovoljstvo kroz testiranje, pokazuju da su u velikoj mjeri ispunjeni. Svakako, efekti učenja i razvoja socijalnih vještina mogli bi se pokazati i analizirati tek kroz duže vremenske periode, kada bi aplikacija bila u potpunosti implementirana i data na korišćenje. Nakon dužeg intervala korišćenja i sa većim uzorkom ispitanika, mogla bi se utvrditi njena efikasnost u smislu krajnjeg cilja – edukacije, kao i moguće dorade i poboljšanja određenih karakteristika. Faza implemtencije, konkretno programiranja, otvorila bi neke nove mogućnosti ili ukazala na moguća ograničenja u realizaciji određenih segmenata. Jedan od mogućih načina unapređenja i daljeg razvoja je, na primjer, povezivanje aplikacije sa eksternim softverima koji imaju mogućnost kreiranja avatara na osnovu fotografije/portreta korisnika. Na ovaj način bi avatar više ličio na korisnika i on bi se lakše poistovjetio sa glavnim akterom priče.

Osim za digitalne proizvode, uspostavljeni principi će biti primjenjivi i pri osmišljavanju analognih interaktivnih proizvoda. To mogu biti razne edukativne igre, interaktivne knjige i slično.

Pored uspostavljanja metodologije, razvoj aplikacije predstavlja doprinos istovremeno sa istraživačke i društveno anagažovane strane. Sa akademske i istraživačke strane može služiti kao primjer za slične aplikacije (kako sa metodološkim, tako i sa oblikovnim karakteristikama). Kao društveno angažovani proizvod može da olakša i pomogne razvoju djece sa smetnjama u razvoju. Jedno od polazišta za izradu ove aplikacije bio je evidentan nedostatak sličnih proizvoda na našem jeziku (i analognih i digitalnih). Rezutati mikro istraživanja sprovedenog sa pedagozima potvrdili su neophodnost postojanja istih.

## PRIZNANJA ILI ZAHVALNOST

Ovim putem željela bih da se posebno zahvalim prosvjetnim radnicima (pedagozima, psiholozima i vaspitačima) Resursnog centra „1. jun“ koji su pružili podršku, savjetovali me tokom procesa izrade ovog rada i učestvovali aktivno u fazi testiranja aplikacije.

## LITERATURA

- Američka Asocijacija Psihijatarata, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*, 2013.
- Armstrong, Helen; Guffey, Elizabeth; Nickpour, Farnaz; Williamson Bess; *Conversation: Is Universal Design Dead?: Creating inclusive user experience design methods*, 2018; 1.
- Ayres, Kevin Michael; Mechling, Linda; Sansosti, J. Frank: *The use of mobile technologies to assist with life skills/independence of students with moderate/severe intellectual disability and/or autism spectrum disorders: considerations for the future of school psychology*, 2013; 262.
- Buchholz, Todd G; *Nove ideje mrtvih ekonomista: Uvod u suvremenu ekonomsku misao*, 1989; 21.
- Chien, Miao-En; Jheng, Cyun-Meng; Lin, Ni-Miao; Tang, Hsien-Hui; Tael, Paul; Tseng, Wen-Sheng; Chen, Mike; *iCAN: A tablet-based pedagogical system for improving communication skills of children with autism*, 2015.
- Curtis, Michael; *Velika politička teorija svezak 1: Sveobuhvatan odabir presudnih ideja u političkoj filozofiji od Platona i Aristotela do Lockeja i Montesquieua*, 1981; 327.
- Gaines, Kristi; Bourne, Angela; Pearson, Michelle; Kleibrink, Mesha: *Designing for autism spectrum disorders*, 2016.
- Grandgeorge, Marine; Masataka, Nabuo; *Atypical Color Preference in Children with Autism Spectrum Disorder*, 2016.
- Hourcade, Juan-Pablo; Bullock-Rest, E. Natasha; Hansen E. Thomas: *Multitouch tablet applications and activities to enhance the social skills of children with autism spectrum disorder*, 2011.
- Integrity Inc. [Internet] Dostupno na: <https://www.integrityinc.org/what-are-the-5-types-of-autism>, 10. 1. 2022.
- Mullin, Jill: *Drawing Autism*, 2014.
- Kamaruzamana, Fairus Muhamad; Rani, Mohd Nurdalilah; Nor, Md Harrinni; Azahari, Haji Halabi Mustafa: *Developing user interface design application for children with autism*, 2016; 888.
- Kastenhuber-Jakopeh, Martina; Dujović, Svetlana; Radulović, Jadranka; Raičević, Milana; Baković, Džana; Koletić, Toni; Kraljević, Dubravka: *Inkluzija u stručnom obrazovanju u Crnoj Gori*, 2013.
- Krug mladih, *Zabrinjavajući rast slučajeve sa autizmom*, [Internet] Dostupno na: <http://www.krugmladih.com/rubrika teme/zabrinjavajuci-rast-slucajeva-sa-autizmom>, 10. 8. 2022.
- Massachusetts Institute of Technology, Ham B, *Personalized “deep learning” equips robots for autism therapy*, [Internet] Dostupno na: <https://news.mit.edu/2018/personalized-deep-learning-equips-robots-autism-therapy-0627>, 10. 1. 2022.
- McNair L, *Autism Friendly Digital World*, [Internet] Dostupno na: <https://livingautism.com/autism-friendly-digital-world>, 30. 8. 2022.
- Lazor, Mirjana: *Katalog asistivne tehnologije*, 2017.

- Nacionalni centar za smetnje u učenju, *What Is Autism Spectrum Disorder?*, [Internet] Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=0Pp8jcQ97pY>, 10. 1. 2022.
- Nally, Brenda; Houlton, Bob & Ralph, Sue: *The Management of Television and Video by Parents of Children with Autism*, 2000.
- Nickpour, Farnaz; Don, Hua: *Designing for Diversity: Inclusive Design as a catalyst for change?*, *Future Focussed Thinking - DRS International Conference 20221*, 2018; 10.21606/drs.2018.014; 1.
- Pljevaljski informer, *Autizam kod djece u Crnoj Gori kuca na velika vrata*, [Internet] Dostupno na: <https://www.pvinformer.me/autizam-kod-djece-u-crnoj-gori-kuca-na-velika-vrata/>, 10. 8. 2022.
- Raisingchildren.net.au, *Social skills for autistic children*, [Internet] Dostupno na: <https://raisi-ngchildren.net.au/autism/communicating-relationships/connecting/social-skills-for-children-with-asd>, 24. 4.2022.
- Roditelji.me, *Crnoj Gori fali 60 oligofrenologa, u Centru za autizam radi samo jedan*, [Internet] Dostupno na: <https://www.roditelji.me/blog/2021/03/18/crnoj-gori-fali-60-oligofrenologa-u-centru-za-autizam-radi-samo-jedan/>, 8. 8. 2022.
- Rusakova, Irina: *Designing for autistic people — overview of existing research*, [Internet] Dostupno na: <https://uxdesign.cc/designing-for-autistic-people-overview-of-existing-research-d6f6dc20710e>, 27. 8. 2022.
- ShiftED: *Limbitless possibilities: Utilizing Design to Educate, Empower and Inspire*, Do-mbrowski M, Limbitless Solutions, School of Visual Arts & Design, University of Central Florida, [Internet] Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=0dREQZXUeoQ>, 20. 1. 2022.
- Soegaard, Mads; *The Basics of User Experience Design by the Interaction Design Foundation*, 2018.
- The Art of Autism, Using Art And Creativity To Engage An Autistic Child In The Classroom*, [Internet] Dostupno na: <https://the-art-of-autism.com/educating-autism-art-and-creativity-to-engage-an-autistic-child-in-the-classroom/>, 15. 9. 2022.
- Zakon o pomoći osobama sa invaliditetom u vezi sa tehnologijom iz 1988*; IDEA: 20 USC, dio A , član 602.



**Lana BULATOVIĆ**

## **ESTABLISHING DESIGN PRINCIPLES FOR INTERACTIVE CONTENTS FOR THE DEVELOPMENT OF SOCIAL SKILLS OF SPECIFIC TARGET GROUPS – CHILDREN WITH AUTISM**

**Summary:** The research subject in this work is the area of assistive technologies intended for children with autism, more specific methodologies and principles of designing interactive content that contributes to the development of social skills in users. The results of the research are applied in the design of a specific tablet application with educational content. By combining standard methods of user experience design and methods such as learning through visual representations and the ABA method, solutions have been reached. These solutions help improvement of existing methods and eliminate perceived shortcomings of existing examples of similar applications. The analysis of these examples is included in this work. These solutions also relate to better adaptation of the visual language to the set target groups. The research is conducted through 5 phases that are an integral part of the user experience design methodology, namely: empathy, definition, idea, prototype and testing. The aim of this work is to establish optimal design methods and principles in shaping interactive forms intended for children with autism. The results of the work are: 1) Unifying the results of the research into a publication that can provide opportunities for designing similar interactive content targeting this target group. 2) Designing a prototype of an interactive application according to the established methodology. The main conclusion of this paper is the necessary orientation of user experience design towards the highest possible level of personalization of content, as opposed to frequent generalized and universal content that cannot be effective to a sufficient extent. Starting from that principle, possibilities for finding solutions for perceived problems emerge, such as how to create an error-free application, how to enter personal details from the user's life in order to identify with the characters of the social story and engage more in the activities that the application requires from them. From the perspective of design theory and practice, this work can be placed in the field of inclusive design, because it implies knowing the personality and respecting the needs of the user. That is why the research used data from different fields, such as psychology, defectology, pedagogy, user experience design. In the process of research and implementation of the work, direct cooperation with experts in the fields of pedagogy, psychology and defectology was also achieved. In addition, in order for the proposed solutions to be potentially applicable, the economic and social context in which they could be implemented were taken into account.

By placing these principles as a priority, one enters the stage of neglect and possible extinction of universal design.

The established design principles were tested on a micro sample of three children and through the comments of experts. They showed that they have positive effects and are a good basis for further development of this application. Testing of the criteria such as easy navigation in the application, memorability, satisfaction of use, shows that they have been fulfilled to a large extent. Certainly, the effects of learning and developing social skills could only be demonstrated and analysed through further and more detailed testing, on larger samples and over a longer period of time.

**Keywords:** assistive technologies, tablet applications, social stories, education, ABA method, user experience design



## Fakultet likovnih umjetnosti

**LANA BULATOVIĆ** rođena je 7. juna 1997. na Cetinju. Završila je Osnovnu školu „Oktoih“ i Gimnaziju „Slobodan Škerović“ sa odličnim uspjehom i bila je nosilac diplome Luča, kao i titule đaka generacije u osnovnoj školi.

Nakon srednje škole, upisuje osnovne studije na Fakultetu likovnih umjetnosti Univerziteta Crne Gore, studijski program grafički dizajn. Nakon tri godine završila je osnovne studije sa prosjekom 9.93.

U septembru 2019. godine upisala je specijalističke studije na Fakultetu likovnih umjetnosti, studijski program grafički dizajn, modul grafičke komunikacije. Specijalističke studije završila je sa prosjekom 10,00. Nakon završenih specijalističkih studija, 2020. godine upisuje master studije na istom fakultetu i završava ih sa prosjekom 10,00.

Nakon prve godine osnovnih studija ostvarila je pravo na stipendiju koju dodjeljuje Ministarstvo prosvjete Crne Gore za talentovane studente.

U toku ljetnjeg semestra studijske 2017/18. godine, bila je korisnica Erasmus+ stipendije i studijski boravila na Fakultetu likovnih umjetnosti Univerziteta u Malagi.

Dobitnica je sljedećih priznanja: Nagrada „19. decembar“ za najboljeg studenta master studija, Plaketa Univerziteta Crne Gore za najboljeg studenta iz obla-

sti umjetnosti, Nagrada najboljim studentima Univerziteta Crne Gore u akademskoj 2018/2019. godini, nagrada „13. novembar“ od Opštine Cetinje, CANU stipendija za ostvarene rezultate na studijama. Osim toga, učestvovala je u brojnim grupnim i selektovanim izložbama, projektima, festivalima i dizajnerskim konferencijama u zemlji i regionu. Neke od tih konferencija i festivala su: Ljetnja škola dizajna i nauke u Ljubljani, *Fluid dizajn forum*, POPUP Sarajevo, Vojnik 5. Od osmog *Fluid*-a ne učestvuje samo kao student, već i kao dio *Fluid tima*. Pobjednica je i državnog konkursa za dizajn poštanske markice na temu Umjetnost u Crnoj Gori kroz vjekove, koji raspisuje Pošta Crna Gore, kao i jedne od tri ravnopravne nagrade na regionalnom takmičenju za plakat na temu „Pomjeranja“, organizovanom u okviru sedmog *Fluid dizajn foruma*.

U toku studija, bila je član Studentskog parlamenta Univerziteta Crne Gore i student povjerenik Fakulteta likovnih umjetnosti Cetinje. Djelovala je i kao koordinator Studentskog kulturnog centra koji je organizovao više događaja kulturno-zabavnog karaktera, kao što su izložba *Paste In Place*, *Toboš film fest*, *Studentski piknik*.

Govori engleski i francuski, a ima i osnovno znanje španskog jezika.



**Branko STEŠEVIĆ**

Fakultet političkih nauka

stesevicbranko@gmail.com

Mentor: prof. dr Boris Vukićević

## KINESKA INICIJATIVA „POJAS I PUT“ IZ UGLA KONSTRUKTIVISTIČKE PERSPEKTIVE

UDK 327.01(510)(043.2)

**Sažetak:** Inicijativa *Pojas i put*, monumentalni projekat Narodne Republike Kine, nesumnjivo ima ogroman uticaj na međudržavne odnose i globalnu scenu. Međutim, tradicionalne teorijske discipline međunarodnih odnosa koje se temelje na naučnom realizmu nisu idealna postavka za analizu ovog projekta. Razlog tome jeste činjenica da pomenute teorije, a prije svega mislimo na realizam i liberalizam, svoju eksploatornu moć temelje na pretpostavkama koje se ne trebaju dalje dokazivati, uzimajući ih za nesporne istine. Primjer toga jeste vjerovanje da će velike sile koje nastaju na području Azije pokazivati iste obrasce ponašanja koji su karakteristični za zapadnjačke sile. Ovim ograničavamo našu mogućnost da pružimo jasnu analizu pomenute kineske inicijative, redukujući naše razumijevanje međunarodnih odnosa. Iz ovih razloga, inicijativu *Pojas i put* smo analizirali iz ugla konstruktivističke teorije, koja nam skida restrikcije realističkih teorija i omogućava da sagledamo pojavu konkretno u kontekstu u kome je nastala. Ovdje prije svega mislimo na identitet Narodne Republike Kine na međunarodnoj sceni. Cilj rada jeste demonstracija eksploatorne snage konstruktivističke teorije i njene prednosti u poređenju sa racionalističkim teorijama. Rad pokušava da prikaže konstitutivnu vezu između kineskog identiteta i inicijative, tj. da dokaže da kineski identitet preduslovljava samo postojanje inicijative *Pojas i put*. Prema našem istraživanju, konstruktivizam se pokazao kao optimalna teorija za analizu inicijative budući da nam je ostavio slobodu istraživanja bez tereta neopravdanih pretpostavki sa kojima dolaze druge uticajne teorije međunarodnih odnosa. Ono nam je omogućilo da odredimo značaj ove inicijative u strukturi međunarodnih odnosa bez teškoća sa kojima bi se neki pravci poput realizma i liberalizma susretali.

Konstruktivizam nam takođe pruža uvid u spoljnopolitičko ponašanje država kroz identitete i interese. Takođe smo uspostavili da je inicijativa *Pojas i put* u konstitutivnoj vezi sa kineskim identitetom. Ona predstavlja izlaženje iz povučenosti kineske spoljne politike ka asertivnoj i aktivnijoj politici. Dolazimo do zaključka da je konstruktivizam teorijski pravac koji je optimalan za analiziranje savremenih pojava u međunarodnim odnosima i, samim tim, treba da bude zastupljeniji i u Crnoj Gori.

**Ključne riječi:** konstruktivizam, inicijativa, Kina, identitet, interesi, struktura

## UVOD

Inicijativa *Pojas i put* koja dolazi iz Narodne Republike Kine (u daljem tekstu: NRK) je po svome obimu impresivna i proteže se kroz veliki broj zemalja. Inicijativa se fokusira na povezivanje i saradnju između NRK-a i država sa različitih kontinenata, a sastoji se od kopnene i pomorske infrastrukture. Projekat obećava ekonomski prosperitet i povećanu međunarodnu saradnju, a imenom aludira na historijski put svile koji je bio značajna trgovinska nit koja je povezivala civilizacije antike. Iako je sama po sebi ekonomske prirode, njen globalni raspon je *ipso facto* čini i temom međunarodnih odnosa. U ovom radu želimo da istražimo ovu aktuelnu inicijativu kroz prizmu konstruktivističke teorije. Konstruktivistička teorija je teorija koja smatra da pored materijalnog aspekta društvene pojave postoji i idejni, nematerijalni aspekt koji je jednake ili veće važnosti od prvog.

Osnovni motiv za ovaj rad jeste globalna rasprostranjenost i novitet inicijative *Pojas i put*, kao i njene implikacije na međunarodne odnose. Imajući na umu koliko zemalja obuhvata, interesovanje i zabrinutost koju izaziva širom svijeta kao i radoznalost sa kojom se prati projekat, smatramo da je njeno bolje razumijevanje i kontekstualizacija potrebna.

Konkretna pitanja na koje rad mora da pruži odgovor jesu:

1. Koja je prednost konstruktivizma u poređenju sa racionalističkim teorijama u shvatanju inicijative *Pojas i put*? Koji je značaj analize normativnog, idejnog aspekta inicijative *Pojas i put*?
2. Do koje mjere je inicijativa *Pojas i put* preduslovljena kineskim identitetom i interesima u međunarodnim odnosima? Koliko je promjena kineskog identiteta i interesa u međunarodnim odnosima uticala na formiranje inicijative?

Ova istraživačka pitanja predstavljaju osnovnu temu našeg rada i davanje odgovora na njih jesu naš glavni cilj. Iz ovih pitanja možemo da izvučemo hipoteze, čiju validnost moramo da testiramo dubljim istraživanjem materije koja je pred nama.

Hipoteze ovog rada su sljedeće:

1. Konstruktivizam je optimalna teorija za analizu inicijative *Pojas i put* zbog uzimanja u obzir ne samo materijalnih, već i nematerijalnih činilaca.
2. Kineski identitet se od vremena reformi 1970-ih godina do danas značajno promijenio usljed njenog ekonomskog rasta i podrazumijeva njeno aktivnije učešće u međunarodnim odnosima
3. Inicijativa *Pojas i put* je produkt promijenjenog identiteta Kine bez kojeg ne možemo izvršiti njenu potpunu analizu.

## METODE

U prvom dijelu rada koristimo se deskriptivnim metodom kako bismo opisali teorijske pozicije konstruktivizama. Na ovaj način želimo prezentirati različite pravce konstruktivizma i argumentovati koji pravac smatramo najadekvatnijim za analizu inicijative *Pojas i put*. Polazimo od filozofskih pretpostavki, ontologije i epistemologije, do određenih pravaca unutar samog konstruktivizma, kao i ocjene o njihovoj svrsishodnosti. U ovom dijelu ćemo takođe vršiti komparaciju konstruktivističkih i, onog što ćemo nazvati, racionalnih teorija (liberalizam i realizam) i predstaviti argumente zašto je konstruktivizam adekvatniji za analizu inicijative *Pojas i put*.

U drugom djelu teksta korišćemo istorijsko-deskriptivni metod kako bismo opisali ono što ćemo nazvati materijalnim činiocima inicijative. Cilj nam je praćenje razvoja ovog projekta prema materijalnim faktima i istraživanje faktora koji su doveli do nastanka inicijative. Želimo da prikažemo razvoj inicijative kroz sporadična inostrana ulaganja kineskih firmi do konkretnog projekta kineske vlade. U ovom dijelu korišćemo se pregledom literature i analizom sadržaja kako bismo bolje shvatili kineski međunarodni identitet. Cilj nam je da opišemo identitet kao konstruktivističku kategoriju, ovdje on nije dat *a priori*, već ćemo se potruditi da ga shvatimo u kontekstu kineske interakcije sa njihovim međunarodnim okruženjem. Pogledaćemo postojeću literaturu o kineskom identitetu, ali ćemo takođe analizirati aktuelne dokumente i izjave kineske vlade kako bi dobili što precizniju sliku o temi. Zatim ćemo koristiti studiju slučaja, analizom inicijative *Pojas i put* kroz prizmu postojećeg kineskog identiteta i interesa, njen normativni aspekt. Cilj nam je da pokažemo da inicijativa može biti shvaćena kroz poznavanje formiranog kineskog identiteta i interesa, a ne da ima predeterminisani pravac razvoja (pokušaj imperijalističkog širenja prema teoriji realizma ili bezopasna saradnja između država za liberalizam npr.).

Treći dio je analitički i ima za cilj provjeru hipoteza, izvlačenje zaključaka i davanje odgovora na istraživačka pitanja. Prilikom iznošenja konačnih zaključaka i ocjenjivanja valjanosti hipoteza koristimo induktivni metod.

## Škola konstruktivizma u međunarodnim odnosima

Konstruktivizam kao teorija predstavlja paradigmu kroz koju želimo da sagledamo dati projekat. Razlog tome jeste što konstruktivizam, kao teorija, ne oslanja se na pretpostavke koje se uzimaju kao čisti fakti koji ne zahtijevaju dalje dokazivanje za njihovo postojanje. Kao takva, teorija konstruktivizma nam daje prostora da sagledamo pojavu u potpunosti u njenoj relaciji sa ljudskim ponašanjem. Međutim, kako definisati konstruktivizam i kakva je vrijednost te teorije u istraživanju međunarodnih odnosa?

Konstruktivizam u filozofiji nauke se ne uklapa u nekada dominantnu dihotomiju empirizma i realizma, dvije pozicije koje su same u dijalektičkom odnosu. Empirizam uzima koncepte date u iskustvu i opisuje ih kroz opservacije, a koncepte koje ne možemo primijetiti opravdava tako što ih pokušava utemeljiti



u sferu primjetnih stvari. Tim se cjelokupno naučno saznanje zasniva u našem iskustvu, stičemo ga kroz induktivno zaključivanje iz spoljnog svijeta. Realizam, sa druge strane, razlikuje se od empirizma po tome što ne smatra da mi koncepte izvodimo iz svijeta oko nas, već da mi koncepte namećemo na prirodu. Naš konceptualni okvir, prema realizmu, testira se u prirodi i kada priroda opovrgne našu teoriju, posao naučnika je da proizvede novu kako bi i ona bila stavljena na test (Butts, Brown, 1989: 15-16).

Konstruktivizam se ne slaže se realizmom i empirizmom i ima drugačije viđenje nauke. Iako ne dovodi u pitanje konceptualni okvir nauke, ova teorija ne želi da ga uvodi u proces testiranja kako bi to nalagao realizam, ili da ga redukuje samo na pojave koje možemo primijetiti čulima prema empirizmu. Ono što je cilj konstruktivizma jeste bolje razumijevanje kako se teorijske strukture uklapaju u obrasce ljudskog ponašanja i žele prikazati kako su koncepti nauke rezultati aktivnosti koje pronalazimo u praktičnom ponašanju. Sve naše teorije vode svoj nastanak iz nama poznatog svijeta koji je pretpostavljen, pragmatičnog svijeta, tako da je svako stvaranje teoretskih koncepata ljudska svrsishodna akcija. Konstruktivisti se prije svega zanimaju pretpostavkama koje stoje iza našeg pogleda na svijet (Kukla, 2000).

Konstruktivizam problematizuje položaj opservatora u epistemologiji. Za razliku od pozicije da je svijet ispred nas stvaran i da ga raznim metodama možemo spoznati i doći do objektivnosti i istine, konstruktivizam sa skepsom posmatra čovjeka koji spoznaje svijet, dovodeći u pitanje samu objektivnost. Opservator igra glavnu ulogu u kognitivnom procesu i svaka deskripcija koja dolazi od njega je takođe i deskripcija samog sebe, dakle, sama deskripcija sadrži svojstva opservatora (Poerksen, 2004: 2-3). Konstruktivizam, koji se bavi ovim problemom, samim tim predstavlja odvajanje od racionalističke dihotomije realizma i empirizma.

### **Socijalni konstruktivizam**

Često se smatra da su termini „racionalno“ i „društveno“ suprotni jedan drugom. Međutim, američki filozof Čarls Pirs je već tvrdio da je pravi subjekt znanja neograničeno velika naučna zajednica, a filozofi nauke su polako počeli da shvataju da je adekvatno razumijevanje proizvodnje naučnog znanja zahtijeva razmatranje prakse istraživanja i argumentacije ukorijenjene u zajednici naučnika. Naučnu zajednicu proučava sociologija nauke od 1930-ih godina, sa Robertom Mertonom kao vodećom figurom. Ovaj rad je povećao naše znanje o nauci na dva važna načina. Prvo, empirijski je proučavao unutrašnju strukturu naučne zajednice kao što su institucije (istraživačke grupe, publikacije, ciljevi, vrijednosti, norme, sistemi nagrađivanja, procena kvaliteta, kontroverze, itd.) koje učestvuju u naučnom radu. Drugo, istraživala je ulogu naučnika u društvu u cjelini i funkcije nauke u odnosu na druge društvene institucije i djelatnosti. Ovim istraživanjima počinju uvidi u uticaj socijalne sfere na naše naučno znanje (Niiniluoto, 2002: 207).

Socijalni konstruktivizam je teorijska perspektiva koja naglašava društvene i kulturne procese kroz koje pojedinci kolektivno konstruišu znanje, značenja i

shvatanja svijeta. Postavlja da pojedinci ne stiču znanje jednostavno u izolaciji, već se pojavljuje kroz interakcije, dijaloge i saradnju unutar društvenog konteksta (Ernest, 2013). Socijalni konstruktivizam, na primjer, može se uočiti u razumijevanju rase i etničke pripadnosti. Socijalni konstruktivizam tvrdi da rasa nije biološka ili genetska kategorija, već pre društveno konstruisan koncept.

Socijalni konstruktivizam smatra da naučno i tehničko znanje nije rezultat logičke/racionalne ekstrapolacije iz već dostupnog znanja, već da je kontingentni produkt dugih socijalnih, kulturnih i istorijskih procesa. Ova teorija želi da prikaže zavisnost naučnog znanja o faktore koji dovode u pitanje objektivnost istraživanja (npr. antropološka istraživanja naučnih laboratorija) (Koertge, 2010: 669-670). Naša pozicija jeste da društveni aspekt ne smije biti zanemaren u nauci, već da uključivanjem izučavanja društvenih faktora, može se doprinijeti opštem boljitku našeg znanja.

Kako bismo bolje odredili u kojim granicama možemo da tvrdimo da je neka pojava konstrukt, moramo odrediti ontologiju socijalnog konstruktivizma. Za našu svrhu je relevantno da ovde naglasimo razlikovanje Džona Serla između ontološki objektivnih entiteta i ontološki subjektivnih entiteta. Prve on naziva „brutim činjenicama“, a druge „mentalnim činjenicama“ koje obuhvataju i „društvene činjenice“ i „institucionalne činjenice“. Serl kontrastira spoljašnji svijet sa ljudskim stvorenim ili konstruisanim svijetom. Spoljašnji svijet je, po njegovom mišljenju, konstituisan od „surovih činjenica“ (npr. kamen, voda, drveće, atom, zvijezde, planete, galaksije, itd.), dok je ljudski konstruisani svijet konstituisan „mentalnim činjenicama“ koje imaju oblik čisto mentalne činjenice (npr. subjektivno iskustvo ukusa, bola, sopstvenog ja, boje, namjere, osjećanja, želje, depresije, sreće, radosti, itd.); društvene činjenice (npr. prijateljstvo, nasilje, običaji, itd.); institucionalne činjenice (npr. novac, restoran, jezik, religija, imperija, demokratija, rukovodstvo itd.) (Barbosa, 2008).

Ovako viđenje stvari bismo mogli da shvatimo kao realistički pravac u okviru socijalnog konstruktivizma. Njegova odlika jeste da ne negira postojanje svijeta mimo našeg iskustva njega. Postoje i grane socijalnog konstruktivizma koje se temelje na antirealizmu, koje nam govore da mi jednostavno nemamo načina da naša iskustva povežemo sa nekim spoljašnjim svijetom. Treba napomenuti da unutar ove dihotomije postoje veliki broj pozicija i da svaka ima svoje viđenje ovog problema unutar konstruktivističke teorije (Nightingale & Cromby, 2002: 702).

## **Konstruktivizam i međunarodni odnosi**

Počeci konstruktivizma u međunarodnim odnosima često se povezuje sa krajem Hladnog rata, događajem koji tradicionalne teorije kao što su realizam i liberalizam nisu uspjele da predvide ili objasne. Ovaj neuspjeh se može povezati sa nekim od njihovih osnovnih principa, kao što je uvjerenje da su države akteri koje zanima samo sopstveni, isključivi interes i koji se takmiče za moć, kao i o nejednakoj raspodjeli snaga među državama koja definiše ravnotežu moći između njih (Theys, 2018).

Konstruktivistička teorija naglašava značenja i vrijednosti koja se pripisuju materijalnim objektima od strane aktera, a ne samo postojanje samih objekata. Na primjer, nuklearno oružje u Ujedinjenom Kraljevstvu i nuklearno oružje u Severnoj Koreji mogu biti materijalno identične, ali imaju radikalno različita značenja za Sjedinjene Američke Države. Vjerovanje da je stvarnost društveno konstruisana navodi konstruktiviste da daju veću ulogu razvoju normi, identitetu i idejnoj moći nego druge glavne teorijske paradigme. Zaista, norme, identitet i ideje su ključni faktori u konstruktivističkoj teoriji (Cristol, 2019).

Teorija konstruktivizma je jedan od modela koji predstavlja napredak teorije međunarodnih odnosa zato što umjesto da umanjuje druge glavne teorije, prema njenim nosiocima i zagovornicima, teorija konstruktivizma pruža šire osvjetljavanje problema i daje potpuniji odgovor za određivanje dinamike i funkcije svjetske politike. Dok se realizam i liberalizam koncentrišu na materijalne faktore kao što su moć ili odnos snaga, konstruktivistička teorija teži da se fokusira na uticaj ideja. Umjesto da državu smatraju zdravo za gotovo i tvrde da ona u potpunosti teži opstanku, konstruktivisti smatraju identitet i interese država izuzetno fleksibilnim rezultatom posebnih istorijskih procesa (Ouchenane, 2017).

Značaj socijalnog konstruktivizma u razumijevanju međunarodnih odnosa je ogroman. Države nisu samo pasivni subjekti koji odgovaraju na objektivne uslove u međunarodnom sistemu. Umjesto toga, njihovo ponašanje je oblikovano zajedničkim idejama, normama i vjerovanjima koja upravljaju njihovim postupcima. Ovi društveni faktori utiču na to kako države percipiraju sopstvene identitete i identitete drugih država, što zauzvrat utiče na njihove interakcije i ponašanje u međunarodnom sistemu. Socijalno konstruktivistička perspektiva sugerise da priroda interakcija država i dinamika međunarodnih odnosa nisu samo određeni materijalnim disparitetima moći ili ekonomskim razmatranjima. Umjesto toga, oni su oblikovani idejama i normama koje države dijele i kolektivno potvrđuju (Zehfuss, 2002: 3-4).

Ovo viđenje međunarodnih odnosa se bitno razlikuje od drugih značajnih teorija, od kojih je neorealizam jedan od najzastupljenijih. Neorealizam je izdanak tradicionalnih teorija o ravnoteži snaga (ili „realističkih“) međunarodnih odnosa i prvi ga je artikulisao Kenet Valc 1975. i 1979. godine. Od starijih teorija realizma se razlikuje prvenstveno po pokušaju da bude eksplicitnije teorijski, u stilu koji je sličan ekonomiji, posebno svojim samosvjesnim poređenjima politike velikih sila sa oligopolističkim tržištem i njenim namjerno jednostavnim pretpostavkama o prirodi međunarodnih odnosa. Njegova primarna teorijska tvrdnja jeste da je sistem međunarodnih odnosa odgovaran za ponašanje država. Međunarodni sistem se posmatra kao potpuno i uvijek anarhičan (McKeown, 2014).

Kenet Valc, i njegovo vjerovanje o postojanju sistema međunarodnih odnosa, imaju veliki uticaj i na sami konstruktivizam. Valc je smatrao da kada analiziramo međunarodne odnose, naša analiza ne smije da se fokusira na djelovanje jedne države, koja se smatra jedinicom sistema, već na njeno ponašanje u sklopu sistema međunarodnih odnosa. On identifikuje tri elementa u ovom sistemu. Prvi je princip uređenja sistema, koji je u ovom slučaju anarhija, s obzirom da ne postoji takva stvar kao što je svjetska vlada ili centralna agencija za sprovođenje zakona

sposobna da se nametne svim partijama. Ovo dovodi jedinice sistema, države, u potragu za opstankom kroz samopomoć, odnosno oslanjajući se na sopstvene resurse („sposobnosti“) koliko god mogu i stvara atmosferu *bellum omnium contra omnes* u međunarodnim odnosima. Višegodišnja anarhija može se stoga smatrati stalnim obilježjem međunarodne politike (Freire, 2019: 60).

Iz prvog elementa strukture međunarodnih odnosa proizlazi i drugi, koji se sastoji u niskom stepenu funkcionalne diferencijacije između jedinica. U hijerarhijskom sistemu kao što je unutrašnje stanje u državi, jedinice (pojedinci, firme) teže da se specijalizuju i dopuštaju da podjela rada rezultira obezbeđivanjem neophodnih dobara. U anarhičnim uslovima, međutim, sve države se suočavaju sa sličnim potrebama s jedne strane, a, s druge strane, ne mogu se u potpunosti osloniti na saradnju u obezbeđivanju neophodnih resursa. Samopomoć, dakle, podstiče države da izbegavaju specijalizaciju. To, zauzvrat, znači da će jedinice pokazati funkcionalnu sličnost. Budući da je derivacija prvog strukturnog elementa, stepen funkcionalne diferencijacije prati obrazac logike samopomoći i ostaje nizak tokom vremena (Freire, 2019: 60-61).

Treći element sistema međunarodnih odnosa prema Volcu jeste nejednaka distribucija moći. Moć nije jednako distribuirana i to utiče na ponašanje jedinica koje su unutar sistema (Freire, 2019: 61.). Ovo bi značilo da se države nalaze u sistemu koji suštinski nema pravila, u kome moraju da se snalaze za opstanak koji je ugrožen jer odnos snaga nije jednak i uvijek se mijenja. Ovaj sistem koji autonomno djeluje na svoje jedinice je značajan faktor koji utiče na njihovo ponašanje. Kada ovako posmatramo međunarodne odnose, ne postoje „dobre“ i „loše“ države. One sve potpadaju pod uticaj anarhije koja ih tjera da gomilaju svoju snagu i da su jače od strane koja ih ugrožava.

U očima građana Sjedinjenih Američkih Država Hladni rat je možda predstavljao moralnu borbu protiv okova komunizma. Međutim, kada posmatramo ovaj konflikt sa systemske tačke gledišta, vidimo da je u pitanju sukob dvije velesile koje su samim postojanjem u sistemu međunarodnih odnosa prijetnja jedna za drugu. To predstavlja srž rivalstva po neorealizmu, ideološke konsideracije imaju posve sekundarnu ulogu. Konstruktivizam pozajmljuje systemsko razmišljanje od neorealisa, ali sa značajnom promjenom fokusa sa materijalnih činioaca na idejne, norme.

Konstruktivistički pristup anarhiji često se sumira tvrdnjom Aleksandra Venda da je „anarhija ono što države prave od nje“. U tom smislu Vend tvrdi da se „ljudi ponašaju prema objektima, uključujući druge aktere, na osnovu značenja koje objekti imaju za njih“, ovo sugerise da naš pristup anarhiji zavisi od značenja koje pridajemo anarhiji i da je moguće misliti da anarhija ima višestruka značenja za različite aktere. Centralno za konstruktivistički pristup anarhiji su intersubjektivna značenja koja pridajemo društvenim kontekstima. Konstruktivizam bi stoga tvrdio da su međunarodni odnosi društveno konstruisani i prožeti društvenim vrednostima, normama i pretpostavkama. Čini se da ovo sugerise da će njihovo razumijevanje anarhije od strane državnog ili nedržavnog aktera navesti da se ponašaju na poseban način u društvenom kontekstu međunarodne politike (Dornan, 2011).

Konstruktivisti, kao što je Hopf, tvrde da se anarhija može posmatrati kao „zamišljena zajednica“ u kojoj je „moguć kontinuum anarhija“. To znači da se određene oblasti međunarodne politike mogu shvatiti kao više ili manje anarhične; razlika između načina na koji države pristupaju kontroli naoružanja i ekonomskoj trgovini koristi se za ilustraciju ovoga, pri čemu države više brinu o sprovođenju sporazuma o kontroli naoružanja jer su troškovi „ustupanja kontrole nad ishodima drugim državama ili institucijama“ veći nego što bi bili u trgovinskim ugovorima (Hopf, 1998: 174.). Opet, ovo naglašava važnost inter-subjektivnih značenja, za koja se može vidjeti da predviđaju određena ponašanja u međunarodnoj politici. U tom smislu, konstruktivisti osporavaju realističku ideju da su samopomoć i politika moći suštinske karakteristike anarhije, već da su one institucije koje utiču na proces, a ne struktura međunarodnih odnosa (Wendt, 1992: 395-396).

Ako se vratimo na neorealizam, vidimo da većinu objašnjavanja u njemu obavljaju anarhija i raspodela moći. Čini se da su anarhije inherentno konkurentni sistemi čiju logiku države ignorišu samo na svoju odgovornost, a da su broj i veličina velikih sila ključni faktori za države kada razmatraju pretnje njihovoj bezbjednosti. Ipak, ako pogledamo dublje, postaje očigledno da veliki dio posla u stvari obavljaju faktori koji su samo implicitni u modelu. Postoje dva načina da se razvije ovaj argument, prvi jeste distribucija interesa. Drugi način da se argumentuje jeste da se identifikuju kulturne formacije na sistemskom nivou, zajedničke ideje koje čine norme, institucije, sisteme pretnji i tako dalje, koje čine značenje raspodjele moći, bilo konstituisanjem percepcije država te distribucije ili konstituisanjem njihovih identiteta i interesa (Wendt, 1999: 100-102).

Da je distribucija interesa, kao idejni faktor, veoma bitan u sistemu međunarodnih odnosa, možemo se ponovo okrenuti prema sistemskoj teoriji Keneta Volca. Implicitna uloga distribucije interesa u Valcovoju teoriji može se vidjeti ako variramo njegove pretpostavke da su države egoisti koji su motivisani prvenstveno bezbjednošću. Razmotrimo najprije mogućnost da bezbjednost nije glavni prioritet države. Nema spora da države žele da opstanu; ovo je trivijalno tačno. Međutim, kada Volc kaže da države teže preživljavanju, on ignoriše druge ambicije država kao što su jačanje, osvajanje, ujedinjavanje itd. Pretpostavljajući da države traže bezbjednost, Volc pretpostavlja da su one zadovoljne ili *status quo* moći. Za takve države, akumulacija moći je pre sredstvo nego cilj, koji će prestati kada se zadovolje bezbjednosne potrebe. Alternativna pretpostavka bi bila da su države „revizionisti“, koji žele da prigrabe teritoriju, osvoje jedni druge ili promjene pravila sistema. Za ove države nijedna količina moći nije prevelika, njeno akumuliranje je više cilj samo po sebi (Wendt, 1999: 104). Pretpostavke o motivaciji, koje su idejnog tipa, neophodne su čak i u najstrukturalnijim materijalističkim teorijama, pa isticanje da ih Volc pravi nije kritika njegovog djela.

Kritika je što on ne prikazuje jasno da njegovi zaključci o efektima anarhije i raspodjeli moći zavise od tih idejnih pretpostavki. Anarhija *status quo* sila će biti znatno drugačija od one koja je sastavljena od revizionističkih sila. U ovoj anarhiji države mogu da budu mnogo sigurnije budući da velike sile teže očuvanju trenutnog stanja, a u anarhiji gdje imamo revizionističke sile šansa za preživljavanje je znatno manja. Tvrđnja jeste da efekti anarhije i materijalne strukture

zavise od toga šta države žele. Logika anarhije među revizionističkim državama poprima oblik borbe do smrti; među *status quo* državama, trka u naoružanju i neki konflikti; među kolektivističkim državama gdje države mare za sigurnost svih, možda žestoke, ali na kraju nenasilne rasprave o podjeli tereta u međunarodnim odnosima (Wendt, 1999: 105).

Struktura svakog društvenog sistema će sadržati tri elementa, a to su materijalne uslove, interese i ideje. Materijalisti privileguju materijalne uslove i pokušavaju da pokažu da oni u velikoj mjeri određuju interese. Idealisti privileguju ideje i pokušavaju da pokažu da one u velikoj mjeri određuju interese. S obzirom na to da sva tri elementa moraju barem prećutno da se pojavljuju u bilo kojoj strukturnoj teoriji, obje strane mogu dati neko tlo drugoj; materijalisti priznaju da ideje imaju autonomnu ulogu i idealisti tvrde isto za materijalne faktore. Ključna premisa idealističke društvene teorije je da ljudi djeluju prema objektima, uključujući jedni druge, na osnovu značenja koje ti objekti imaju za njih (Wendt, 1999: 139).

Konstruktivizam tvrdi da u međunarodnim odnosima postoji sistem koji vrši uticaj na ponašanje država i da je taj sistem pretežno sastavljen od ideja. Međutim, moramo posvetiti pažnju na to kako taj sistem zapravo izgleda. Aleksandar Vent i njegov umjereni konstruktivizam pruža za nas veoma zanimljivu opciju zato što on ne isključuje uticaj materijalnih uslova na ponašanje država, ali daje veliki značaj idejnom faktoru. Njegov način predstavljanja sistema međunarodnih odnosa je iz tih razloga veoma koristan za proučavanje inicijative *Pojas i put*, projekat koji iza sebe ima opipljivi materijalni element, ali čiji idejni značaj igra ogromnu ulogu u međunarodnim odnosima (Wendt, 1999: 140).

Možemo reći da bez pretpostavki o strukturi identiteta i interesa u sistemu materijalistička definicija strukture ne može predvidjeti sadržaj ili dinamiku anarhije. Samopomoć je jedna takva intersubjektivna struktura i, kao takva, obavlja odlučujući rad na objašnjenju u teoriji. Osnovni princip konstruktivističke društvene teorije je da se ljudi ponašaju prema objektima, među kojima su i drugi akteri, na osnovu značenja koje objekti imaju za njih. Države se ponašaju drugačije prema neprijateljima nego prema prijateljima jer neprijatelji prijete njihovoj sigurnosti, a prijatelji ne. Anarhija i raspodjela moći nisu dovoljni da nam ukažu na to ko je prijatelj a ko neprijatelj.

Koristan primjer da bi razumjeli ovakav način razmišljanja jeste činjenica da američka vojna moć ima drugačiji značaj za Kanadu nego za Kubu, uprkos njihovim sličnim „strukturnalnim“ pozicijama, kao što britanski projektili imaju drugačiji značaj za Sjedinjene Države od kineskih Raspodjela moći uvijek može uticati na proračune država, ali kako to čini zavisi od intersubjektivnih shvatanja i očekivanja, tj. od distribucije znanja koja čine njihove koncepcije o sebi i drugima (Wendt, 1992: 397-399).

Akteri stiču identitete, tj. relativno stabilna, specifična shvatanja i očekivanja u vezi sa seбом, učestvujući u takvim kolektivnim značenjima. Svaki identitet je inherentno društvena definicija aktera zasnovana na teorijama koje akteri kolektivno drže o sebi i jedni o drugima i koje čine strukturu društvenog svijeta. Identiteti su osnova formiranja interesa, akteri nemaju *portfolio* interesovanja koje nose nezavisno od društvenog konteksta, umjesto toga definišu svoje interese



u procesu definisanja situacija. Institucija je relativno stabilan skup ili *struktura* identiteta i interesa. Takve strukture su često kodifikovane u formalnim pravilima i normama, ali one imaju motivacionu snagu samo na osnovu socijalizacije aktera i učešća u kolektivnom znanju (Wendt, 1992: 398-399).

Drugi princip konstruktivizma je da značenja na osnovu kojih je radnja organizovana nastaju iz interakcije. Na primjer, uzmimo situaciju gdje se dva aktera, *ego* i *alter*, susreću po prvi put. Svaki od njih želi da preživi i ima određene materijalne mogućnosti, ali nijedan od aktera nema biološke imperativne za moć, slavu, osvajanje, i ne postoji istorija sigurnosti ili nesigurnosti između njih. Kakva bi bila interakcija između ova dva entiteta? Realisti bi vjerovatno tvrdili da svako treba da djeluje na osnovu najgorih pretpostavki o namjerama drugog, opravdavajući takav stav kao racionalan, s obzirom na mogućnost smrti u slučaju pogrešne procjene. Međutim, takva mogućnost uvijek postoji, čak i u svakodnevnom životu u građanskom društvu. Društvo bi bilo nemoguće kada bi ljudi donosili odluke isključivo na osnovu najgorih mogućnosti. Umjesto toga, većina odluka je, i treba, da se donosi na osnovu vjerovatnoće, a one se proizvode interakcijom, onim što akteri rade. Na početku je gest *ega*, koji se može sastojati, na primjer, od napredovanja, povlačenja, mahanja oružjem, polaganja oružja ili napada. Za *ego*, ovaj gest predstavlja osnovu na kojoj je spreman da odgovori na promjenu. *Alter*, sa druge strane, mora da izvuče zaključak o gestu *ega*, a sadržaj ovog zaključka će u velikoj mjeri zavisiti od dva razmatranja. Prvi su fizički kvaliteti gesta i *ega*, koji su djelimično stvoreni *egom* i koji uključuju pravac kretanja, buku, brojeve i neposredne posljedice gesta. Drugo razmatranje se tiče toga kakvu bi namjeru *alter* imao da je on napravio takav gest. *Alter* može napraviti atributivnu grešku u svom zaključivanju o namjeri *ega*, ali takođe nema razloga da *pretpostavi a priori*, prije gesta, da *ego* prijeti, jer samo kroz proces signalizacije i tumačenja mogu se utvrditi troškovi i vjerovatnoća greške. Društvene pretnje su konstruisane, a ne prirodne (Wendt, 1992: 404).

Ovaj proces signalizacije, tumačenja i reagovanja završava „društveni čin“ i početak procesa stvaranja intersubjektivnih značenja. Prvi društveni čin stvara očekivanja na obje strane o budućem ponašanju jednih drugih: potencijalno pogrešna i svakako provizorna, ali su očekivanja ipak. Na osnovu ovog provizornog znanja, *ego* pravi novi gest, ponovo označavajući osnovu na kojoj će reagovati na promjenu, i opet *alter* odgovara, i ovo se dodaje u skup znanja koje svako ima o drugom, i onda se ciklus ponavlja opet. Mehanizam ovdje je međusobna nadogradnja; interakcija nagrađuje aktore što drže određene ideje jedni o drugima i obeshrabruje ih da drže druge. Ako se ponavljaju dovoljno dugo, ove „recipročne tipizacije“ će stvoriti relativno stabilne koncepte sebe i drugih u vezi sa pitanjem o kome je riječ u interakciji. Kroz recipročnu interakciju, drugim rečima, mi stvaramo i instanciramo relativno trajne društvene strukture u smislu koji definišemo svoje identitete i interese. Kroz recipročnu interakciju, drugim riječima, mi stvaramo i instanciramo relativno trajne društvene strukture u smislu kojih definišemo svoje identitete i interese.

Ovakve interakcije se, prema konstruktivizmu, dešavaju i između država. Države, međusobnim djelovanjem, stvaraju ideje o sebi i o drugima, i one ulti-



mativno utiču na to kako će se ponašati. Ovim se stvara intersubjektivni sistem ideja i očekivanja na međunarodnoj sceni. Ove ideje konstituišu identitete i interese aktera u međunarodnim odnosima i služe kao motivišući faktor za njihovo ponašanje. Za razliku od objektivnih, materijalnih uticaja, idejni faktori su stalno u fluksu, zavise od interakcija između subjekata međunarodnih odnosa (Wendt, 1992: 404-405).

### **Inicijativa *Pojas i put* i identitet Kine**

Inicijativa *Pojas i put* je impresivan infrastrukturni projekat koji se proteže kroz mnoge zemlje Evrope, Azije i Afrike, i po svom obimu utiče na međunarodne odnose. Međutim, naše teorijske pretpostavke mogu da oblikuju način na koji mi interpretiramo ovaj uticaj. Da li je inicijativa pokušaj agresivne ekonomske ekspanzije NRK-a, ili je ono svijetli primjer saradnje međunarodne zajednice. Na primjer, ako su naše početne pretpostavke da zemlje teže apsolutnom dobitku i miru, nešto što bi bila pretpostavka teorije liberalizma (Danwanzam *et al*, 2014: 114), mi bismo bili veoma zadovoljni sa postojanjem ove inicijative.

Međutim, mi ne želimo da dođemo do suda o ovoj inicijativi zbog naših pretpostavki. Međunarodni odnosi su kreirani od strane učesnika koji sudjeluju u njima, i oni ih mogu definisati svojim radnjama, stvarajući sistem ideja, normi i očekivanja koja ti akteri imaju jedni o drugima. Ovaj sistem nije *a priori* određen ljudskom prirodom, anarhijom koja vlada između država, ili drugim faktorima koji govore o neizbježnosti određenih obrazaca ponašanja. Zbog ovoga, identitet i interesi su nam od velike važnosti kada sagledamo ovu inicijativu. Ako razumijemo identitet i interese NRK, moći ćemo da utvrdimo koje su stvarne implikacije inicijative *Pojas i put*.

### **Materijalni činioci inicijative *Pojas i put***

Za analizu identiteta NRK u međunarodnim odnosima odlučili smo se da koristimo umjereniju verziju konstruktivizma koja govori da su ideje i norme najznačajniji činioci međunarodnih odnosa, ali ne i jedini. Određene činjenice se ne mogu zanemariti, npr. činjenica da Češka Republika nikada nije ratovala sa NRK ne zasniva se isključivo na istoriji prijateljskih i antagonističkih odnosa ovih dvaju zemalja, već pretežno zbog velike geografske udaljenosti između ove dvije zemlje. Tako da materijalni faktori mogu da budu od koristi za ovu analizu, a posebno u tome kada određujemo šta inicijativa *Pojas i put* nije.

Inicijativa *Pojas i put* se optužuje da stvara savez između kineske vlade i lokalnih despota, da otvara nove geopolitičke konflikte na Balkanu, da je dio strategije za dominacijom južne hemisfere uperena ka svrgavanju Sjedinjenih Američkih Država kao dominantne moći. Strah od ove inicijative je toliki da je neki optužuju za pogoršavanje pandemije iz razloga što povećava povezanost između ljudi. Međutim, ako pogledamo početke inicijative, vidimo da korijene vuče iz procesa koji nisu političke prirode (Wu, Sze, 2016).

Nosioci ovih procesa jesu kineska javna preduzeća, koja su počela proces infrastrukturnog investiranja izvan zemlje prije najave inicijative tokom posjete

kineskog predsjednika Si Đinpinga 2013. godine (*The European Union Chamber of Commerce in China*, 2016). Javna preduzeća iz NRK-a jesu glavni nosioci infrastrukturnih ulaganja u sklopu inicijative. Iako inicijativa ima druge aspekte, infrastrukturni projekti čine njenu srž, što čini kineska javna preduzeća veoma važnim akterima u inicijativi (Wenxian *et al.*, 2018: 76, 202).

Kada se fokusiramo na investicije kineskih javnih preduzeća možemo da detaljnije shvatimo njihov uticaj i način funkcionisanja. Mnogi smatraju da su investicije tih preduzeća opasnost po siromašne nacije koje postaju kineske kolonije, međutim, stvarnost je mnogo manje dramatična. Kineska javna preduzeća u stvari imaju slično ponašanje kao velika privatna preduzeća. Dok neki smatraju da su ona samo produžena ruka kineske vlade, činjenica je da se kineska javna preduzeća vode kao kompleksne, hibridne organizacije koje posjeduju sopstvenu logiku djelovanja. Stoga, profit je jedan od najznačajnijih ciljeva ulaganja, ne samo strateški ciljevi NRK-a (Namukale *et al.*, 2013).

Kako kineske javne firme nisu monotone već postoje mnoge razlike u njihovom strukturiranju, kada posmatramo ulaganja u infrastrukturne projekte u inostranstvu možemo primijetiti razliku između firmi koje su pod Komisijom za nadzor i upravom sredstava, kineskog upravnog organa osnovanog 2003. godine sa ciljem transformisanja javnih preduzeća u moderne, profitabilne korporacije i firmi koje se nalaze na podnacionalnom nivou. Prateći kineska ulaganja u luke u nekoliko država ukazuje da se kompanije koje su pod direktnom kontrolom kineske vlade ponašaju drugačije od firmi čije je vođstvo pod kineskom provincijalnom upravom (Zhigao *et al.* 2020: 2).

Preduzeća koja su nezavisnija od centralne vlasti imaju manju toleranciju rizika i prije svega su vođena ekonomskim računicama za razliku od preduzeća koja su više kontrolisana od strane vlasti i koja su spremna da radi strategije preduzmu rizičnije poslove. Razlog toga može biti taj da preduzeća pod Komisijom prije svega žele politički kapital kod Pekinga i zato zanemaruju ekonomski rizik. Svejedno, primjećujemo da akcionari imaju različite motive za učestvovanje u projektima u vezi sa *Pojas i put* inicijativom. (Zhigao *et al.*, 2020: 8).

Inicijativa *Pojas i put* nije izazvala internacionalizaciju poslovanja kineskih javnih preduzeća, ovaj proces počinje mnogo prije inicijative i razvija se nezavisno od nje. Kineska vlada i nema toliko kontrole nad ovim procesima bez obzira na to što mnogi pretpostavljaju da ima, ona može olakšati ili otežati proces, ali su i dalje glavni akteri kineska javna preduzeća. Ono nad čime kineska vlada ima uticaje jeste kako će ovakvi procesi biti shvaćeni. Inicijativa podrazumijeva manje korišćenje ekonomskih sredstava u cilju geopolitičke strategije, a više korišćenje političkih, diplomatskih i propagandnih sredstava da oblikuje način na koji će ostali da posmatraju rast kineske moći (Greer, 2020).

## **Kineski identitet i interesi na međunarodnoj sceni**

Konstruktivizam vidi međunarodni sistem kao društvo država u kome države imaju identitete. Ovo društvo država podrazumijeva kulturu u kojoj nastaju interakcije i stoga se proizvode norme i praktikuje socijalizacija članova. Ovi procesi

pomažu u oblikovanju ponašanja i uspostavljanju uloga i međusobnih očekivanja aktera. Ovi procesi na kraju oblikuju identitet država. U ovom kontekstu se formiraju odgovarajući interesi država. A odluke donijete u ovom kontekstu uključuju više od ljudske spoznaje, ono uključuje i emocije. Dakle, međunarodno donošenje odluka nije samo sociološko, već je i psihološko. To objašnjava različitu reakciju na isti čin koji je preduzeo saveznik ili neprijatelj u međunarodnom sistemu. Pošto su takvi procesi dinamični, dinamičan je i identitet država. Kina je dokazala da je ova tvrdnja tačna kroz promjenu svog identiteta kao države u poslednjih četrdeset godina.

Počinjemo od kraja građanskog rata u Kini 1949. godine, pobjedom komunističke i uspostavljanja vladavine Mao Cedunga. Mao Cedung je produkt teškog perioda kineske istorije u kojoj je rat bio konstanta, zato i ne čudi da on ima militaristički stav prema svim pitanjima, od industrijalizacije do spoljnih odnosa. U polju međunarodnih odnosa, Mao Cedunga je imao tendenciju da donosi spoljnopolitičke odluke bez straha da će protivnik tražiti političku podršku preko konkurentne platforme, posebno nakon Kulturne revolucije 1966. godine (Adie, 1972: 1).

Od osnivanja NR Kine 1949. godine pa do kraja 1950-ih, osnovna karakteristika kineske spoljne politike bila je da se Kina borila protiv imperijalističkog tabora predvođenog SAD kroz kinesko-sovjetski savez uspostavljen 1950-ih. Ovo je nadaleko poznato kao *yibiandao* (oslanjanje na jednu stranu) strategija, koja je usvojena uoči osnivanja NRK-a. Dana 30. juna 1949. godine, Mao Cedung je proglasio *yibiandao* u svom članku „O narodnoj demokratskoj diktaturi“ gdje je izjavio posvećenost borbi protiv reakcionih i imperijalističkih sila (Yu-shek, Zhang, 2009: 95).

Međutim, ova strategija „oslanjanja na jednu stranu“ je tokom 60-ih godina prošlog vijeka zamjenjena strategijom „borbe sa dvije šake“. Pogoršanje odnosa NRK-a i SSSR-a su pokazala da Kina ne može da se osloni na socijalističku silu, posebno kada su počeli da se pokazuju znaci da je SSSR spreman da sarađuje sa SAD u vezi sa određenim pitanjima. Ovo je dovelo do toga da kineska „anti-imperijalistička“ politika pređe u „anti-imperijalističku i anti-revizionističku“ smatrajući da je SSSR izdao revoluciju. Ova promjena strategije je praćena povećanim tenzijama između dve socijalističke zemlje, a došlo je i do vojnog sukoba. Ovaj vojni sukob iz 1969. godine je ubijedio Mao Cedunga da glavni neprijatelj ne dolazi od kapitalističke sile preko okeana, već da je na njihovoj sjevernoj granici. Mao je spremao zemlju za okršaj ali su mu bili potrebni saveznici. Tako se Kina, uprkos svojoj prvobitnoj strategiji, okrenula SAD-u kao savezniku za zaštitu od SSSR-a. Na osnovu zajedničkog interesa odvratanja Sovjetskog Saveza, Kina i SAD su započeli normalizaciju svojih odnosa u februaru 1972. godine. Ovo predstavlja treću strategiju Mao Cedunga, oslanjanje na nekada omraženi kapitalistički svijet da bi se zaštitio od Sovjeta (Yu-shek, Zhang, 2009: 95).

Deng Sjaoping, kineski komunistički lider koji je bio najmoćnija figura u Narodnoj Republici Kini od kasnih 1970-ih do svoje smrti 1997, napustio je mnoge ortodoksne komunističke doktrine svog prethodnika i pokušao da ugradi elemente sistema slobodnog tržišta i drugih reformi u kinesku ekonomiju. Deng

je bio glavni kreator politike u spoljnim i unutrašnjim poslovima NRK-a (*The Editors of Encyclopaedia Britannica*, 2023).

Kineske strategije spoljnih odnosa pod Dengom pokrivala su i Hladni rat i posthladnoratovsku eru, tokom koje je Kina imala široku agendu uključujući ekonomsku izgradnju i otvaranje prema spoljnom svijetu, nacionalno ujedinjenje, obezbjeđivanje globalne i regionalne bezbjednosti i uspostavljanje novog političkog i ekonomskog poretka. Kao i kod ere Mao Cedunga, primjetna su tri perioda kineske spoljne politike kod Denga Sjaopinga (Yu-shek, Zhang, 2009: 99).

Prvi period, od 1982 do 1989. godine karakteriše retorika nezavisnosti i mira. Nezavisnost je oduvijek bila osnovna karakteristika kineske revolucije i spoljne politike NRK, a takođe je opisana kao fundamentalna karakteristika nove kineske spoljne politike. Dvanaesti nacionalni kongres Komunističke partije Kine (u daljem tekstu: KPK) smatra se prekretnicom u kineskoj spoljnoj politici, u kojoj je kinesko rukovodstvo jasno utvrdilo smjernice za svoju strategiju spoljnih odnosa, odnosno spoljnu politiku nezavisnosti i mira (Yu-shek, Zhang, 2009: 90-100).

Usvajanje strategije niskog profila od 1989. do 1995. godine predstavlja niz principa u rukovanju teškim međunarodnim okruženjem NRK-a nakon incidenta na Tjananmenu. U periodu od 1989. do 1991. godine Kina je patila od ekonomskih sankcija koje je uveo Zapad i morala je da se nosi sa implikacijama raspada Sovjetskog Saveza, kao i kolapsa komunizma u Istočnoj Evropi. Cilj strategije je bio da Kina napravi od sebe što manju prijetnju za druge, da strpljivo čeka i jača u miru kako bi se osiguralo da će Kina nastaviti da koristi svaku priliku za razvoj privrede. Prema Dengovom dizajnu, ako bi Kina mogla da dostigne cilj da do kraja vijeka učtverostruči svoj BNP, onda će za još 30 do 50 godina ona biti među prvima u svijetu po ukupnoj snazi. Po ovoj definiciji, *taoguang yanghui* strategija treba da se sprovedi na nekonfrontacijski način i da se podstiče saradnja sa svim zemljama (Yu-shek, Zhang, 2009: 101).

Od sredine 1990-ih, posebno nakon krize u Tajvanskom moreuzu (1995–1996), Kina je ubrzala tempo promovisanja uspostavljanja novog međunarodnog političkog i ekonomskog poretka kroz stvaranje strateškog partnerstva sa najvećim svjetskim silama. Tokom posete ruskog predsjednika Borisa Jeljcina Peking u aprilu 1996. godine, Kina i Rusija su izjavile da su uspostavile strateško partnerstvo zasnovano na jednakosti i međusobnom povjerenju. Godinu dana kasnije, tokom posete kineskog predsjednika Đang Cemina Moskvi, Đijang i Jeljin su potpisali zajedničku kinesko-rusku deklaraciju o multipolarnom svijetu i uspostavljanju novog svjetskog poretka. U maju 1997. Kina i Francuska su takođe uspostavile sveobuhvatno kooperativno partnerstvo za promovisanje procesa globalne multipolarizacije (Yu-shek, Zhang, 2009: 102).

Tokom državne posjete Đang Cemina SAD-u u septembru 1997. godine, dvojica lidera su izjavila da su obje zemlje odlučne da grade ka konstruktivnom strateškom partnerstvu. Uzvratna posjeta Bila Klintonu Kini u junu i julu 1998. godine pokazala je da je njegova administracija prepoznala Kinu kao rastuću i odgovornu silu i da će voditi politiku angažovanja kako bi podstakla Kinu da prihvati postojeće međunarodne norme koje je definisao zapadni svijet. Promovišući

razvoj multipolarizacije, Kina planira da upravlja svojim odnosima sa velikim silama u kontekstu strateškog partnerstva. Prema kineskim liderima, strateško partnerstvo podrazumijeva da velike sile treba da izbjegavaju da postanu protivnici, već da teže saradnji (Yu-shek, Zhang, 2009: 102).

Dengovo spoljnopolitičko razmišljanje znatno je odstupilo od Maoovog. Veliki rat sa Sovjetskim Savezom ili Sjedinjenim Državama više se nije smatrao neizbježnim. Kina je uložila velike napore da razvije prijateljske i savezničke odnose sa zemljama širom svijeta, bez obzira na njihovu političku ili ideološku orijentaciju; rezonovao je da će nekonfrontacijski stav privući strane investicije u Kinu i podstaći trgovinu. Mirno međunarodno okruženje, poboljšana pozicija Kine u globalnoj areni i stabilna integracija Kine u postojeće ekonomski poredak bi takođe pomogli u konsolidaciji moći komunističke partije kod kuće. (Jisi, 2011).

Dengov način vođenja spoljne politike je takođe pokazao impresivnu izdržljivost. Ono je trajalo kroz treću, četvrtu i petu „generaciju“ vođa KPK-a. Dengovi nasljednici su na Dengovoj bazi dodali nove koncepte, ali ovi doprinosi su u kontinuitetu sa prvobitnim razmišljanjem ovog kineskog lidera čak i kada su identifikovali i prepoznali suštinske međunarodne promjene koje su se dogodile od Dengove smrti 16. februara 1997. godine. Njegov nasljednik, Đang Cemin je ponovio da su „mir i razvoj“ i dalje „veliki zadatak“ partije dok je Kina nastavila sa „socijalizmom sa kineskim karakteristikama“. Međutim, Đang je imao ambicije da će pretvoriti „mir i razvoj“ u međunarodnu javnu politiku koja uključuje napredak Kine u okviru svjetskog mira i „zajedničkog razvoja“; time je proširio međunarodne implikacije kineske „nezavisne spoljne politike“ (Rogan, 2018: 235).

Dvadeset i prvi vijek su vidjeli nastavak diskursa koji je pokrenuo Deng Sjaoping, što može objasniti i zainteresovanost vlasti u Pekingu za meku moć. Bivši predsjednik Kine Hu Đintao je 2004. i 2005. godine javno objavio svoje namjere i ciljeve da izgradi „harmonično društvo“ i „harmoničan svijet“. Prema njegovom mišljenju, harmoničan svijet bi karakterisali multilateralni odnosi, uzajamno korisna saradnja, duh inkluzivnosti da bi se izgradio svijet u kome postoji suživot među civilizacijama i reformisanim Ujedinjenim nacijama. Diskusija o mekoj moći u donošenju odluka u Kini se još više integrisala nakon što je Hu Đintao 2007. godine u svom izveštaju na 17. partijskom kongresu izjavio svoj cilj izgradnje kineske „meke moći“ (Arif, 2017: 97).

Na 18. partijskom kongresu KPK-a u novembru 2012. godine, Si Đinping je imenovan za generalnog sekretara partije, što simbolizuje početak nove političke ere Kine. U izvještaju istog kongresa navodi se da Kina u bliskoj budućnosti mora povećati eksploataciju vodnih resursa, razviti pomorsku ekonomiju, zaštititi vodeni/okeanski ekosistem, istrajati u zaštiti nacionalnih pomorskih interesa, izgraditi pomorsku moć (Yizhou, 2014). Vladavina Si Đipinga predstavlja novu eru kineske spoljne politike u novom, aktivnijem pravcu. Inicijativa *Pojas i put*, povećana strana ulaganja i jača pomorska politika samo su neki od načina na koje predsjednik Si Đinping ostvaruje aktivniju ulogu u međunarodnim poslovima (Rühlig, 2018).

Iako Sijeva spoljna politika tokom njegovog prvog mandata na čelu KPK nije predstavljala potpuni raskid sa centralnim spoljnopolitičkim principima NR

Kine tokom reformskog perioda, ona se značajno udaljila od strategije niskog profila koju je uspostavio Deng Sjaoping, definišući aktivniju ulogu Kine u međunarodnoj zajednici. Njegov izvještaj na 19. nacionalnom kongresu KPK bio je posebno pojašnjavajući i na osnovu ovoga dokumenta mogli smo vidjeti kakva će biti spoljna politika tokom njegovog drugog mandata, zamišljenu da proširi uticaj Kine u kontekstu globalnog upravljanja i unutar njenog regiona (Esteban, 2017).

Kina se sve više identifikuje sa imenom „međunarodne zajednice“. Predsednik Si Đinping često poziva na uspostavljanje „društva sa zajedničkom budućnošću za čovečanstvo“, u kojoj će Kina zauzeti vodeću poziciju. Kako je izjavio Vang Ji, ministar spoljnih poslova NRK-a, Kina predvodi reformu globalnog sistema upravljanja, čineći globalizaciju inkluzivnijom i korisnijom za sve, a međunarodni poredak pravednijim. Međutim, uspon NRK nije donio svijetu samo veću saradnju i razvoj, jačanjem Kine i aktivnija spoljna politika tokom ere Si Đingpa izazivaju snažnu antikinesku reakciju u SAD-u. To možemo vidjeti i tokom trgovinskog rata koji je počela administracija predsjednika SAD Donalda Trampa, ali i do diplomatskog konflikta u vezi sa Tajvanom za vrijeme trajanja mandata Bajdenove administracije (Sodhi, Tang, 2022).

U ovom dijelu rada smo se fokusirali na kineski identitet koji se od kraja Drugog svjetskog rata pa do danas stalno mijenjao. Nacionalni identitet je relevantan jer je u osnovi spoljnopolitičkih izbora, ono objašnjava hijerarhiju važnosti za izbore koje donosi država i opravdava interese države, inspiriše ponašanje i interakciju sa drugima. Nacionalni identitet je promjenjiv jer faktori od kojih zavisi su takođe skloni promjenama, i upravo se ovo dogodilo NRK-u. Pošto su se kineski izbori i ponašanja mijenjala kroz interakciju sa svijetom, na svijet takođe utiču promjene u njemu. Zbog toga promjene u ponašanju između aktora sistema mogu proizvesti procesne promjene u sistemu, a ponekad i proceduralne promjene u sistemu.

NRK je prošla kroz takvu transformaciju nacionalnog identiteta od svoje ekonomske reforme 1978. godine. Ova promjena nacionalnog identiteta i namjerna izbori koje je Kina imala ukazuje na pragmatizam prilikom pregovaranja o svom ponašanju, ulozi, interesima i identitet u međunarodnom sistemu. U tom smislu, NRK je bila u potpunosti u konstruktivističkom režimu. Kineska država je napravila izbore i uključila se u ponašanje koje zahtijeva slobodu akcije što nas je dovelo do predviđanja kineske konvergencije ka konstruktivističkoj perspektivi međunarodne politike. Drugim rečima, Kina se ovlašćuje kao agent da oblikuje svoju ulogu u sistemu, i na taj način namjerava da oblikuje strukturu sistema.

Kineski razvoj nacionalnog identiteta se poklapa sa konstruktivističkom tvrdnjom da države same stvaraju međunarodni sistem. Taj sistem ima materijalnu stranu koja utiče na ponašanje država, ali je većinom sastavljen od ideja. Narodna Republika Kina je tokom svog postojanja više puta mijenjala svoj nacionalni identitet, od socijalističke države koja se bori protiv imperijalizma, do politike borbe sa dvije pesnice i čuvanja nezavisnosti od hladnoratovskih supersila, do borbe protiv revizionizma. Ove promjene su se desile samo u eri Mao Cedunga i demonstriraju ogromne promjene koje nacionalni identitet može da doživi u sistemu međunarodnih odnosa.



Kasnija privaženost „držanju glave nisko“ politici Deng Sjaopinga, ali i postepeno otvaranje, asertivnost i najskorije sukobi sa drugim silama, pokazuju da NRK stalno redefiniše svoje mjesto u svijetu. Ovo se može vidjeti kako i u diskursu zvaničnika, koji je za Kinu veoma značajan, do ponašanja u međunarodnoj zajednici.

## REZULTATI

Kineski identitet se od vremena vladanja Mao Cedunga, kroz period reformi Deng Sjaopinga, pa do trenutne vladavine Si Đipinga značajno mijenjao i tokom ovih perioda NRK je donosila odluke koje su bile u skladu njenim tadašnjim identitetom. Tokom ere Mao Cedunga, NRK je imala vojnu intervenciju u Korejskom ratu gdje je bila direktni protivnik koaliciji predvođenom Sjedinjenim Američkim Državama, kao i vojni sukob sa SSSR-om.

Tokom vladavine Deng Sjaopinga, usvajanje strategije „držanja glave nisko“ je uzrokovalo da se ovakvi sukobi sa supersilama svog vremena nisu dešavale. Ovo ipak ne znači da NRK nije ratovala za vrijeme Deng Sjaopinga, ona je zapravo izvršila invaziju Vijetnama 1979. godine, međutim, ovaj rat, koji je više za cilj imao poboljšanje strateške pozicije ugrožene zemlje (Vijetnam je sklopio sporazum sa SSSR-om koji je ugrožavao kinesku sjevernu granicu) nego što je bila pokušaj okupacije druge države, teško se može porediti sa direktnim konfliktom sa nekom svjetskom silom.

NRK bi prema teoriji konstruktivizma svojim djelovanjem uticala na sistem međunarodnih odnosa koji je sastavljen od ideja, percepcija aktera. To bi značilo da bi ponašanje ove države, na način koje bi druge države smatrale neprijetećim ili kooperativnim, stvaralo očekivanja kod aktera međunarodnih odnosa koja bi vodila svijetu sa manje tenzija. Struktura međunarodnih odnosa koja je sastavljena od intersubjektivnih interakcija bi se promijenila i vršila uticaj na ponašanje i očekivanja međunarodne zajednice.

Afrika i ponašanje dvije svjetske sile, Narodne Republike Kine i Sjedinjenih Američkih Država, na ovom kontinentu opravdavaju ovakvo gledište. Infrastrukturni projekti u sklopu inicijative *Pojas i put* su motivisale SAD da krenu sa svojim investicijama i saradnjom na kontinentu. Ovi potezi, kao što je pregovaranje o trgovačkom sporazumu sa Kenijom, više su reaktivni nego proaktivni i imaju za cilj suprotstavljanju uticaja Kine.

Rusija takođe ima svoj odgovor na inicijativu, *Veliko evroazijsko partnerstvo*. Ovaj projekat ima slične ciljeve kineskog projekata, ali značajno manjeg obima, fokusirajući se samo na Evroazijsku ekonomsku uniju. Ekonomska globalizacija i *Pojas i put* oboje proizvode zamršene razmjene i kontinuitete koji su dio pozitivnog savremenog razvoja. Na primjer, Evropska unija je 1. decembra 2021. godine najavila svoj odgovor na inicijativu *Pojas i put*. Projekat *Global Gateway* je suštinski evropska verzija kineske inicijative koja za cilj ima povećanje uticaja ovog bloka na globalnoj sceni.

Grupa 7 je takođe najavila novi program finansiranja infrastrukture koji bi mogao da parira kineskoj inicijativi *Pojas i put*. SAD i druge članice G-7, uklju-



čujući Kanadu, Nemačku i Japan, zvanično su pokrenule *Partnership for Global Infrastructure and Investment* koje ima za cilj da prikupi oko 600 milijardi dolara za globalne infrastrukturne projekte u zemljama sa niskim i srednjim prihodima u narednih pet godina. Sličnosti sa kineskom inicijativom nisu slučajne, projekat Grupe 7 predstavlja pokušaj da se ide u korak sa NRK:

Ovo ukazuje da je NRK kroz svoju inicijativu promijenila samu ideju kako velike sile treba da se ponašaju na međunarodnoj sceni. Infrastrukturni projekti koji su se javili kao odgovor na kineski globalni projekat mijenja dosadašnje obrasce ponašanja i stvara nova očekivanja aktera u međunarodnoj zajednici. Ovo je primjer kako intersubjektivna idejna struktura se konkretno mijenja i stvara utiče na svoje jedinice da se ponašaju na određeni način.

To da inicijativa *Pojas i put* izaziva promjene na strukturu međunarodnih odnosa je evidentno, i ovo možemo prikazati kao kauzalnu vezu, pojava X utiče na Y. Međutim, primijetili smo da ovo nije jedina vaze koju pojave mogu da imaju i da konstruktivizam prepoznaje i konstitutivne relacije, tj. kako jedna pojava gradi drugu pojavu. Ova vrsta veze je jaka budući da X ovdje ne utiče na Y, Y u svojoj srži ima X i bez njega ne bi postojali. Kako bismo razumjeli inicijativu *Pojas i put* mi je ne možemo odvojiti od kineskog identiteta u međunarodnim odnosima. Može se reći da je kineski identitet, tj. njegova promjena ka aktivnijoj spoljnoj politici, u konstitutivnom odnosu sa inicijativom, inicijativu ne možemo odvojiti od identiteta i interesa NRK-a. Taj identitet je u stalnom fluksu i mijenja se od *mirnog rasta* do sve samopouzdanijeg, asertivnijeg i aktivnijeg djelovanja na međunarodnoj sceni i inicijativa *Pojas i put* je manifestacija ove nove faze kineskih spoljnih odnosa.

Kineska inicijativa je produkt kineske spoljne politike koja postaje asertivnija dolaskom Si Đinpinga. Njom se želi uticati na međunarodnu zajednicu na način koji je u skladu sa današnjim kineskim identitetom. Taj identitet je i dalje pod snažnim uticajem prethodnih faza kineske spoljne politike koje su naglašavale da zemlja treba da teži mirnom razvoju. Međutim, potreba Kine da bude odlučujući igrač na svjetskoj sceni ultimativno prouzrokuju njeno stvaranje.

Međutim, ova asertivnost ne pokazuje da NRK postaje sila koja želi da na nametljiv način dobije to što želi, štaviše, diskurs koji okružuje inicijativu potencira poštovanje zakona i reda, a međunarodne sporove rješava preko adekvatnih mehanizama. Identitet NRK nije revizionistički, iako tenzije sa SAD i Tajvanom mogu da izazovu velike sukobe, ona u međunarodnim odnosima pokazuje želju za saradnjom i razvojem sa mnogim regionima svijeta.

Na početku rada smo postavili sljedeće hipoteze koje moramo da potvrdimo ili opovrgnemo:

Na osnovu našeg rada možemo da pružimo precizan odgovor na naše hipoteze:

1. Konstruktivizam se pokazao kao optimalna teorija za naš rad budući da nam je ostavio slobodu istraživanja bez tereta neopravdanih pretpostavki sa kojima dolaze druge uticajne teorije međunarodnih odnosa. Ono nam je omogućilo da odredimo značaj ove inicijative u strukturi međunarodnih odnosa bez teškoća sa kojima bi se neki pravci poput realizma i liberalizma susretali. Konstruktivizam

nam takođe pruža uvid u spoljnopolitičko ponašanje država kroz identitete i interese. Ovim potvrđujemo prvu hipotezu.

2. Promjena identiteta Kine je evidentna kada pratimo diskurs i odluke u njenoj spoljnoj politici. Od komunističke borbe Mao Cedunga, pa reformi Deng Sjaopinga i *mirnim rastom* sa početka 21. vijeka i trenutnom aktivnijom politikom, možemo pratiti kako se zemlja prilagođavala, a kasnije i uticala, na međunarodne odnose. Ove promjene više zavise od konstruktivističkih faktora kao što su želja i namjera zemlje, nego nekih objektivnih, stalnih faktora. Ovim potvrđujemo drugu hipotezu.

3. Inicijativa *Pojas i put* je u konstitutivnoj vezi sa kineskim identitetom. Ona predstavlja izlaženje iz povučene politike ka asertivnoj i aktivnijoj Kine. Kako sami infrastrukturni projekti nisu u potpunosti zavisni od inicijative, što smo zaključili analizom materijalnih faktora, ona služi kao način da se iskoristi momentum povećanog investiranja kineskih javnih preduzeća kako bi NRK bila aktivnija na međunarodnoj sceni, i dalje njegujući sliku prijateljske sile i ekonomskog prosperiteta. Promjena identiteta Kine ka asertivnoj politici je preduslov za inicijativu *Pojas i put*. Ovim potvrđujemo treću hipotezu.

## DISKUSIJA

Na početku rada smo dali istraživačka pitanja na koja je ovaj rad dao odgovor:

1. Konstruktivizam ima prednost u tome što ne uzima nedokazane pretpostavke kao istine koje diktiraju našim istraživanjem. Ovo je ključno za analizu inicijative ali i NRK-a uopšte. Tradicionalni pravci su se pokazali nedovoljnim za ovaj zadatak, zato konstruktivizam sa svojom koncepcijom međunarodnog sistema koji je sastavljen pretežno od ideja pruža bolje shvatanje ovog projekta. Ono nije ni imperijalističko širenje nove svjetske sile niti je pokušaj da se poveća apsolutna dobit svih, ono je produkt specifičnih promjena identiteta i interesa NKR-a. Normativni značaj i njegova analiza je ključna, zato što ljudi djeluju prema stvarima po tome šta za njih znače te stvari. Šta *Pojas i put* znači za NRK, ostale sile, zemlje u razvoju, razvijene zemlje i kako utiče na normativni sistem međunarodnih odnosa je mnogo važnije za nas od čistih cifara.

2. Inicijativa *Pojas i put* nije pokrenula talas kineskih investiranja u inostranstvu, taj proces se dešavao prije nje. Ona je kineski projekat koji želi da iskoristi taj momentum kako bi uticao na međunarodne odnose i položaj NRK-a u njima. Kao takva, rezultat je želja ove države za asertivnijom i aktivnom spoljnom politikom i koja predstavlja promjenu identiteta od pasivnog do aktivnog igrača. Ova promjena je značajno uticala na postojanje inicijative.

Ograničenja ovog rada dolaze iz dva ugla. Prvo jeste nepoznavanje kineskog jezika autora rada. Iako postoji ogroman broj izvora na engleskom jeziku, poznavanje kineskog bi bez sumnje bilo od velike koristi. Zatim, konstruktivizam jeste popularna teorija unutar međunarodnih odnosa, međutim, neke koncepte treba dalje razlagati i konkretizovati. Konstitutivna veza između identiteta i interesa, na primjer, mogla bi da bude jasnije određena kako bi se sklonile određene nejasnoća. Ovo predstavlja interesantnu temu za dalju diskusiju među stručnjacima međunarodnih odnosa.

**ZAKLJUČAK**

Konstruktivizam se pokazao kao optimalna teorija za naš rad budući da nam je ostavio slobodu istraživanja bez tereta neopravdanih pretpostavki sa kojima dolaze druge uticajne teorije međunarodnih odnosa. Zbog ovoga smo ovu teoriju izabrali kao osnovu za naš rad, a ne liberalizam ili neorealizam. Takođe smo utvrdili da je inicijativa *Pojas i put* u konstitutivnoj vezi sa kineskim identitetom. Ona predstavlja izlaženje iz povučene politike ka asertivnoj i aktivnijoj Kine. Kako sami infrastrukturni projekti nisu u potpunosti zavisni od inicijative, što smo zaključili analizom materijalnih faktora, ona služi kao način da se iskoristi momentum povećanog ulaganja kako bi NRK bila aktivnija na međunarodnoj sceni, i dalje njegujući sliku prijateljske sile i ekonomskog prosperiteta.

**LITERATURA**

- Adie, W. A. C. (1972). *Chinese Strategie Thinking under Mao Tse-tung*, Canberra, Australian National University Press.
- Arif, B. H. (2017). The Role of Soft Power in China's Foreign Policy in the 21st Century, *International Journal of Social Sciences & Educational Studies*, 3(3), DOI:10.23918/ijsses.v3i3p94
- Barbosa, S. A. (2008) *The relationship between social constructivism and qualitative method*, [https://www.researchgate.net/publication/311650502\\_The\\_relationship\\_between\\_social\\_constructivism\\_and\\_qualitative\\_method](https://www.researchgate.net/publication/311650502_The_relationship_between_social_constructivism_and_qualitative_method)
- Butts, E. R. (ured.) & Brown, J. R. (ured.). (1989). *Constructivism and Science: Essays in Recent German Philosophy*, Heidelberg, Springer Netherlands.
- Cristol, J. (2019). *Constructivism*. Preuzeto 17. juna 2022. godine sa <https://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199743292/obo-9780199743292-0061.xml>
- Danwanzam et al, (2019). Neoliberalism and International Organizations, *International Journal Of Multidisciplinary & Allied Studies*, 6(11).
- Dornan, M. (2011). *Realist and Constructivist Approaches to Anarchy*. Preuzeto 23. jula 2022. godine sa <https://www.e-ir.info/2011/08/29/realist-and-constructivist-approaches-to-anarchy/>
- Ernest, P. (2013). *Social Constructivism As A Philosophy Of Mathematics: Radical Constructivism Rehabilitated?*. Preuzeto 24. jula 2022. godine sa <https://www.semanticscholar.org/paper/SOCIAL-CONSTRUCTIVISM-AS-A-PHILOSOPHY-OF-RADICAL-Ernest/e45602d29a22a31cb0a2cf77fd58ca6b2d9df>
- Esteban, M. (2017). *The foreign policy of Xi Jinping after the 19th Congress: China strives for a central role on the world stage*. Preuzeto 02. avgusta 2022. godine sa <https://www.realinstitutoelcano.org/en/analyses/the-foreign-policy-of-xi-jinping-after-the-19th-congress-china-strives-for-a-central-role-on-the-world-stage/>
- Freire, L. G. (2019). Is Neorealism a Deterministic Theory of International Relations?, *SAGE International Studies*, 56(1), DOI: 10.1177/0020881718824760
- Greer, T. (2020). *The Belt and Road Strategy Has Backfired on Xi*. Preuzeto 22. juna 2022. godine sa <https://www.palladiummag.com/2020/10/24/the-belt-and-road-strategy-has-backfired-on-xi/>
- Hopf, T. (1998). The Promise of Constructivism in International Relations Theory, *International Security*, 23(1), <https://doi.org/10.2307/2539267>
- Jisi W. (2011). *China's Search for a Grand Strategy: A Rising Great Power Finds Its Way*. Preuzeto 15. jula 2022. godine sa <https://www.foreignaffairs.com/articles/china/2011-02-20/chinas-search-grand-strategy>
- Kukla, A. (2000). *Social Constructivism and the Philosophy of Science*, New York, Routledge.
- McKeown, T. (2014). *Neorealism*. Preuzeto 17. jula 2022. Godine sa <https://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199743292/obo-9780199743292-0037.xml>

- Namukale et al. (2013). *Chinese State-Owned Enterprises in Africa: Myths and Realities*. Preuzeto 17. jula 2022. godine sa <https://iveybusinessjournal.com/publication/chinese-state-owned-enterprises-in-africa-myths-and-realities/>
- Nightingale, D. J. & Cromby J. (2002). Social Constructionism as Ontology: Exposition and Example, *Theory & Psychology*, 12(5), <https://doi.org/10.1177/0959354302012005901>
- Niiniluoto, I. (2002). *Critical Scientific Realism*, Jericho, Oxford University Press.
- Ouchenane, A. (2017). *Constructivism in International Relations*, Preuzeto 15. avgusta 2022. godine sa [https://www.ia-forum.org/Content/ViewInternal\\_Document.cfm?contenttype\\_id=5&ContentID=8773](https://www.ia-forum.org/Content/ViewInternal_Document.cfm?contenttype_id=5&ContentID=8773)
- Poerksen, B. (2004). *Certainty of Uncertainty: Dialogues Introducing Constructivism*, Charlottesville Imprint Academic, Charlottesville.
- The Editors of Encyclopaedia Britannica (2023). *Deng Xiaoping*. Preuzeto 18. jula 2022. godine sa <https://www.britannica.com/biography/Deng-Xiaoping>
- Rogan K. C. (2018). *Deng Xiaoping and China's Foreign Policy*, London, Routledge.
- Rühlig, T. (2018). *A "New" Chinese Foreign Policy Under Xi Jinping?*. Preuzeto 07. avgusta 2022. godine sa <https://isdpeu/publication/new-chinese-foreign-policy-xi-jinping-implications-european-policy-making/>
- Sodhi M. S. & Tang C. S. (2022). *China-US tensions: How global trade began splitting into two blocs*. Preuzeto 13. avgusta 2022. godine sa <https://theconversation.com/china-us-tensions-how-global-trade-began-splitting-into-two-blocs-188380>
- The European Union Chamber of Commerce in China (2016). *Overcapacity in China: An Impediment to the Party's reform agenda*. Preuzeto 27. jula 2022. godine sa <https://www.eurochamber.com.cn/en/publications-overcapacity-in-china>
- Theys, S. (2018). *Introducing Constructivism in International Relations Theory*. Preuzeto 02. avgusta 2022. godine sa <https://www.e-ir.info/2018/02/23/introducing-constructivism-in-international-relations-theory/>
- Wendt, A. (1992). Anarchy is what States Make of it: The Social Construction of Power Politics, *International relations*, 46(2).
- Wendt, A. (1999). *Social theory of international politics*, New York Cambridge University Press.
- Wenxian et al. (2018). *China's Belt and Road Initiative: Changing the Rules of Globalization*, Singapore, Palgrave Macmillan.
- Wu, F. & Sze N. (2016). *"One Belt, One Road" The Internationalization of China's SOEs*. Preuzeto 23. jula 2022. godine <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/about-deloitte/articles/deloitte-perspective-v5-chapter2.html..html>
- Yizhou, W. (2014). *China's New Foreign Policy: Transformations and Challenges Reflected in Changing Discourse*. Preuzeto 25. jula 2022. godine sa <https://theasanforum.org/chinas-new-foreign-policy-transformations-and-challenges-reflected-in-changing-discourse/>

- Yu-shek, C. J. & Zhang, F. W. (2009). Chinese Foreign Relation Strategies Under Mao and Deng: A Systematic and Comparative Analysis, *Kasarinlan: Philippine Journal of Third World Studies*, 14.
- Zehfuss, M. (2002). *Constructivism in International Relations: The Politics of Reality*, Cambridge, Cambridge University Press, <https://doi.org/10.1017/CBO9780511491795>
- Zhigao et al. (2020). Demystifying Chinese overseas investment in infrastructure, *Journal of Transport Geography*, 87, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102812>

**Branko STEŠEVIĆ****CHINA'S "BELT AND ROAD" INITIATIVE FROM CONSTRUCTIVIST PERSPECTIVE**

**Summary:** The Belt and Road Initiative, a monumental project of the People's Republic of China, undoubtedly has a huge impact on interstate relations and the global scene. However, traditional theoretical disciplines of international relations based on scientific realism are not the ideal setting for the analysis of this project. The reason for this is the fact that the aforementioned theories, and above all we mean realism and liberalism, base their exploitative power on assumptions that do not need further proof, taking them as indisputable truths. An example of this is the belief that the great powers that arise in the area of Asia will show the same patterns of behavior that are characteristic of Western powers. This limits our ability to provide a clear analysis of the aforementioned Chinese initiative, reducing our understanding of international relations. For these reasons, we analyzed the "Belt and Road" initiative from the point of view of constructivist theory, which removes the robust restrictions of realist theories and allows us to see the phenomenon specifically in the context in which it was created. Here, we are primarily referring to the identity of the People's Republic of China on the international stage. The paper aims to demonstrate the exploitative power of constructivist theory and its advantages compared to rationalist theories. The paper tries to show the constitutive connection between Chinese identity and initiative, i.e. to prove that Chinese identity preconditions the very existence of the Belt and Road Initiative. According to our research, constructivism proved to be the optimal theory for analyzing the initiative since it left us the freedom to explore without the burden of unjustified assumptions that come with other influential theories of international relations. It allowed us to determine the significance of this initiative in the structure of international relations without the difficulties that some trends such as realism and liberalism would encounter. Constructivism also gives us insight into the foreign policy behavior of states through identities and interests. We have also established that the Belt and Road initiative is constitutively linked to Chinese identity. It represents a departure from the reticence of China's foreign policy towards an assertive and more active policy. We conclude that constructivism is a theoretical direction that is optimal for analyzing contemporary phenomena in international relations, and therefore should be more represented in Montenegro as well.

**Key words:** constructivism; initiative; China; identity; interests; structure





### Fakultet političkih nauka

**BRANKO STEŠEVIĆ** je rođen u Podgorici, 5. januara 1999. godine. Tu završava osnovnu i srednju školu, te upisuje Fakultet političkih nauka Univerziteta Crne Gore tokom 2017/18. akademske godine. Za vrijeme studiranja na osnovnim studijama dobija nagradu za najboljeg studenta fakulteta, državne i međunarodne stipendije. Takođe

je proveo dva semestra na prestižnom Jagelonskom univerzitetu u Krakovu, Poljska. Master studije upisuje 2020. godine i brani svoj master rad 30. novembra 2022. godine. Za vrijeme master studija, dobitnik je nagrade „19. decembar“ i gradske stipendije za najboljeg studenta.



**Sanja RAIČEVIĆ**

Filološki fakultet

sanjaraicevic1@gmail.com

Mentor: prof. dr Vanja Vukićević-Garić

## **DISTOPIJA, VIZIJA I NADA U ROMANIMA KAZUA IŠIGURA *NE DAJ MI NIKADA DA ODEM* I *KLARA I SUNCE***

UDK 821.111-31.09(043.2)

**Sažetak:** Kraj dvadesetog vijeka donosi distopijske vizije u književnosti u kojima se uočavaju nenametljivi utopijski horizonti. Te vizije su poznate kao kritičke distopije. Kritička distopija obuhvata kritiku društva, prisustvo različitih žanrova i otvorene završetke romana koji, djelujući zajedno, rađaju prostor za buđenje utopijske perspektive i optimizma. Ove karakteristike se uočavaju u romanima Kazua Išigura (Kazuo Ishiguro, 1954) *Ne daj mi nikada da odem* (*Never Let Me Go*, 2005) i *Klara i sunce* (*Klara and the Sun*, 2021). Išiguro je za postolje svojih distopijskih vizija iskoristio razvoj nauke i tehnologije, čiji je rezultat u romanesknim svjetovima nedopustiv i neviđen u savremenom životu, a opet zamisliv i moguć u nekoj bližoj budućnosti. Išigurovi romani zalaze u teme genetskog modifikovanja, kloniranja i vještačke inteligencije, koje nisu strane ljudima, već se o njima uveliko diskutuje u dvadeset prvom vijeku. Ovo istraživanje, upravo na temelju nekih od najdominantnijih diskusija, prikazuje uticaj razvoja tehnologije i nauke na čovjeka, obuhvata analizu psihološkog razvoja likova i analizu romana iz ugla kritičke distopije. Glavni ciljevi ovoga rada jesu prikaz načina na koji utopijski impuls obitava u romanima, kao i načina na koji je njegova uloga vodeća za pokretanje svijesti čitalaca i pronalaženje mogućnosti za postojanje boljih vremena. Prema tome, istraživanje obuhvata analizu ključnih karakteristika kritičke distopije, kao što su zamučivanje žanra, otvorenost završetka i prisutnost kritike savremenog društva u romanima kroz karakterizaciju likova i analizu distopijskog društva u kome oni žive. Teorijskim razmatranjem je utvrđen značaj djelovanja kritičke distopije i novih književnih nastojanja. Rezultati istraživanja pokazuju da se metodama žanrovske, psiho-sociološke i naratološke analize romana došlo do shvatanja Išigurovog književnog stvaralaštva i uticaja njegovih distopijskih vizija na savremenog čitaoca. Sveobuhvatnom analizom različitih segmenata romana došlo se do zaključka da Išigurove distopijske vizije u romanima *Ne daj mi nikada da odem* i *Klara i sunce* sadrže karakteristike kritičke distopije, potrebne za rađanje utopijskog horizonta i nade, kako u samom djelu, tako i u životu savremenog čovjeka.

**Ključne riječi:** kritička distopija, utopijski horizont, otvoreni završeci, zamučivanje žanra, nada

## UVOD

Fokus ovog rada jesu Išigurovi romani *Ne daj mi nikada da odem* i *Klara i sunce*. Ne postoji mnogo savremenih pisaca koji jednostavnim stilom uspiju da predstave najkompleksnije teme čovjekovog postojanja. Romani obuhvataju mnogobrojne probleme savremenog društva, govore o prolaznosti života, sjećanjima i važnosti međusobnih odnosa. Išiguro je tokom pisanja ovih romana ostao vjeran temama svojih prethodnih književnih tvorevina, s tim što se ovog puta odlučio da uvede čitaocu u distopijske svjetove, svjetove ne tako daleke i ne toliko drugačije od svijeta savremenog čovjeka.

Distopija u književnosti predstavlja imaginarno društvo prikazano kao gore od društva savremenog čitaoca, ali dovoljno slično da posluži kao kritika istog. Klasična distopija hrli ka pesimističnom završetku romana, dok osamdesete i devedesete godine dvadesetog vijeka donose distopijske vizije sa otvorenim završecima i nenametljivim optimizmom. U pitanju su književna nastojanja svježijeg podžanra kritičke distopije, čiji utopijski impulsi okupiraju pažnju savremenih književnih kritičara, a isti obitavaju u romanima Kazua Išigura. Potlačenost manjinskih zajednica, zaboravljeno obećanje tehnologije da olakša čovjekov život, robovanje korporacijama, konzumerizam i otuđenost nisu samo karakteristike distopijskog svijeta, već i života savremenog čovjeka. Pišući jednostavnim stilom, Išiguro vješto oslikavakompleksne teme distopijskog i modernog doba, uspijevajući da utka utopijsku perspektivu u trenucima u kojima se čini da je nema. Kritička distopija sa sobom donosi potencijal za emancipaciju, drugim riječima mogućnost rađanja utopijskih vidika za koje klasična distopija ne zna. U Išigurovim distopijskim vizijama se uočavaju otvoreni završeci i zamagljivanje granica žanra (zajedničko djelovanje više žanrova i/ili podžanrova). Zamagljivanje žanra i otvoreni završeci, zajedno sa kritikom društva, vode ka utopijskom horizontu, a čini se da Išigurovi romani potvrđuju nužnost njihovog međusobnog djelovanja.

Već sprovedena istraživanja Išigurovog književnog stvaralaštva su mnogobrojna, ali autorovo koraćanje po distopijskom tlu je relativno svježije, posebno imajući u vidu da je njegov posljednji distopijski roman *Klara i sunce* objavljen početkom 2021. godine. Njegova distopijska fikcija iziskuje dodatna istraživanja i promišljanja, a činjenica da su u romanima, obuhvaćenim u naslovu ovoga istraživačkog rada, prisutne odlike kritičke distopije to i potvrđuje.

Kritička distopija, koja predstavlja tekstualnu isprepletenost književnih žanrova i podžanrova i obitava između distopijskih i utopijskih perspektiva, otvara mogućnosti za vizionarska tumačenja i stvaranje novih puteva budućih djelovanja. Romani osamdesetih i devedesetih godina dvadesetog vijeka, u kojima se uočavaju odlike kritičke distopije, analizirani su temeljnije zahvaljujući Tomu Mojlanu (*Scraps of the Untainted Sky*, 2000) i njegovom sveobuhvatnom razgraničavanju utopijskih, distopijskih i antiutopijskih književnih tvorevina. Detaljnu analizu je potrebno napraviti i sa književnim djelima dvadeset prvog vijeka u kojima je primjetno međusobno djelovanje distopijskih i utopijskih elemenata. Stoga, doprinos shvatanju sadašnjih i budućih književnih nastojanja modernijeg doba

je još jedan od razloga i svrhe istraživanja Išigurovog književnog stvaralaštva i tendencija njegove distopijske fikcije. Istraživanje će obuhvatiti analizu ključnih karakteristika kritičke distopije, kao što su zamagljivanje žanra, otvorenost završetka i prisutnost kritike savremenog društva u romanima kroz karakterizaciju likova i analizu distopijskog društva u kome oni žive.

Distopijsku fikciju su donijela teška vremena prouzrokovana svjetskim ratovima, a popularnost ovog žanra neprekidno raste. Društveno i političko stanje je oslikavano u utopijskim djelima godinama unazad, a razgraničavanje između utopije, antiutopije i distopije predstavlja globalni problem u književnosti. Novija interesovanja za izučavanje distopijskog žanra su uslovila uočavanje drugačijih distopijskih vizija, odnosno uočavanju djelovanja utopijskih odlika u distopijama, danas poznatog podžanra kritičke distopije. Liman Tauer Sardžent je pružio opšte-prihvaćenu definiciju distopije, da ona predstavlja alternativno društvo prikazano u zamišljenom prostoru romana, a koje se čini slično, ali i mnogo gore od društva u kom se čitalac nalazi (*The Three Faces of Utopianism Revisited*, 1994, p. 9). Tom Mojlan utiče na prihvatanje kritičke distopije kao podžanra utopijske fikcije, a daje veoma značajan doprinos kada je u pitanju razgraničavanje utopije, antiutopije i distopije. Tokom prikaza ključnih razlika među njima razjasnio je upravo pojam kritičke distopije i prikazao njena nastojanja u književnosti, objasnivši važnost zajedničkog djelovanja zamagljivanja granica žanra, otvorenog kraja, istorije i kritike društva za rađanje i ostvarenje novih vizionarsko-transformacionih puteva, potrebnih za razvoj svijesti savremenih čitalaca (*Scraps of the Untainted Sky*, 2000). Definisanje kritičke distopije otvara nove puteve tumačenja književnog stvaralaštva, a kako su karakteristike kritičke distopije i novih nastojanja u savremenim književnim djelima prisutne u djelima Kazua Išiguro, javlja se i mogućnost za analizu Išigurovih romana iz ugla kritičke distopije. Kao jedan od ključnih elemenata, kritika savremenog društva u Išigurovim romanima obuhvata mnoge segmente života. Kris Holms posmatra alternativni svijet klonova kao prikaz djelovanja korporativnih tijela i ističe važnost uloge njihovog svijeta na život savremenog čovjeka (*Ishiguro at the Limit: The Corporation and the Novel*, 2019). Veliki broj kritičara i književnika se zaustavlja na isključenost pobune klonova u djelu, ali Martin Pačner ističe sličnosti između klonova i stvarnih ljudi, stavljajući fokus na to da su klonovi samo ljudi koji su marginalizovani postupkom dehumanizacije (*When we were clones: The Novels of Kazuo Ishiguro*, 2008). Važnost karakterizacije i saosjećanja čitalaca sa likovima je nužno u recepciji kritičke distopije, a Martin Šemelak izučava pojam donacije organa kao metaforu za ljudski život (*The suffering of existence in Kazuo Ishiguro's 'Never Let Me Go'*, 2018), što je ključno za prihvatanje smrtnosti čovjeka, ali i pronalaska utopijske perspektive. Isaraporn Pisard pruža zapažanja o zamagljivanju žanra i kritike društvenog sistema u svom radu (*Utopian Desire and Critical Dystopia in Kazuo Ishiguro's 'Never Let Me Go' and Cormac McCarthy's 'The Road'*, 2020), u kome najprije ističe *bildungsroman* žanr, na čijoj važnosti insistira i Tajtus Levi, posebno kada je u pitanju narušavanje ljudskih prava od strane vladajućeg sistema. Ističe da je u pitanju razvojni roman koji ima karakteristike podžanra *bildungsromana* koji Džozep Slotter naziva „*dissensual Bildungsroman*“ (*Human Rights Storytelling and Trauma*

*Narrative in Kazuo Ishiguro's 'Never Let Me Go'*, 2011). Osim u romanu *Ne daj minikada da odem*, karakteristike žanra *bildungsroman* se zapažaju i u romanu *Klara i sunce*, te će se, kada je u pitanju definisanje ovog žanra i njegovog značaja za razvoj utopijskog impulsa, koristiti zapažanja Simahachalam Thamarana (*Origin and Development of Bildungsroman Novel in English Literature*, 2015), kao i definisanje podžanra „dissensual Bildungsroman“ prema radu Džozepa Slotera (*Human Rights Inc.: The World Novel, Narrative Form, and International Law*, 2007). Kada je u pitanju analiza romana *Klara i sunce*, u kojoj distopijski prostor definišu vještačka inteligencija i genetski inženjering, važan je doprinos autora Havijer Andreu Pereza, Fani Deligijana, Danijel Ravija i Guang-Žong Janga, koji u svojoj knjizi daju sveobuhvatan prikaz evolucije i djelovanja vještačke inteligencije u savremenom društvu (*Artificial Intelligence and Robotics*, 2017); njihov rad će doprinijeti istraživanju prilikom prikaza kritike društva i analize ponašanja likova u romanu. Zatim, Izabela Herman istražuje zastupljenost vještačke inteligencije u žanru naučne fantastike, kao i njen uticaj na savremeni svijet (*Artificial intelligence in fiction: between narratives and metaphors*, 2021). Jakob Stenseke istražuje moralnost Klare, vještačkog prijatelja, kao i autonomnost njenog postojanja i misaonog procesa (*The Morality of Artificial Friends in Ishiguro's Klara and the Sun*, 2022). Baverta Svaminatan i Ragavan Ravi zaranjuju u distopijski svijet istražujući teme ljubavi, prijateljstva, nade i vjere u ljudskim životima, posmatrajući vještačkog prijatelja Klaru (*Hope, Faith, Love, Human and Humanoid: a Study of Kazuo Ishiguro's 'Klara and the Sun'*, 2021).

Činjenica je da je Tom Mojlan značajno doprinio definisanju kritičke distopije 2000. godine, kao i da Išigurovi romani prikazuju distopijske vizije dvadeset prvog vijeka. Posmatrajući pregled dosadašnjih istraživanja, mnoga su, zaista, fokusirana na kritiku društva i distopije u romanu *Ne daj mi nikada da odem*. Isaraporn Pisard je jedna od rijetkih koja je zakoračila na tlo kritičke distopije u njemu. Stoga, uz prikaz distopijske vizije u romanu, potrebno je detaljnije analizirati likove i segmente teksta koji vode do utopijskog isijavanja, novih progresivnih viđenja i razvoja svijesti čitalaca. *Klara i sunce* je relativno nov roman, a dosadašnja istraživanja su fokusirana na analizu lika Klare i uticaj vještačke inteligencije na život čovjeka. Dakle, u okviru ovog romana, nije mnogo toga istraženo.

Uočljivo je da analiza Išigurovih romana iz ugla kritičke distopije tek pronalazi svoje mjesto među kritičarima. Uz primjenu dosadašnjih istraživanja, potrebno je analizirati oba Išigurova romana s akcentom na one odlike i segmente romana u kojim se primjećuju novi vizionarski putevi, karakteristični za kritičku distopiju. Prikaz sličnosti likova sa čovjekom, te alternativnih svjetova sa stvarnim, predstavljaju glavnu motivaciju za pisanje ovog istraživačkog rada, dok glavni ciljevi ovoga istraživanja obuhvataju detaljan prikaz načina na koji utopijski horizonti obitavaju u romanima i na koji način je njihova uloga vodeća za razvoj svijesti čitalaca i ostvarivanje potencijala za postojanje boljih vremena.

Iz navedenog proizilazi osnovna hipoteza rada, a to je da Išigurove distopijske vizije u romanima *Ne daj mi nikada da odem* i *Klara i sunce* sadrže karakteristike kritičke distopije, potrebne za rađanje utopijskog horizonta i nade, kako u samom djelu, tako i u životu savremenog čovjeka. U cilju što jasnijeg prikaza

i analize osnovne hipoteze, izvodi se i pomoćna hipoteza, a to je da Išigurovi likovi, iako pasivni, zapravo utiču na buđenje svijesti i nade kod savremenih čitalaca. Ove hipoteze neizbježno dovode do postavljanja određenih istraživačkih pitanja. Postavlja se, između ostalih, pitanje koliko Išigurova kritika društva utiče na savremene čitaoce, kao i na koji način čitaoci saosjećaju sa likovima romana. Takođe, postavljaju se pitanja da li razvoj nauke i tehnologije utiče loše na čovjekov psihološki razvoj i da li je osjećaj sreće prisutan u životima marginalizovanih likova.

## **METODE**

Istraživanje se zasniva na metodi žanrovske, psiho-sociološke i naratološke analize romana. Ovakav naučni pristup je nužan radi analiziranja određenih djelova romana pojedinačno, a koji su ujedno i ključni za razumijevanje i testiranje gore navedenih hipoteza i istraživačkih pitanja. Uz metodu analize, primijenjena je i metoda sinteze, najprije u teorijskom okviru rada, nakon čega su funkcionalnom analizom posmatrane karakteristike kritičke distopije prisutne u romanima. Kompleksne teme zastupljene u kritičkim distopijama zahtijevaju raščlanjivanje i jasan prikaz, te se u cilju što konkretnijeg prikaza tema i aspekata primjenjuje metoda klasifikacije. Kako Išiguro u svojim alternativnim svjetovima opisuje razne društvene probleme marginalizovanih likova, sociološki pristup romanima je neizostavan. Pošto se dosta naučnih metoda često prepliće i djeluje zajedno radi postizanja zajedničkog cilja, upotrijebljena je i metoda generalizacije, posebno kada je u pitanju kritika društva, shvatanje ponašanja likova i prikaz odraza optimizma i novih utopijskih nastojanja, značajnih za kritičku distopiju. Prilikom prikaza karakternih osobina likova, prikazan je i njihov psihološki razvoj koji je uslovio upotrebu komparacije, odnosno, poređenje likova romana sa stvarnim ljudima. Ovim metodama su se ispitale hipoteze i istraživačka pitanja ovog naučnog rada, a prikaz konačnih rezultata je na kraju objedinjen upotrebom sinteze.

## **REZULTATI**

Kako je glavna namjera ovog istraživačkog rada prikaz Išigurove distopijske vizije iz ugla kritičke distopije, njeno potpuno razumijevanje je neizbježan preduslov za realizaciju tog cilja. Stoga, jedan od rezultata istraživanja jeste koncizan prikaz karakteristika podžanra kritičke distopije i njegove značajne uloge u distopijama, a isti značajno upotpunjuje književnu kritiku kada je u pitanju utopijska i distopijska fikcija. Teorijskim razmatranjem je utvrđen i prikazan značaj djelovanja kritičke distopije i novih književnih nastojanja, a rezultati istraživanja pokazuju da se metodama žanrovske, psiho-sociološke i naratološke analize romana došlo do shvatanja Išigurovog književnog stvaralaštva i uticaja njegovih distopijskih vizija na savremenog čitaoca. Pristupi prisutni u ovom radu stvaraju mogućnost novih tumačenja pojedinih distopijskih djela, a analiza Išigurovih romana doprinosi inspirisanju čitalaca kada je u pitanju pronalazak utopijske perspektive i progresivnog djelovanja u distopijskim uslovima života likova, a samim tim i



savremenog čovjeka. Dakle, sveobuhvatnom analizom različitih segmenata romana došlo se do zaključka da Išigurove distopijske vizije u romanima *Ne daj mi nikada da odem* i *Klara i sunce* sadrže karakteristike kritičke distopije.

Napokon, čitalačka publika će se bliže upoznati sa radom engleskog romanopisca i nobelovca Kazua Išigura, čija su književna djela napisana tako jednostavnim stilom da onaj koji ih čita zaboravlja da čitanjem uranja u neki posve drugačiji, a opet blizak svijet. Analiza Išigurovih romana pruža doprinos ne samo budućim studentima koji se odluče za istraživanja u oblasti distopijske fikcije, već istraženo obogaćuje i nastavu savremenih tendencija u engleskoj književnosti uopšte. U odnosu na postojeća istraživanja, detaljnije su analizirani određeni postupci likova romana, njihov psihološki razvoj, kao i analiza već pomenutog zamagljivanja žanra, otvorenog završetka i kritike društva. Stoga, analizom navedenog dokazuje se javljanje optimističke perspektive i utopijskog horizonta u Išigurovim romanima, što može rezultirati konstruktivnim plodovima kada je u pitanju shvatanje čovjekovog postojanja i njegove, ponekad neshvatljive, želje da uprkos svemu korača naprijed.

## DISKUSIJA

U cilju postizanja navedenog, ovaj istraživački rad je bilo nužno podijeliti na segmente. Najprije je napravljen osvrt na Mojlanova definisanja kritičke distopije i njenih nastojanja, te su njegova definisanja korištena prilikom analiziranja i uočavanja prisutnosti ovog podžanra u Išigurovim djelima. Istraživanjima je ukazano na sličnosti između likova i stvarnog čovjeka, kao i na sličnosti između distopijskih uslova alternativnog svijeta prikazanog u romanima i savremenog društva. Stoga, na putu ka dokazivanju osnovne hipoteze, utvrdila se i važnost uloge Išigurovih nesvakidašnjih likova, iz koje proističe i pomoćna hipoteza da Išigurovi likovi, iako pasivni, zapravo utiču na buđenje svijesti i nade kod savremenih čitalaca. Ukazalo se na nužnost potpunijeg shvatanja Išigurovih distopijskih vizija, elemenata i likova u cilju pokretanja čitalaca i pronalaženja mogućnosti za postojanje bolje budućnosti.

Na početku analize oba romana predstavljena je Išigurova kritika društva ušuškana u distopijskim alternativnim svjetovima. Ukazivanje na distopijske slike svijeta u kom obitavaju Išigurovi klonovi, formira misao da prepreka koja ne dozvoljava klonovima da se pobune ili da pobjegnu nije fizička, već psihološka. Kao potvrda postojanju psihičkih barijera pri odsustvu onih fizičkih, prikazana je analiza okoline Hejlšama uz postojanje straha i neznanja prouzrokovanih od strane društvenog uređenja alternativnog svijeta. Analiza se poziva na postojanje ove vrste neznanja i kod savremenih čitalaca, s obzirom na to da čitalac poznaje svijet klonova upravo onoliko koliko i Keti. Postepeno se uočava rađanje saosjećanja sa likovima romana. U radu je naznačeno da je nezadovoljstvo čitalaca prilikom čitanja Išigurovih romana ključno, a isto je potkrijepljeno poređenjem djelovanja Hejlšama sa djelovanjima korporativnih tijela u stvarnom životu. Nezadovoljstvo radnika je činjenično stanje širom svijeta, a čovjekova odluka da ne ode, odnosno da ne napusti radno mjesto na kom ne želi biti, predstavljena je kao ključno objaš-

njenje pasivnosti klonova. Dakle, sličnost između pasivnosti klonova i pasivnosti savremenog čovjeka postaje jasnija, ne samo kada su u pitanju institucije. Rad se poziva i na šablon ljudskog života u kome se takođe uočava čovjekovo povinovavanje društvenom sistemu. Išigurova kritika društva dovodi do poistovjećivanja čovjeka sa klonovima, što pruža odgovor na postavljeno istraživačko pitanje koje se tiče načina na koji čitaoci saosjećaju sa likovima romana. Ovim istraživanjem se, dakle, saosjećanje dovodi u ključnu vezu sa poistovjećivanjem čitalaca sa klonovima.

Kritika društva ispoljena u romanu *Ne daj mi nikada da odem* pokazuje svoju važnu ulogu na putu ka utopijskim vidicima. U njenom singularnom djelovanju se primjećuje, ne optimizam, već početak inspirisanja čitalaca, odnosno pokretanje njihovih misaonih procesa, nužnih za dalje koraćanje ka novim mogućnostima. Kada je u pitanju roman *Klara i sunce*, distopijski svijet romana je još jednom obojan suptilnom, ali oštrom kritikom društva. Konzumerizam u vidu kupovine vještačkog prijatelja djetetu se odmah uočava kao problem alternativnog društva visokorazvijene tehnologije, a dovođenje u vezu humanoidnog robota i savremenog telefona ukazuje na isti. Istraživanje sugerise da je postojanje humanoidnog robota glavna alatka za predstavljanje savremenih problema i odjek kritike društva. Stoga, u radu je prikazano kategorisanje robota, kao i to da ono uvodi temu kategorisanja djece, odnosno problem njihove marginalizacije. Marginalizacija djece predstavlja najoštriju Išigurovu kritiku društva, a spajanje napredne medicine i tehnologije dovodi ovu temu do vrhunca. Još jednom, Išigurova distopijska vizija zahtijeva izuzetno angažovanje čitalačke publike. Kao robot koji ne pripada najnovijoj seriji robota i kao dječak koji nije u mogućnosti da se usavrši genetskom modifikacijom, Klara i Rik su oboje marginalizovani. U radu je naznačena scena druženja djece kao ključna za prikaz ove teme, čije dublje razmatranje dovodi do shvatanja da su isti problemi prisutni i u stvarnom životu. Analizom je uočeno da međuljudski odnosi stagniraju dok tehnologija konstantno napreduje. Poistovjećivanje alternativnog sa stvarnim dovodi do zaključka da su siromaštvo i diskriminacija dva vječna prijatelja.

Osim glasne kritike društva kada su u pitanju međusobni odnosi, u radu je naznačena i Klarina uloga kao predstavnika odnosa između čovjeka i tehnologije. Analiza pojedinih dijaloga između likova ukazuje na to da postojanje straha izazvanog napredovanjima tehnologije pronalazi svoje mjesto u Išigurovoj distopiji. Sposobnost inteligentne mašine da zamijeni čovjeka, ne samo na poslu, već u pravom smislu te riječi, zaista mora ostaviti čitaoca iznenađenim. Neizbježno napredovanje genetskog modifikovanja i AI donosi sa sobom mnoštvo važnih pitanja na koja se mora odgovoriti. Išiguro je svjestan mogućeg doprinosa ljudskom rodu uz genetsko modifikovanje i AI, ali njegov roman podsjeća na neke već postojeće probleme i prikazuje mogućnost pogoršanja tih problema, što dovodi do pitanja čovječije odgovornosti. Teme marginalizacije pojedinaca, dispariteta u novčanim primanjima i disbalans širom svijeta dovode do zaključka da Išigurova kritika društva obuhvata i prikazuje mnoge neugodne teme i probleme savremenog čovjeka, ali koje su svakako i nužne u smislu pokretanja onih koji čitaju roman. Stoga, baš kao i u prethodnom romanu, kritika društva izvršava svoju funkciju

angažovanja čitalaca ne samo u čitanju, već u aktivaciji kognitivnih sposobnosti u pronalaženju mogućih odgovora, rješenja ili budućih nastojanja.

Kao ključna za postojanje novih mogućnosti i tumačenja naznačena je uloga zamagljivanja granica žanra, a ponajviše uloga *bildungsroman*-a, žanra bez kog bi Išigurova vizija imala velike predispozicije da ostane samo na tlu klasične distopije. Analiza distopijskih slika u romanu *Ne daj mi nikada da odem* dovodi do tumačenja da fizičke barijere ne postoje, već da su ključne one psihičke, duboko ukorijenjene barijere koje je društveni sistem nametnuo klonovima i prije nego što su stvoreni. Žanr *bildungsroman* se uočava kao neizostavni dio Išigurove vizije koji prati psihološki razvoj protagoniste, posebno kada su u pitanju ograničenja razmišljanja likova. Istraživanjem su naznačena pojedina ograničenja misaonih procesa klonova koja podrazumijevaju intelektualno uključenje čitalaca koje može dovesti do novih shvatanja, a samim tim i do razvoja svijesti. Kao potpora navedenom, analiza ukazuje na relevantnost čitalačke svjesnosti o opresivnoj strani Hejlsama, koja može dovesti i do shvatanja opresivnog sistema društva u kom se sami čitaoci nalaze. Dok kritika društva naglašava probleme alternativnog svijeta, čitalac ih povezuje sa sopstvenim, a *bildungsroman* prikazuje Ketin intelektualni razvoj i ograničeno razmišljanje do koga ju je društveni sistem doveo, te način na koji se Keti suprotstavlja ili ne suprotstavlja tom sistemu. Prateći psihološki razvoj protagoniste je naznačen kao neophodan za razumijevanje Ketinog ponašanja, koje ujedno dovodi do shvatanja stvarnog čovjeka.

Prilikom analize zamagljivanja žanra u romanu *Ne daj mi nikada da odem* primjećuje se neophodnost zajedničkog djelovanja distopije, naučne fantastike i *bidungsroman*-a. Distopija dozvoljava čitaocima da uvide prikaz ograničenja koje alternativni svijet nameće klonovima, naučna fantastika prikazuje inovacije i moguće ishode u bliskoj budućnosti, a prikaz psihološkog razvoja protagoniste omogućava čitaocima da zavire u djelovanja tih inovacija na njega samoga. Dakle, može se izvesti zaključak da zajedničko djelovanje pomenutih žanrova potencijalno snažno utiče na misaone procese čovjeka i na postavljanje mnogobrojnih pitanja koja su ključna za razumijevanje ljudskog postojanja, a samim tim i za pronalazak utopijskog vidika i optimizma. Zanimljivo je da se isti žanrovi uočavaju i u romanu *Klara i sunce*. Razvijena AI potvrđuje obitavanje naučne fantastike, ali ovo istraživanje prikazuje malo drugačiju vrstu AI mašine. Klarini postupci i nastojanja dokazuju da ovaj humanoidni robot nema loše namjere poput onih najistaknutijih u klasičnim distopijama, onih o AI koja u potpunosti ima kontrolu nad ljudskim bićima. Ova argumentacija je podržana prikazom Klarinih misaonih procesa, a opservacijom se ponovo primjećuju odlike *bildungsroman*-a. U radu je naznačeno ograničenje Klarinog razvoja činjenicom da je robot, ali je ukazano i na segmente romana koji ukazuju da se njen psihološki sklop mijenja i napreduje, posebno kroz njeno poimanje društva prikazanog u romanu. Poređenje Klare na početku romana i onda kada dolazi do objašnjenja posebnosti čovjeka i ljudskog srca prikazuje upravo njen razvoj i jaku prisutnost *bildungsroman*-a. Uloga ovog žanra je da dovede do postavljanja pitanja o Klarinom moralnom statusu, a takođe doprinosi i shvatanju marginalizacije djece romana, s obzirom na činjenicu da se praćenjem Klarinih misaonih procesa posmatraju distopijska djelovanja koja okružuju ne samo Klaru, već i Rika i Džozu.

Poseban dio ovog rada dovodi u vezu naratora romana *Ne daj mi nikada da odem* i naratora romana *Klara i sunce* i sugerije njihovu sposobnost da vješto prikažu najprobematičnije teme savremenog života čovjeka. Prikazano je da oba lika, uz djelovanje *bildungsroman*-a, uspješno uključuju čitaoce u misaone procese naratora, a samim tim i u roman kao cjelinu, čiji je rezultat saosjećanje sa likovima, odnosno javljanje kompleksnih emocija. Osim ove najglasnije odlike, tematika, stil pisanja i postepeno otkrivanje informacija o alternativnom svijetu, takođe, dovode u vezu ova dva romana.

Nadalje, u radu postaje jasno da je, osim kritike društva i zamagljivanja žanra, karakterizacija likova bitan elemenat prilikom uočavanja utopijskog impulsa koji uslovljava pronalaženje optimističke perspektive. Stoga, karakterizacija likova u cilju objašnjenja postupaka klonova se posmatra kao još jedna alatka nužna za razmijevanje ljudskog života i za pokretanje savremenih čitalaca koja može dovesti do povećanja svijesti. U radu se ukazuje na to da Išigurov roman dovodi do shvatanja da se izvjesna ograničenja ljudskog djelovanja i postojanja rađaju zajedno sa čovjekom. Čovjek kao ljudsko biće poznaje granice svog postojanja, kao i činjenicu da je smrtnost neizbježna. Međutim, ovo definisanje ne sugerije da trenuci nade i utopijski vidici nisu prisutni u procesu trajanja života. Ukazano je na Išigurovo shvatanje da je bilo koji čovjek možda mogao voditi posve drugačiji život od onog trenutnog i ustaljenog oblika postojanja. Istraživanjem je naznačeno da se treba prihvatiti upravo tog trenutnog oblika postojanja čovjeka, što i dovodi do shvatanja procesa trajanja života kao glavnog pokretača buđenja svijesti i progresivnog djelovanja. Ponašanje Ket i Tomija prikazano analizom u radu sugerije prihvatanje smrtnosti i donošenje odluke da ono što je potrebno uraditi jeste živjeti u sadašnjem trenutku. Potvrda ove sugestije se pronalazi u Tomijevoj samokontroli, koja pokazuje razvoj lika koji je pojačan Tomijevim neuspjehom da pronađe Ketinu kasetu u Norfoku. Uprkos neuspjehu, Tomi nastavlja da korača ka ispunjenju svog cilja zajedno sa Ket, a što je posmatrano kao neobjašnjiva pokretačka snaga lika, ali i trenutak u kom savremeni čitalac može pronaći segment potreban za pronalaženje utopijskog horizonta. U ovom segmentu je i prisutan dokaz postojanja osjećaja sreće u životima klonova, što predstavlja pozitivan odgovor na još jedno istraživačko pitanje koje se tiče osjećaja sreće u životima marginalizovanih likova. Zaključuje se da je sposobnost likova da se prilagođavaju različitim distopijskim okolnostima koje prouzrokuju različite emocionalne promjene vrsta postignuća, što upućuje na čovjekovu sposobnost prilagođavanja stvarnim životnim okolnostima i da sam proces prilagođavanja predstavlja jednu vrstu borbe. Podsjetnik na moći čovjekove psihe je na određen način predstavljen u oba lika, a tračak sreće u Norfoku otvara prostor za nove mogućnosti.

Karakterizacijom likova Tomi i Ket i analizom njihovog ponašanja u određenim segmentima romana, oblikuje se zaključak da razvoj likova i suptilni preokreti romana neizbježno utiču na svijest čitalaca. Čitaoci postaju svjesni ograničenja sistema, ali i činjenice, uglavnom zaboravljene, da je čovjek jedno izvanredno biće koje se vječno prilagođava i koje može promijeniti svoju svijest. Neograničena mogućnost širenja svijesti o svijetu oko sebe otvara mnogobrojne mogućnosti i navodi čitaoce da žive, odnosno da budu prisutni u trenutku, a što je

u radu predstavljeno kao nužno za koračanje naprijed uprkos svim fizičkim barijerama savremenog društva. Kada je u pitanju humanoidni robot Klara, istraživanje upućuje na njenu ulogu učitelja. Klara je prikazana kao lik koji korača unaprijed uprkos ograničenjima svijeta i njenim sopstvenim, što potencijalno uči čitaoc da je moguće koračati naprijed bez obzira na distopijske uslove života. Uočeno je da Klara angažuje čitaoc i na emocionalnom planu, po pitanju ljubavi, prijateljstva i nade. Uključenje čitalaca u Klarina nadanja za Džozino ozdravljenje je moguće kroz karakterizaciju lika. Naznačeno je da Klarini postupci i njena konstantna nada u sunce nisu pratili put logičnog razmišljanja. Bez obzira na to, Klarino nadanje je dalo pozitivan rezultat – Džozino ozdravljenje. Uočeno je da je Klarina nada izazvala buđenje nade kod Džozinog oca. Ovakav zaključak pronalazi potvrdu u tumačenjima Kutings mašine kao distopijskog elementa koji direktno blokira nadu prikazanu sunčevim zracima. Uništenje Kutings mašine je postignuto zajedničkim nastojanjima AI i čovjeka, što je naznačeno kao pomirenje čovjeka i tehnologije.

Kada je u pitanju negativan uticaj razvoja nauke i tehnologije na psihološki razvoj čovjeka, iz primjera Džozine majke i prikaza konzumerizma se može podvući paralela onoga što bi bile moguće posljedice razvoja tehnologije. Ono što Klarin lik pokazuje jeste da ne treba izgubiti optimističku perspektivu u vremenima u kojima tehnologija donosi neizbježne negativne posljedice, već da ju je samo potrebno pronaći i probuditi svojim djelovanjima. Klarina žrtva pojačava moguće pozitivne rezultate i doprinos tehnologije savremenom čovjeku. Klarina pokretačka snaga je pronađena u Suncu, ali počiva i u njenom prijateljstvu. Analizom se dolazi do poruke romana koja podsjeća na činjenicu da nada počiva u srcu čovjeka. Išiguro podsjeća na onu stvarnost da bez sunčeve toplote ne bi bilo ni čovjeka, a dovođenje sunca u vezu sa nadom sugerise upravo to – da bez nade ne bi bilo ni čovječanstva.

Mnogobrojna pitanja i nemogućnost preciznih odgovora još jednom intelektualno angažuju čitalačku publiku pri završecima romana. Istraživanje ukazuje na otvorenost oba Išigurova romana kao potpore za postojanje utopijskog horizonta. Ukazano je na Ketinu samokontrolu na kraju djela i na pokretačku snagu protagoniste da nastavi i „da se odveze[m] tamo gde treba da bude[m],“<sup>1</sup> kao i na dvosmislenost ovih riječi koje, zapravo, i ostavljaju završetak romana otvorenim. Kada je u pitanju završetak romana *Klara i sunce*, vještački prijatelj uspijeva da ukaže na postojanje diskretnog utopijskog isijavanja jasnije nego u Ketinom slučaju. Klara uspješno uviđa organizovanost u otpadu, kao i činjenicu da je sunce uvijek tu, čak i kada se skriva iza tmurnih oblaka. Vodeći se prethodnim tumačenjem sunca kao izvora nade dolazi se do skrivene poruke na koju Klara aludira, a to je da nada postoji i u onim najtamnijim trenucima života. Dakle, prisustvo osjećaja sreće u Klarinom životu je opet potvrđeno njenim posljednjim shvatanjima života i njene uloge, te zadovoljstvom. Završne rečenice romana direktno bacaju svjetlost na Klarinu šeficu i njeno zurenje u daljinu, a Išiguro odbija da prikaže Klarino gašenje. Gdje šefica odlazi čitaoci ne znaju, baš kao što ne znaju da li će

<sup>1</sup> „to drive off to wherever it was I was supposed to be“, Kazuo Ishiguro, *Never Let Me Go* (New York: Alfred A. Knopf, 2005), 279. (prev. Ljiljana Marković (Beograd: Izdavačka kuća *Dereta*, 2020).

se Klara ugasi. Brzopleti zaključak o krajevima romana bi bio vrlo vjerovatno negativan u oba slučaja, ali dublje razmišljanje i analiza sprovedena u ovom radu prikazuju postojanje onih skrivenih, potisnutih, ali i realnijih mogućnosti.

*Prevalivši pola puta, zastala je i okrenula se, te pomislih da će se možda osvrnuti i pogledati me poslednji put. Ali zurila je u daljinu, prema kranu na horizontu. Potom nastavi da se udaljava.<sup>2</sup>*

Ono što se krije na stranicama koje tek treba da budu ispisane, zapravo, dijelom počiva u čovjeku i zavisi od njega samog. Išigurovi romani ne predstavljaju optimizam i utopijske sugestije kao nerealna očekivanja nekadašnjih utopijskih nastojanja, već kao plamičak svjetlosti, odnosno plamičak nade, koji čitalac treba da prepozna kako u romanu, tako i u stvarnom životu. Sugestija je da upravo taj jedan plamičak utiče na rađanje novih nadanja koja će usloviti nekim realnijim, ali boljim budućim nastojanjima društva i svijeta.

## ZAKLJUČAK

Nakon prikazanog, može se zaključiti da analizirano i istraženo ukazuje na potvrdu osnovne hipoteze rada, da Išigurove distopijske vizije u romanima *Ne daj mi nikada da odem* i *Klara i sunce* sadrže karakteristike kritičke distopije, potrebne za rađanje utopijskog horizonta i nade, kako u samom djelu, tako i u životu savremenog čovjeka. Osim toga, prikaz karakteristika kritičke distopije i njene značajne uloge će značajno upotpuniti književnu kritiku kada je u pitanju utopijska i distopijska fikcija, a pristupi analizi, prisutni u ovom radu, stvorice mogućnost novih tumačenja pojedinih distopijskih djela. Treba pomenuti i pojedina ograničenja koja su bila neizbježna prilikom istraživanja, kao što je ograničenje u vidu broja stranica master rada i, stoga, nemogućnost da se obuhvate i ostale Išigurove važne i kompleksne teme prisutne u romanima. Međutim, može se zaključiti da ovaj naučni rad, kao i njegova ograničenja, može poslužiti kao inspiracija budućim istraživanjima u okviru nedovoljno istraženih distopijskih tema Išigurovog distopijskog stvaralaštva, ali i stvaralaštva mnogih drugih savremenih pisaca.

## Priznanja ili zahvalnost

Posebnu zahvalnost dugujem svom mentoru prof. dr Vanji Vukićević-Garić na uloženom trudu, ažurnosti, izdvojenom vremenu i nesebičnoj podršci tokom cjelokupnog procesa izrade ovog master rada. Poštovanje za svaku stručnu sugestiju i svaki savjet je neizmjereno. Takođe, zahvaljujem se i članovima Komisije za ocjenu master rada prof. dr Janku Andrijaševiću i prof. dr Oliveri Kusovac. Na kraju, voljela bih da izrazim zahvalnost i svojim najbližima. Hvala im što su me bodrili i vjerovali u mene čak i u onim trenucima kada ja nisam.

<sup>2</sup> "When she was mid-distance, she stopped and turned, and I thought she might look back one last time at me. But she was gazing at the far distance, in the direction of the construction crane on the horizon. Then she continued to walk away", Kazuo Ishiguro, *Klara and the Sun* (New York: Alfred A. Knopf, 2022), 320. (prev. Miloš Mitić (Izdavačka kuća *Dereta*, 2021).



## LITERATURA

- Andreu-Perez, Javier, Fani Deligianni, Daniele Ravi and Guang-Zhong Yang. *Artificial Intelligence and Robotics*. UK-RAS Network, 2017.
- Baccolini, Raffaella. "The Persistence of Hope in Dystopian Science Fiction". *PMLA* 119, no. 3 (2004): 518-21. <https://doi.org/10.1632/003081204X20587>.
- Hermann, Isabella. "Artificial Intelligence in fiction: between narratives and metaphors". *AI & Society*, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01299-6>.
- Holmes, Chris. "Ishiguro at the Limit: The Corporation and the Novel". *Novel: A Forum on Fiction* 52, no. 3 (2019): 386-405. <https://doi.org/10.1215/00295132-7738560>.
- Moylan, Tom. *Scraps of the Untainted Sky: science fiction, utopia, dystopia*. Boulder, Colo, Westview Press, 2000.
- Ishiguro, Kazuo. *Klara and the Sun*. New York: Alfred A. Knopf, 2022.
- Ishiguro, Kazuo. *Never Let Me Go*. New York: Alfred A. Knopf, 2005.
- Levy, Titus. "Human Rights Storytelling and Trauma Narrative in Kazuo Ishiguro's *Never Let Me Go*". *Journal of Human Rights* 10, no. 1 (2011): 1-16. <https://doi.org/10.1080/14754835.2011.546242>.
- Pissard, Isaraporn. "Utopian Desire and Critical Dystopia in Kazuo Ishiguro's *Never Let Me Go* and Cormac McCarthy's *The Road*". *Thoughts* 1, no. 1 (2020): 28-50. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/thoughts/article/view/240618>.
- Puchner, Martin. "When we were clones: The Novels of Kazuo Ishiguro". *Raritan Review* XII (2008): 34-49. <http://www.martinpuchner.com/uploads/1/1/2/8/112888081/raritanclones-2.pdf>.
- Sargent, Lyman Tower. "The Three Faces of Utopianism Revisited". *Utopian Studies* 5, no. 1 (1994): 1-37. <http://www.jstor.org/stable/20719246>.
- Slaughter, Joseph. *Human Rights Inc.: The World Novel, Narrative Form, and International Law*. Fordham University Press, 2007. [https://www.academia.edu/1894394/%20Human\\_Rights\\_Inc\\_The\\_World\\_Novel\\_Narrative\\_Form\\_and\\_International\\_Law](https://www.academia.edu/1894394/%20Human_Rights_Inc_The_World_Novel_Narrative_Form_and_International_Law).
- Stenseke, Jacob. "The Morality of Artificial Friends in Ishiguro's *Klara and the Sun*". *Journal of Science Fiction and Philosophy* 5, 2022.
- Swaminathan, Baverta and Raghavan Ravi. "Hope, Faith, Love, Human and Humanoid: a Study of Kazuo Ishiguro's *Klara and the Sun*". *Science, Technology and Development* 10, no. 5, 2021.
- Thamarana, Simahachalam. "Origin and Development of Bildungsroman Novel in English Literature". *International Journal of English Language, Literature and Humanities* 3, no. 6 (2015): 21-26. [https://www.researchgate.net/publication/282876442-Origin\\_and\\_Development\\_of\\_Bildungsroman\\_Novels\\_in\\_English\\_Literature](https://www.researchgate.net/publication/282876442-Origin_and_Development_of_Bildungsroman_Novels_in_English_Literature).
- Šemelák, Martin. "The suffering of existence in Kazuo Ishiguro's *Never Let Me Go*". *Ars Aeterna* 10, no. 2 (2018): 8-17. <https://doi.org/10.1515/aa-2018-0008>.



Sanja RAIČEVIĆ

### DYSTOPIA, VISION AND HOPE IN KAZUO ISHIGURO'S NOVELS *NEVER LET ME GO* AND *KLARA AND THE SUN*

**Summary:** The end of the twentieth century brings dystopian visions in literature which allow for unobtrusive utopian horizons to emerge. Those visions are known as critical dystopias. Critical dystopias include the following characteristics: a critique of society, genre-blurring, and open endings. Working together, they make space for the awakening of a utopian perspective and optimism. These characteristics are evident in Kazuo Ishiguro's novels *Never Let Me Go* and *Klara and the Sun*. Ishiguro uses scientific and technological developments to lay the foundation for his dystopian visions. The impact the technological development presented in the world of Ishiguro's novels is unacceptable and unprecedented in the real world, yet imaginable and possible in the near future. Ishiguro explores the themes of genetic modification, cloning, and artificial intelligence, which are not obscure to people, but widely discussed in the 21<sup>st</sup> century. Drawing on some of the most prominent discussion of these topics, this research displays the influence of scientific and technological developments on human life, including the character development and the exploration of critical dystopia in Ishiguro's novels. The main goals of this thesis are to show how the utopian impulse exists in Ishiguro's novels, as well as to present its function to initiate the awakening of consciousness and to encourage hope for the existence of better times. Therefore, the research includes the analysis of the presence of the key features of critical dystopias, such as genre-blurring, open endings, and social criticism in the novels. Also, this master thesis investigates the characters and analyzes the dystopian society in which they live. Theoretical consideration of critical dystopia displays the importance of the subgenre and new literary endeavors. The methods of genre analysis, psycho-sociological analysis, and narratological analysis used in this research led to an understanding of Ishiguro's literary creativity and the influence of his dystopian visions on the modern reader. A comprehensive analysis of different segments of the novel led to the conclusion that Ishiguro's dystopian visions in *Never Let Me Go* and *Klara and the Sun* contain the characteristics of a critical dystopia, necessary for the awakening of a utopian horizon and hope, both in the novel and in the life of the modern man.

**Key words:** critical dystopia, utopian horizon, open endings, genre blurring, hope



### Filološki fakultet

**SANJA RAIČEVIĆ** rođena je 26. 11. 1997. godine u Podgorici, gdje je završila osnovnu i srednju školu. Na Studijskom programu za engleski jezik i književnost Filološkog fakulteta u Nikšiću završila je osnovne studije, a potom i master studije. Svoje prvo profesorsko-pedagoško iskustvo trenutno stiče u OŠ „Radojica Perović“ u okviru Programa

za stručno osposobljavanje. Osim strasti prema engleskoj književnosti, posjeduje i veliku ljubav prema kreativnom izražavanju, tačnije prema vajanju i crtanju. Tako je, prije 2 godine, spojila većinu stvari koje obožava u svoj mali *biznis AKA Craft Store*, te svoje slobodno vrijeme, spajajući kreativnost i ljubav, posvećuje kreiranju rukotvorina.

**Marko BOŽOVIĆ**

Građevinski fakultet

marko.bozovic1998.mb@gmail.com

Mentor: prof. dr Mladen Ulićević

## PROJEKTOVANJE I IZGRADNJA LUKOBRANA ZA ZAŠTITU LUKA OD DEJSTVA MORSKIH TALASA

UDK 627.235(043.2)

**Sažetak:** Lukobrani predstavljaju vrstu maritimnih objekata, koji su aktuelni kako u svijetu tako i kod nas. U ovom radu je definisan opis i namjena ovakvih konstrukcija sa njihovim osnovnim karakteristikama. Osnovna uloga lukobrana jeste zaštita obale i svih ostalih dijelova jedne luke. U zavisnosti od njegove funkcije i lokacije na kojoj se gradi bitno je izvršiti adekvatan izbor tipa lukobrana. Pored izbora tipa lukobrana razmatran je i istorijski razvoj tipova lukobrana počevši sa lukobranima od kamenog nasipa i vertikalnim lukobranima pa do kompozitnih vrsta lukobrana. Za svaki tip lukobrana prikazan je proračun dejstava koja se javljaju sa naznakom na teoriju talasa kao dominantno dejstvo. Kao i za svaki drugi inženjerski objekat, i za lukobrane su definisani kriterijumi trajnosti i nosivosti, prednosti i nedostaci. Nakon adekvatno obrađenog teorijskog dijela izvršena je izrada idejnog projekta vertikalnog lukobrana sa meteorološkim, batimetrijskim i geotehničkim karakteristikama lokacije kao u luci Bar. U poređnom analizom dvije varijante rješenja lukobrana, kesonskog i lukobrana od betonskih blokova, odabran je kesonski lukobran za koji je izvršen proračun dejstava i uticaja. Dimenzionisanje elemenata, za granična stanja nosivosti i upotrebljivosti, izvršeno je prema *Eurokodu* i to za projektovani vijek konstrukcije od 100 godina. S obzirom da u novije vrijeme imamo upotrebu kompozitnih materijala, kao što je armatura od polimera ojačanih staklenim vlaknima (GFRP), izvršeno je poređenje učinkovitosti armiranja klasičnom čeličnom armaturom i armaturom od polimera i to u pogledu ekonomske i inženjerske racionalnosti. U sklopu idejnog projekta poseban akcenat je dat na aspekt izgradnje i održavanja ovakvih objekata jer se rade u uslovima koji su promjenljivi sa vremenom. Pored kamena, jednako bitan konstruktivni materijal za izgradnju je beton, za koji su razmatrani kriterijumi za sastav betonske mješavine usljed agresivnosti morske sredine. Imajući u vidu da je ova vrsta inženjerskih objekata u Crnoj Gori nedovoljno istražena, bilo je inspirativno i zanimljivo obraditi ovakvu temu sa stručnog i naučnog stanovišta.

**Ključne riječi:** lukobran, teorija talasa, beton, GFRP, izgradnja

## UVOD

U novije vrijeme, razvojem pomorskog saobraćaja i turizma na crnogorskom primorju, javlja se velika potreba za istraživanjem u oblasti projektovanja i izgradnje objekata maritimne infrastrukture kao što su luke, lučice i marine. Osnovni razlog za ovo istraživanje jeste aktuelnost predložene teme i nedostatak iskustava, znanja i vještina u Crnoj Gori za uspješnu realizaciju ovog tipa maritimnih objekata.

Predmet istraživanja su aspekti projektovanja i izgradnje lukobrana – pomorskih građevina za zaštitu lučkih i marinskih akvatorija i plovnih objekata od dejstva morskih talasa. Na osnovu raspoloživih literaturnih izvora i dodatnih istraživanja urađen je pregledni rad koji se sastoji od prikaza projektovanja i izgradnje lukobrana za zaštitu od dejstva morskih talasa i idejnog projekta vertikalnog lukobrana u luci Bar. Na taj način stečena znanja u teorijskom dijelu se primjenjuju u idejnom projektu vertikalnog lukobrana gdje su projektovana dva varijantna rješenja vertikalnog lukobrana. Odrađena je uporedna analiza lukobrana od kesona, kao prvog varijantnog rješenja, i lukobrana od betonskih blokova, kao drugog varijantnog rješenja. Osim toga, zbog specifičnosti lokacije na kojoj se objekat projektuje, testirana je mogućnost primjene savremenih materijala od polimera ojačanih staklenim vlaknima.

Svrha istraživanja jeste nadograđivanje postojećih znanja i vještina u datoj oblasti u cilju formiranja stručnog inženjerskog kadra koji će biti sposoban za uključenje u izradi složenih građevinskih projekata koji su već prisutni ili su planirani na crnogorskom primorju.

Polaznu osnovu za izradu ovog istraživanja čini stručna literatura (Babović, 2014) (Takahashiu, 2002) u kojoj su prikazani principi projektovanja i izgradnje lukobrana. Dalju nadogradnju predstavljaju najkompletniji tehnički standardi koji propisuju opšte i posebne kriterijume i postupke za projektovanje i izgradnju pomorskih objekata – britanski standardi serije BS 6349 (BSi 1991, 1994, 2000). U ovim tehničkim publikacijama su sublimirana relevantna iskustva razvijenih pomorskih zemalja u datoj oblasti. Specifičnost određivanja signifikantne visine morskih talasa obrađuje Pršić (2008) dok američki priručnik za obalno inženjerstvo SPM (1984) daje formule za određivanje debljine elemenata primarnog zaštitnog sloja lukobrana od nasipa. Određivanje dužine vjetrovnih talasa na Jadranu obradili su Zorović i Mohović (2003) dok Burcharth i Sorensen (1999) uvode parcijalne faktore sigurnosti u proračun vertikalnih kesonskih zidova. S obzirom da britanskim standardima nije dovoljno razrađen seizmički proračun lučkih konstrukcija, za ovu oblast vrlo je korisna publikacija svjetskog udruženja za vodnu transportnu infrastrukturu (PIANC, 2001). Isto udruženje (PIANC, 2005) je standardizovalo i predložilo primjenu prefabrikovanih betonskih elemenata za izgradnju lučnih zaštitnih objekata. Veoma korisne informacije dobijaju se i iz raspoložive tehničke dokumentacije koja je formirana pri izgradnji novijih marinskih objekata u Crnoj Gori (*Porto Montenegro, 2013*). Set evropskih standarda za projektovanje građevinskih konstrukcija – *Eurokodovi* su nedavno usvojeni kao crnogorski nacionalni standardi sa obaveznom primjenom, tako da se odgovarajući dijelovi tih standarda koriste za proračun elemenata konstrukcije ovog rada

(CEN 2004, 2005, 2006). Za testiranje primjene savremenih materijala dragocjene informacije su pronađene u američkim standardima za projektovanje betonskih konstrukcija armirane armaturom od polimera ojačanim vlaknima (2015).

Cilj istraživanja je ovladati novim znanjima i vještinama, koje će biti konkurentne i afirmativne za uspješno učešće u inženjerskoj djelatnosti projektovanja i izgradnje maritimnih objekata.

## **PRIKAZ PROJEKTOVANJA I IZGRADNJE LUKOBRANA ZA ZAŠTITU OD DEJSTVA MORSKIH TALASA**

### **Opis, namjena, tipične podjele i izbor odgovarajućeg tipa lukobrana**

Lukobrani su maritimni objekti koji se grade širom svijeta kako bi zaštitili bazene, obale i druge ranjive dijelove primorskih područja. Njihova osnovna uloga je da pruže zaštitu brodova na vezovima i njihovim sidrištima od talasa, morskih struja i pokretnog leda. Pored ove glavne uloge, oni takođe pružaju bezbjedan pretovar robe sa brodova na obalu kao i manevrisanje i okretanje istih u okviru luke. Oni mogu biti upotrijebljeni i kao zaštita pristupnih kanala od primorskih nanosa ili za poravnanje plimnog ulaza. U zavisnosti od vrste lukobrana, mogu poslužiti i kao pomoć za navigaciju. Projektovanje objekta kao što je lukobran određeno je njegovom funkcijom, topografijom lokacije, uslovima životne sredine i ekonomskim aspektima.

Prema njihovom položaju u odnosu na obalu, imamo različite dispozicije lukobrana kao što su:

- lukobran spojen sa obalom;
- ostrvski lukobran;
- lukobran spojen sa obalom i ostrvski lukobran;
- dva lukobrana spojena sa obalom.

Prema značaju lukobrana u odbrambenom sistemu protiv talasa imamo:

- primarne lukobrane;
- sekundarne lukobrane.

Prema tipu poprečnog presjeka imamo:

- lukobrane od nasipa (*mound type of breakwaters*);
- vertikalne lukobrane (*vertical type of breakwaters*);
- kompozitne lukobrane (*composite type of breakwaters*);
- horizontalne kompozitne lukobrane (*horizontal composite type of breakwaters*);
- specijalne lukobrane (*non-gravity type of breakwaters*).

Izbor odgovarajućeg tipa lukobrana zavisi od uslova životne sredine, dubine vode, visine talasa, izgradnje i troškova održavanja, opreme za izgradnju, stepena obučenosti radne snage i raspoloživosti materijala. Prema (Babović, 2014, str. 224) smjernice za izbor tipa lukobrana su prikazane u Tabeli 1.

**Tabela 1.** Izbor tipa lukobrana (Babović, 2014, str. 224)

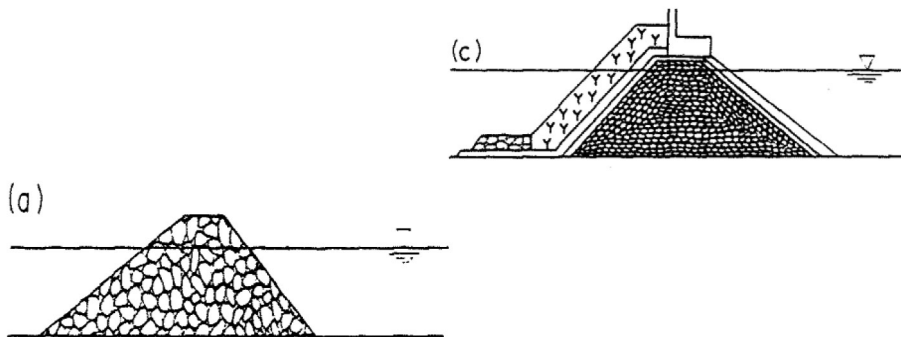
Dubina vode $d$ (m)	Signifikantna visina talasa $H_s$ (m)	Tip lukobrana
-	< 3	Kameni lukobran bez parapeta
< 20	> 3	Kameni lukobran sa parapetom
> 20	3–6	Vertikalni lukobran sa parapetom
> 20	> 6	Kompozitni lukobran

## Lukobrani od nasipa

### *Poprečni presjeci, istorijski razvoj, elementi, izgradnja i održavanje lukobrana od nasipa*

Glavni faktori koji određuju poprečni presjek su priroda nasipa na morskom dnu kao i visina i širina gornjeg dijela lukobrana. Dimenzije i oblik usvojenog poprečnog presjeka moraju biti adekvatni za uslove fundiranja kao i za očekivana slijeganja.

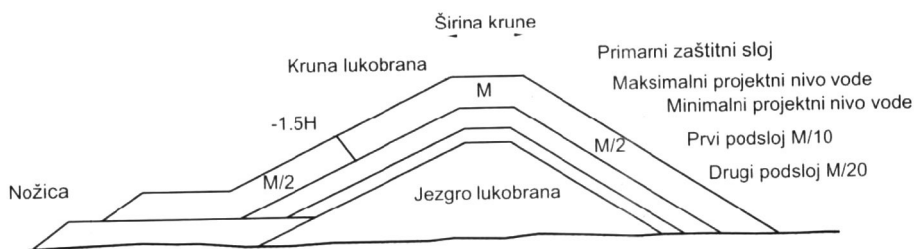
Istorijski gledano hijerarhija počinje od najjednostavnijeg lukobrana kosog tipa to jeste lukobran od nasumično postavljenog kamenja (Slika br. 1a).



**Slika 1:** Istorijski razvoj lukobrana od nasipa (Takahashi, 2002, str. 4)

Da bi se povećala stabilnost lukobrana i redukovala transmisija talasa, kao i da bi se smanjili troškovi, razvijen je lukobran iz više slojeva. Daljim razvojem je dobijen najčešći tip lukobrana od nasipa a to je kameni lukobran sa nadgradnjom, koja smanjuje prenos talasa a takođe može imati funkciju pristupnog puta lukobranu (Slika br. 1c).

Prilikom projektovanja jednog lukobrana od kamenog nasipa definišemo sljedeće elemente (Babović, 2014, str. 227, 228): kota i širina krune lukobrana kao i betonskog parapeta (nadgradnje); primarni zaštitni (oklopni) sloj; debljina i dužina primarnog zaštitnog sloja kao i kota dna; konstrukcija glave lukobrana; primarni zaštitni sloj na strani lučkog bazena; sekundarni zaštitni sloj i podslojevi; posteljica i nožica lukobrana kao i jezgro lukobrana.



**Slika 2:** Elementi lukobrana od kamenog nasipa (Babović, 2014, str. 227)

Primarni zaštitni sloj je najvažniji dio lukobrana od kamenog nasipa, jer njegovo oštećenje se prenosi na sve ostale dijelove lukobrana, kao što su urušavanje krune lukobrana i erozija donjih slojeva. Veličina kamena ovog sloja zavisi od visine talasa. Obično je to signifikantna visina talasa  $H_s$ . Za određivanje dimenzija elemenata zaštitnog sloja najviše je korišćena Hadsonova formula (SPM, 1984).

Izgradnja ove vrste lukobrana može se odvijati preko postrojenja postavljanih na kopnu ili na moru. Za plutajuća postrojenja je potrebno razmotriti klimatske uslove same lokacije, dok lukobrani koji će se graditi korištenjem postrojenja na kopnu zahtijevaju veliku širinu krune, dovoljnu za pristup i izgradnju na visini koja dozvoljava kontinuirani rad u normalnim uslovima talasa. Prvo se pristupa pripremi morskog dna nakon čega slijedi izrada nožice. Potom se jezgro i podslojevi lukobrana, uglavnom sastavljeni od kamena goreg kvaliteta od prosjeka, gradi pomoću barži koje su samoistovarne ili sa bočnim iskipavanjem. Na kraju slijedi postavljanje elemenata primarnog sloja pomoću gusjeničara sa odgovarajućim kapacitetom. Stanje lukobrana treba da bude redovno pregledano kako bi se njegovo ponašanje moglo procijeniti i kako bi se omogućilo otkrivanje oštećenja u ranim fazama. Kontrolu treba izvršiti na kraju zimskog perioda, a posebno poslije jakih oluja.

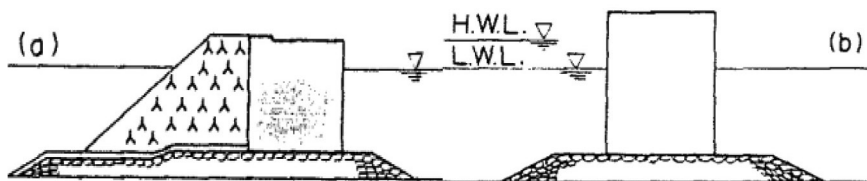
## Vertikalni lukobrani

### *Poprečni presjeci, tipovi i potencijalna oštećenja vertikalnih lukobrana*

Prethodna vrsta lukobrana je imala funkciju da razbije talase, a vertikalni lukobrani imaju funkciju da odbiju talase. Na taj način cijela energija se reflektuje nazad, tako da na lučnoj strani lukobrana nema dejstva talasa, pa se ta strana može koristiti za pristajanje brodova. Varijante vertikalnog lukobrana korišćene u prošlosti su lukobrani od betonskih blokova, ćelijski zagati i kesonski lukobrani.

Vertikalni kompozitni lukobrani se sastoje od kamenog nasipa (ili od blokova) i kesona različitih visina.





**Slika 3:** Vertikalni i horizontalni kompozitni lukobrani (Takahashi, 2002, str. 4–5)

Većinom se grade na lokacijama gdje je raspon plime veliki zato što u slučaju izražene osjeke kompozitni lukobran će raditi kao lukobran od kamenog nasipa, dok u slučaju izražene plime će raditi kao lukobran od kesona. Takođe, ovakav lukobran obezbjeđuje zaštitu od ispiranja (Slika br. 3b).

Ako imamo prekomjerno dejstvo sile na vertikalni zid lukobrana, postoji mogućnost da će doći do preliivanja talasa pa i prevrtanja kesona. Iz toga razloga se formiraju horizontalni kompozitni lukobrani koji u stvari predstavljaju kombinaciju vertikalnog kompozitnog lukobrana i kamenog nasipa sa bočne strane (Slika br. 3a)

U projektu se moraju uzeti u obzir i sva moguća oštećenja kao što su klizanje, prevrtanje, neravnomjerno slijeganje kamenih nasipa, erozija temelja od kamenog nasipa, ispiranje morskog dna, lom i pomjeranje elemenata primarnog zaštitnog sloja.

### ***Dejstva na vertikalne lukobrane***

Osim dejstava od sopstvene težine i pritisaka tla, druga dejstva koja mogu djelovati na morske objekte su vjetar, snijeg, led, temperaturne promjene, plime, morske struje, talasi i zemljotresi. Pored ovih prirodnih pojava imamo dejstva koja se javljaju usljed operativnih aktivnosti, kao što su pristajanje plovih vozila, vez, saobraćajna dejstva, klizanje, skladištenje i rukovanje teretom. S obzirom da se radi o maritimnim objektima, dominantno je izraženo dejstvo od talasa i seizmike.

Talasi koji djeluje na vertikalne lukobrane mogu se podijeliti na neprelamajuće, prelamajuće i prelomljene talase. Vrsta talasnog dejstva na lukobran će zavisi od dubine, nagiba morskog dna ispred lukobrana kao i od strmosti i smjera talasa. U odnosu na vrstu talasa znaćemo da li se javljaju hidrostatički, hidrodinamički pritisci ili kombinacija ovih vrsta pritisaka.

Sile usljed neprelamajućih talasa razmatraju se na vertikalnom lukobranu gdje dolazi ili ne dolazi do preliivanja vode. Kada dolazi do preliivanja talasa preko zida očekuje se da će sile biti manje nego u slučaju zida gdje ne dolazi do preliivanja, tako da je ideja da pomoću redukcionog faktora procijenimo silu koja djeluje na zid. Kod vertikalnog kompozitnog lukobrana, sila od talasa je redukovana u odnosu na slučaj gdje nemamo kameni nasip. Ovo je, naravno, posljedica toga što kameni nasip obezbjeđuje značajnu disipaciju energije, jer se radi o jednoj poroznoj konstrukciji.

Prilikom razmatranja pravca djelovanja talasa imamo talase sa otvorenog mora i sa bazenske strane. Iz tog razloga Babović (2014) predlaže da treba ana-

lizirati 4 kombinacije i to kombinaciju talasa sa grebenom (krestom) odnosno dolinom (doljom) na morskoj ili bazenskoj strani sa mirnim morem na morskoj ili bazenskoj strani. Najkritičnija kombinacija je kad je greben talasa na jednoj strani, a dolina talasa na drugoj strani. Sile neprelamajućih talasa su analizirane pomoću metoda Senflua (1928), Lundgren (1969), SPM-a (1984) i drugih. Od prethodno navedenih, najviše korišćena je metoda Senflua koja je zastupljena i u idejnom projektu ovog rada.

Kada se lukobrani grade u zonama prelamajućih talasa oni se izlažu jakim silama koje djeluju lokalno. Da bi se lukobrane osposobili da prime dejstva ovih talasa razvijene su metode dobijene na osnovu ispitivanja modela. Najprihvaćenija od metoda za analizu sila prelamajućih talasa je metoda Goda (BS 6349-1:2000, str. 110) ali prije njega treba pomenuti i metode Hiroa (1919), Bagnolda (1939), Minikina (1963) itd. Prema metodi Goda prosječni talasni pritisak, od lomljenih i od prelamajućih talasa, na konstrukcije velike dužine daje dinamičke sile preko pseudostatičkog dijagrama pritisaka. Prednost je što se na ovaj način uzimaju više sile usljed sloma talasa, ali nedostatak je što se ne uzimaju u račun talasi čiji je pravac direktan u odnosu na zid. Prema pomenutim britanskim propisima preporuka je da se maksimalna visina talasa  $H_{\max}$  uzme kao visina jedne trećine najviših talasa  $H_{1/3}$  uvećana 1.8 puta i to na mjestu zapljuskujućih talasa odnosno zoni surfa. Naime, visina  $H_{\max}$  se uzima na rastojanju od  $5H_{1/3}$ .

Ukoliko talasi do lukobrana dopijaju kao već prelomljeni, Babović (2014) objašnjava na koji način proračunati ukupnu silu prelomljenih talasa. U tom slučaju procjena pritisaka se pojednostavljuje, odnosno, uzima se da je brzina širenja talasa konstantna na relaciji između preloma talasa i konstrukcije lukobrana. Istraživanjem Wiegela (1964), ustanovljeno je da je 78% talasa visine koja je veća od nivoa mirnog mora. Pritisak ovih talasa se sastoji od hidrostatičkih i hidrodinamičkih komponenti.

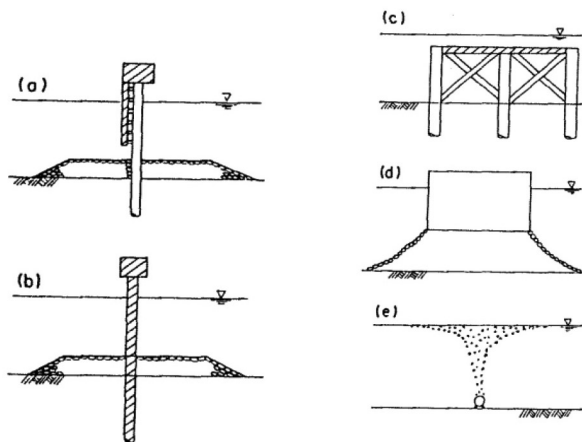
Nezavisno od metode, koja se koristi za proračun pritisaka od talasa, osnovni potrebni parametar je visina talasa. U slučaju da na posmatranoj lokaciji nema instrument za definisanje visine talasa onda se za inženjerske svrhe može koristiti lokalna kratkoročna vremenska prognoza vjetrovnih talasa. Za ovu prognozu su potrebni podaci o vjetru kao što su smjer, srednja satna brzina vjetra, trajanje vjetra i privjetrište. Prema Pršiću (2008), u sklopu prognoze koristi se SMB metoda, kojom se pomoću određenog dijagrama određuju parametri talasnog profila. Očitavanje podataka se zasniva na pronalasku zajedničke tačke srednje satne brzine vjetra sa dužinom privjetrišta ili sa trajanjem vjetra. Proračun efektivne dužine privjetrišta sprovodi se tako što se u izabranom smjeru postavi centralni zrak koji kreće od izabrane tačke u blizini luke. Dalje se rotacijom tog centralnog zraka u iznosu od  $6^\circ$ , u smjeru i suprotno od kazaljke na satu, postavljaju pravci kroz istu izabranu tačku. Rotacija se vrši od  $-42^\circ$  do  $42^\circ$ . Sljedeći korak je određivanje dužine svakog zraka od početne tačke do prve prepreke. Nakon izračunatih dužina svakog zraka koristi se izraz za proračun efektivne dužine privjetrišta (Pršić, 2008):

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum_i F_i \cos^2 \alpha_i}{\sum_i \cos \alpha_i} \quad (1)$$

gdje je brojilac suma projekcija susjednih zraka na centralni zrak, a imenilac suma kosinusa uglova.

### Specijalni tipovi lukobrana

Posebne vrste lukobrana postoje još od antičkog doba i imaju specijalne karakteristike upotrebe. Uobičajeni lukobrani ovog tipa su zastorni zidni, horizontalni panelni, plutajući ili pneumatski tipovi lukobrana (Takahashi, 2002, str. 6).



Slika 4: Specijalni tipovi lukobrana (Takahashi, 2002, str. 6)

## IDEJNI PROJEKAT VERTIKALNOG LUKOBRANA U LUCI BAR

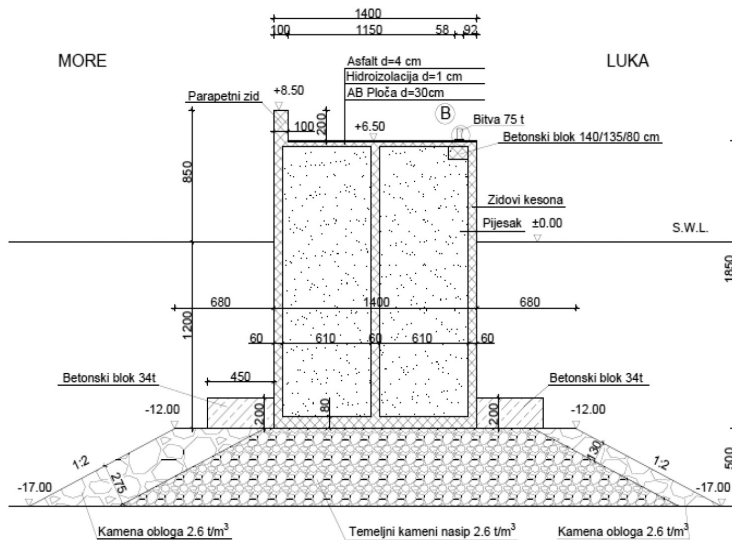
### Opis lokacije i konstruktivni sistem

Predmetna lokacija vertikalnog lukobrana je u luci Bar, koja se nalazi na jugoistočnom dijelu Jadrana. Karakteristična klima navedene lokacije je mediteranska. Najznačajniji i vjetrovi najjačeg inteziteta su bura i jugo. Bura obično stvara niske i kratke talase do 2.5 m dok jugo obično uzrokuje talase do 6 m. Najznačajnije geološke tvorevine su flišni sedimenti, krečnjaci, pjeskovi i šljunkovi, dok u pogledu seizmoloških karakteristika treba naglasiti da seizmogene zone Skadra, sa jedne, i Petrovca, Budve i Kotora sa druge strane, mogu izazvati zemljotrese sa magnitudama do 7 stepeni Rihterove skale.

Za vertikalni lukobran su razmatrana dva varijantna rješenja – kesonski lukobran i lukobran od blokova. Dužina lukobrana je 201.6 m.

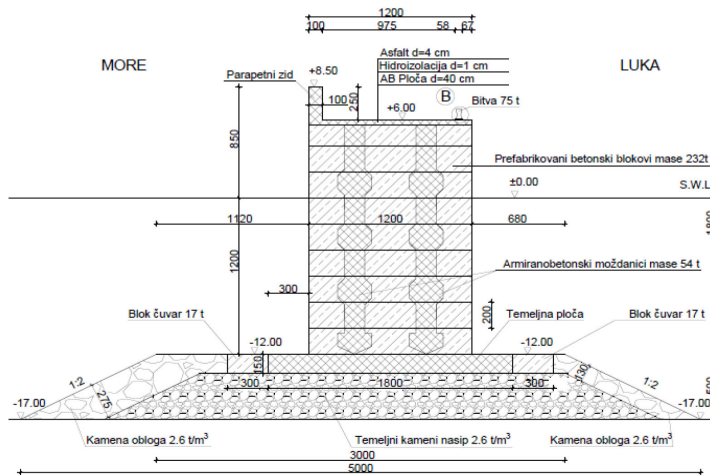
Prvo varijantno rješenje, kesonski lukobran, jeste širine 14 m a sastoji se od temeljnog nasipa debljine 5 m, kesonskih segmenata ukupne visine 18.45 m i nad-

gradnje visine 2 m. Temeljni nasip se sastoji od jezgra i kamene obloge. Kamena obloga na morskoj strani lukobrana se sastoji od kamenog bloka minimalne mase  $2.6 \text{ t/m}^3$  odnosno  $7 \text{ t/m}^2$  dok je masa kamena jezgra, kao i masa kamena obloge na lučnoj strani lukobrana  $0.7 \text{ t/m}^2$ . Pored kamene obloge radi dodatnog obezbjeđenja kesona postavljeni su sa bočnih strana kesona i blokovi mase 34 t. Svaki montažni segment se sastoji od 4 komore koje su ispunjene pijeskom i uokvirene spoljašnjim i unutrašnjim zidovima. Spojevi koji povezuju segmente su ispunjeni betonom cijelom visinom segmenta. Komore kesona su sa donje strane kesona zatvorene pločom veće debljine u odnosu na ploču sa vrha kesona. Cjelokupnom površinom gornje ploče kesona se rasprostire hidroizolacija i asfalt. Za obezbjeđenje sigurnosti brodova projektovana je bitva nosivosti 75 tona.



Slika 5. Prvo varijantno rješenje lukobrana

Drugo varijantno rješenje je masivna konstrukcija, odnosno, lukobran od betonskih blokova čija je kruna širine 12 m. Sastoji se od temeljnog nasipa debljine 5 m, prefabrikovanih betonskih blokova u visini od 17.95 m i parapetnog zida visine 2.5 m. Temeljni nasip se, kao i kod kesonskog lukobrana, sastoji od jezgra i kamene obloge. Minimalna masa kamena obloge na morskoj strani je  $2.6 \text{ t/m}^3$  odnosno  $7 \text{ t/m}^2$ , a jezgra i kamene obloge na lučnoj strani lukobrana  $0.7 \text{ t/m}^2$ . Između betonskih blokova i temeljnog nasipa je AB ploča koja je utvrđena blokovima čuvarima mase 17 tona. Prefabrikovani betonski blokovi mase 232 tone se slažu horizontalno i povezuju se armiranobetonskim moždanicima mase 54 tone. Moždanici i blokovi se povezuju AB pločom iznad koje se postavljaju slojevi hidroizolacije i asfalta kao i bitve nosivosti od 75 tona.



Slika 6. Drugo varijantno rješenje lukobrana

Poređenjem ova dva prototipa lukobrana zaključuje se da je za kesonski lukobran potrebna manja količina betona i manje vremena za izgradnju. Mana prvog varijantnog rješenja je veća širina krune koja je potrebna za obezbjeđenje povoljnijih napona u tlu i adekvatne stabilnosti lukobrana na prevrtanje. Sa druge strane, mana drugog varijantnog rješenja, kao masivne konstrukcije, jesu veći pritisci koji se javljaju u temeljnom nasipu ispod konstrukcije. Pored prednosti u vidu manje širine krune, lukobran od betonskih blokova ima uštedu na potrebnoj armaturi, a samim tim i manju opasnost od korozije ukoliko se koristi čelična armatura.

U skladu sa prethodno navedenim i očigledne uštede na vremenu i betonu izabran je kesonski lukobran kao optimalno rješenje ali sa posebnim akcentom na testiranje upotrebe savremenih materijala otpornih na koroziju.

## Tehnologija izvođenja i tehnički uslovi za sastav betonske mješavine

### Tehnologija izgradnje

Izgradnja kesonskog lukobrana na temeljnom nasipu se odvija kroz više faza. Prije početne faze izgradnje potrebno je provjeriti vremensku prognozu, odnosno, provjeriti da li ima dovoljno mirnih perioda kako bi se izgradnja odvijala što brže.

Prva faza je izgradnja temeljnog nasipa na morskom dnu. Kamen temeljnog nasipa se dovozi iz obližnjeg kamenoloma do obale. Dalje se pomoću plutajućih platformi, koje tegljači odvlače na mjesto ugradnje, kamen spušta na pripremljeno morsko dno. Prvo se sipa kamen jezgra temeljnog nasipa. Smjer nasipanja kamena je od korijena prema glavi lukobrana. S obzirom da jezgro temeljnog nasipa, zbog oštećenja od valova ne može dugo stajati nezaštićeno, pristupa se izradi kamene obloge na morskoj i lučnoj strani lukobrana. Kamena obloga se ugrađuje plovnom dizalicom tako da se prati izgradnja jezgra u zaostatku od cca 40 m. Krana

temeljnog nasipa se pažljivo izravna slojem sitnog kamenog materijala. Postupak izravnjanja se odvija tako što se postave dva paralelna čelična profila koji su na razmaku od 14 m. Između tih profila se presipa sloj debljine 0.5 m. Zatim dva ronioca pomoću trećeg teškog čeličnog profila vrše poravnanje tako što treći profil kliže poprečno preko dva profila koja su ranije postavljena. Na taj način se dobije uredna posteljica kojom se osigurava ravnomjeran ležaj za postavljanje kesona. Nakon završetka krune potrebno je obezbijediti, ukoliko vrijeme dozvoljava, da se odradi slijeganje temeljnog nasipa i tla morskog dna.

Druga faza je postavljanje montažnih segmenata kesona kojih ima ukupno 15. Svaki segment kesona se sa kopna pomoću dizalice spušta u vodu. Dalje se segment vezuje kablovima za plutajuću platformu i plutajući dovodi do odgovarajuće pozicije. Za vuču i pozicioniranje, predviđene su odgovarajuće tačke u konstrukciji gdje se sidre kablovi. Nakon dolaska segmenta na projektovani položaj slijedi njegovo spuštanje na morsko dno. Potapanje kesona se vrši punjenjem pijeska u unutrašnji prazan prostor, odnosno, komore. Položaj kesona se kontroliše geodetskim instrumentima, a i dodatno ga provjeravaju roniaci. Praznine između segmenata kesona se popunjavaju slojem betona debljine 10 cm kako bi se spriječilo kretanje vode, ispiranje posteljice i temeljnog nasipa. Prvo se na krajevima zazora, prema morskoj i lučnoj strani lukobrana, postavljaju takozvane Proserve čarape za fuge koje su napravljene od veoma fleksibilnog materijala. Usvojene čarape su na osnom razmaku od 13 m. One se spuštaju na dno, gdje se fiksiraju dok se na vrhu vješaju. Mješavinom betona se kontrolisano pune čarape tako da čarape nijesu pod pritiskom i da je rizik iscurivanja betona u okolinu minimalan.

Treća faza se odnosi na betoniranje ploče na vrhu kesona koja se izvodi po završetku radova na povezivanju kesona. Prvo se postavi oplata, nakon toga armatura i zaliye se betonom. Zatim se na licu mjesta izvodi i parapetni zid na morskoj strani lukobrana.

Četvrta faza je postavljanje hidroizolacije i asfaltnog sloja. Nakon toga slijedi sidrenje bitvi za vez nosivosti 75 tona koje se postavljaju na razmaku od 13.4 m. Vršu se obilježavanje saobraćajnih traka za promet servisnih vozila. Nakon toga slijedi eksploatacija kesonskog lukobrana.

### ***Tehnički uslovi za sastav betonske mješavine***

Beton je heterogen materijal koji se sastoji od agregata (drobljena stijena, šljunak, pijesak), cementa, vode i aditiva. S obzirom da se radi o betoniranju u morskoj sredini, mehaničke karakteristike potrebnog betona se razlikuju u odnosu na betoniranje na kopnu. Prema (*Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton u objektima izloženim agresivnom dejstvu sredine*, 1992, str. 10) osnovne zaštitne mjere, koje se primjenjuju radi povećanja postojanosti betona u agresivnim sredinama, su: posebne vrste cementa, odgovarajući sastav mineralnog agregata, hemijski dodaci za beton, smanjenje vrijednosti  $v/s$ , zgušnjavanje svježeg betona i postizanje tražene vodonepropustljivosti betona.

Sa visokom alkalnošću u cementu manja je vjerovatnoća pojave korozije. Iz tog razloga se za morsku sredinu preporučuju sulfatno otporni cement kao što

je sulfatno otporni portland cement i portland cement sa dodatkom zgre. Prema evropskim propisima preporučena minimalna količina cementa je  $320 \text{ kg/m}^3$  za klasu izloženosti XS2, dok je maksimalni odnos vode i cementa 0.45. Radi postizanja odgovarajućeg kvaliteta betona agregat mora biti tvrd, stalnog volumena i bez primjesa. Šahinagić Isović (2012) smatra da je za hidrotehnički beton maksimalno zrno 125 mm, a najviše treba da bude zastupljeno 6 frakcija. Hemijski dodaci betonu u agresivnim sredinama se biraju tako da ne uzrokuju koroziju armature i da ne dolazi do redukcije čvrstoće betona. Pored plastifikatora i beshlornih ubrzivača, aeranti su naročito korisni kod betona izloženim agresivnim uticajima i mrazu jer u stvorenim mjehurićima vazduha, ukoliko dođe do smrzavanja betona, led može nesmetano da se širi pa se tako eliminišu unutrašnji naponi koji dovode do destrukcije betona.

Uvažavanjem prethodno navedenih mjera, a u skladu sa evropskim propisima, predloženi sastav betonske mješavine za dobijanje indikativne čvrstoće betona C35/45 je prikazan u sljedećoj tabeli.

Komponenta betona	Vrsta	Količina
Cement	Sulfatno otporni portland cement klase P 42.5	$370 \text{ kg/m}^3$
Agregat	Rječni četvorofrakcijski agregat, D = 31.5 mm	$1887 \text{ kg/m}^3$
Voda	Obična voda	$148 \text{ kg/m}^3$
Aditivi	Plastifikatori, ubrzivači (bezhlorni) i aeranti	2 % od mase cementa (plastifikatori)

**Tabela 2:** Predloženi sastav betonske mješavine

## Proračun konstrukcije

Analiza konstrukcije je izvršena za stalna i promjenljiva dejstva, dejstva od vezanih plovila, propelera, udara plovila, temperature, seizmike i dejstva od talasa. Proračun prethodno navedenih dejstava je odrađen u skladu sa britanskim i evropskim standardima. S obzirom da je proračun većine dejstava poznat, u ovom radu je dat akcenat na dejstva od vezanih plovila i talasa.

### ***Dejstva od vezanih plovila i talasa***

#### a) Dejstvo od vezanih plovila

Dejstvo od vezanih plovila koje se prenosi na lukobran posljedica je dejstva dominantnih pravaca vjetrova. Prema podacima iz Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju dva najučestalija smjera vjetra su zapadni (pulenat) i sjeveroistočni (bura). Pored dejstva vjetra razmatra se i dejstvo morskih struja. Za proračun ovih sila usvojeno je plovilo dužine 90 m. Užad su orijentisana pod uglom od  $45^\circ$  u horizontalnoj ravni i  $25^\circ$  u vertikalnoj ravni, u odnosu na pravac lukobrana.



Dejstvo na lukobran usljed dejstva vjetra je obradjeno u skladu sa britanskim propisima (BS 6349-1, 2000) i proračunava se preko formule:

$$F_t = C_t \rho_A A V^2 10^{-4}, \text{ gdje su usvojene sljedeće vrijednosti:}$$

$$A = 1800 \text{ m}^2 - \text{projektovana podužna površina plovila,}$$

$$\rho_A = 1.2 \text{ kg/m}^3 - \text{gustina vazduha,}$$

$$V = 23 \text{ m/s} - \text{brzina vjetra na visini od 10 m za lokaciju Bar,}$$

$$C_{t, \text{aft}} = 2.5 - \text{transverzalni koeficijent za silu vjetra na zadnjem dijelu plovila,}$$

$$C_{t, \text{forward}} = 2.0 - \text{transverzalni koeficijent za silu vjetra na prednjem dijelu plovila.}$$

Nakon unesenih vrijednosti dobijene su sile  $F_{t, \text{aft}} = 285.66 \text{ kN}$  i  $F_{t, \text{forward}} = 228.53 \text{ kN}$ . Pored dejstva vjetra javlja se i manji uticaj morskih struja koje se proračunavaju prema formuli:

$$F_t = C_t C_c \rho L_{BP} d_m V^2 10^{-4}, \text{ gdje su usvojene sljedeće vrijednosti:}$$

$$L_{BP} = 90 \text{ m} - \text{dužina plovila,}$$

$$d_m = 4 \text{ m} - \text{gaz plovila,}$$

$$\rho = 1030 \text{ kg/m}^3 - \text{gustina morske vode,}$$

$$V = 0.7 \text{ č/h} = 0.36 \text{ m/s} - \text{brzina morske struje na istočnom dijelu Jadrana,}$$

$$C_t = 1.3 - \text{koeficijent sile otpora struje,}$$

$$C_c = 1.3 - \text{faktor korekcije dubine za sile otpora struje.}$$

Unošenjem navedenih parametara dobijaju se sile  $F_{t, \text{aft}} = 8.08 \text{ kN}$  i  $F_{t, \text{forward}} = 8.08 \text{ kN}$ .

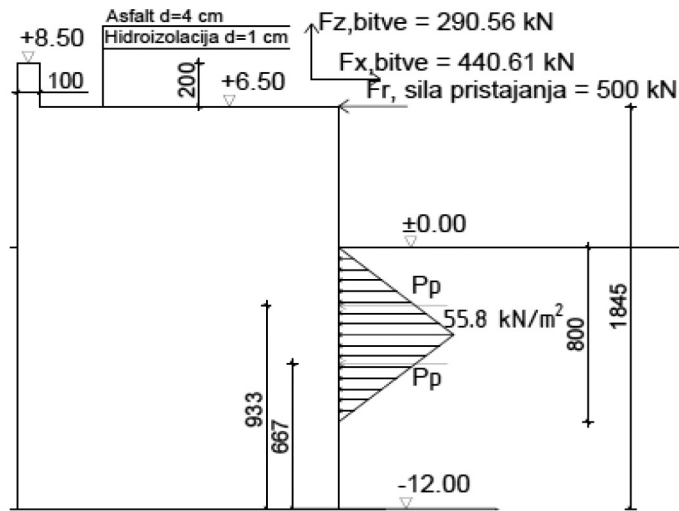
Sabiranjem sila, usljed dejstva vjetra i morskih struja na plovilo, dobija se ukupna sila koju bitva treba da podnese. U pitanju je sila  $F_{t, \text{aft}} = 293.74 \text{ kN}$  odnosno  $F_{t, \text{forward}} = 236.61 \text{ kN}$ .

Sa užadima orijentiranim pod uglom od  $45^\circ$  u odnosu na ravan pristaništa i uzimajući u obzir dinamički koeficijent usljed talasnog kretanja od 1.5 dejstvo na bitvu (u horizontalnoj ravni) iznosi:

$$H_{t, \text{aft}} = 1.5 \cdot F_{t, \text{aft}} / \cos 45^\circ = 623.12 \text{ kN}$$

Sa užetom orijentisanim, u vertikalnoj ravni, od  $25^\circ$  dejstvo na bitvu Q iznosi:  $Q = H_{t, \text{aft}} / \cos 25^\circ = 687.53 \text{ kN} = 68.75 \text{ t}$  što znači da je potrebna nosivost bitve cca 69 tona. Usvojena je bitva nosivosti 75 tona.

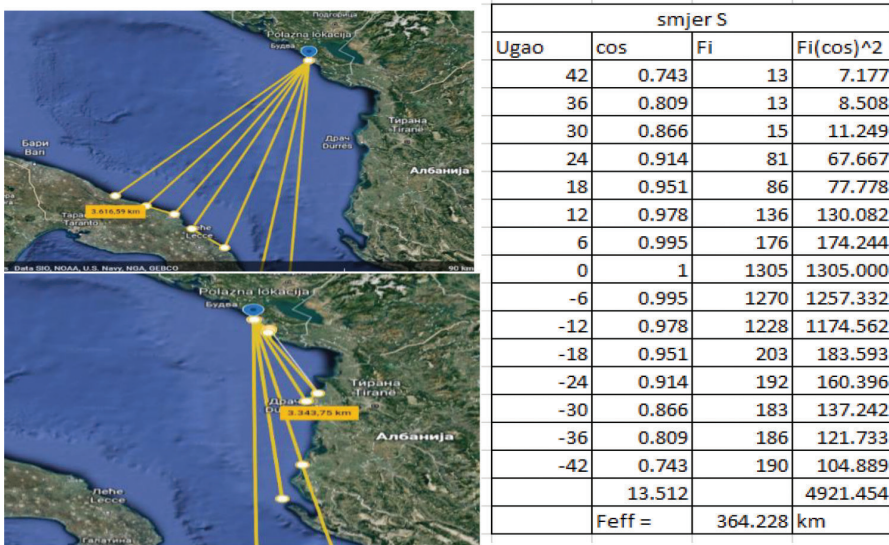
Horizontalna i vertikalna komponenta sile Q su prikazane na narednoj slici, a osim njih predstavljena su i dejstva propelera kao i udara plovila.



Slika 7. Prikaz dejstava usljed djelovanja propelera, vezivanja i udara plovila

### b) Dejstvo od talasa

Prije definisanja dejstva od talasa definisana je visina talasa koja je najvažniji parametar za proračun. S obzirom da na prostoru luke Bar, u trenutku izrade ovog rada, nije postojao instrument za mjerenje visine talasa, za dobijanje visine talasa je korišćena lokalna kratkoročna vremenska prognoza koja koristi podatke o vjetru i efektivnu dužinu privjetrišta.



Slika 8. Skica i proračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer S

Najveća efektivna dužina privjetrišta od 364.228 km je za centralni smjer S, a dobijena je postupkom postavljanja centralnog zraka kroz analizirani smjer i njegovom rotacijom od  $-42^\circ$  do  $+42^\circ$  (Slika br. 8).

Za ovu dužinu privjetrišta i maksimalnu srednju satnu brzinu od 15 m/s značajna visina dolazećeg talasa je  $H_s = 4.3$  m. Visina je dobijena pomoću dijagrama (Pršić, 2008, str. 32). Dalje je prema poznatoj zavisnosti maksimalna visina talasa jednaka  $H_{max} = 1.8 H_s = 1.8 \cdot 4.3 = 7.7$  m.

Ako se projektuje lukobran na maksimalnu visinu talasa  $H_{max}$  obezbijedena je potpuna sigurnost objekta. Međutim, vjerovatnoća pojave maksimalne visine talasa je mala, a pored toga mala je i vjerovatnoća kombinacije maksimalne visine talasa i privezanog plovila. Iz tog razloga, da bi bili na strani racionalnosti, projektuje se lukobran na srednju vrijednost maksimalne i značajne visine talasa odnosno:

$$H_{proj} = \frac{H_s + H_{max}}{2} = \frac{4.3 + 7.7}{2} = 6 \text{ m.}$$

Talasa dužina prema istraživanjima na Jadranu (Zorović, R. Mohović i Đ. Mohović, 2003, str. 149) je:  $L = 16.78 H^{0.71} = 16.78 \cdot 6^{0.71} = 59.88$  m.

Za određivanje pritisaka od talasa, pored projektovane visine talasa, potrebno je provjeriti lom talasa ispred lukobrana koji je uslov za odabir metode po kojoj će se izvršiti proračun. Inženrenjski uslov (Pršić, 2008, str. 17) da ispred zida ne dođe do loma talasa glasi:

$$d \geq 2.5 \cdot H_{dol} \rightarrow 17 \geq 2.5 \cdot 6 \rightarrow 17 \text{ m} \geq 15 \text{ m}$$

Pored njega, drugi uslov da ne dolazi do loma talasa je:  $d / L_0 > 0.20 \rightarrow 17 / 59.88 = 0.28 > 0.20$ .

S obzirom da su oba uslova zadovoljena proračun pritisaka se može sprovesti po metodi Senflua.

Za dubinu lukobrana  $d = 17$  m i dubinu temeljnog nasipa  $h_s = 12$  m vertikalno pomjeranje, prema metodi Senflua, iznosi:

$$\delta_0 = \frac{\pi H_{proj}^2}{L} \coth \frac{2\pi h_s}{L} \rightarrow \delta_0 = \frac{\pi 6^2}{59.88} \coth \frac{2\pi 12}{59.88} = 2.21 \text{ m}$$

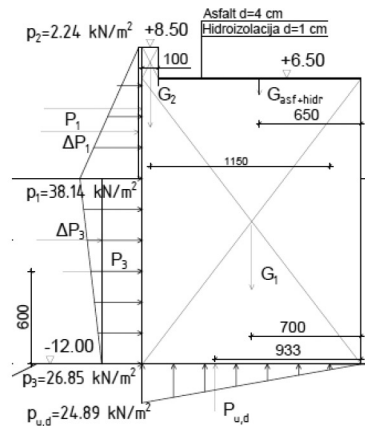
A maksimalni porast vode usljed djelovanja talasa je:  $\eta_{max} = H_{proj} + \delta_0 = 6.0 + 2.21 = 8.21$  m što znači da se usvaja kruna sa parapetom na visini od 8.5 m iznad mirnog nivoa mora.

Poznavajući proračun hidrostastičkog pritiska od vode, u nastavku slijedi proračun i prikaz sila od hidrodinamičkog dejstva talasa prema istoj metodi.

$$\text{Pritisak na zid } p_1 = (p_2 + \gamma_w h_s) \frac{H_{proj} + \delta_0}{H_{proj} + h_s + \delta_0}$$

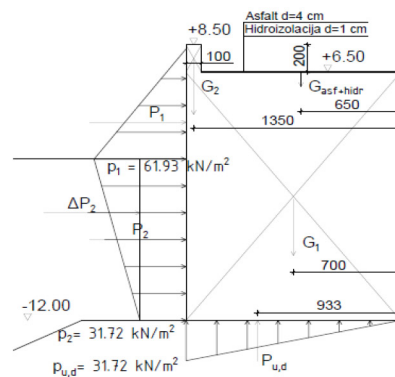
$$\text{gdje je } p_2 = \frac{\gamma_w H_{proj}}{\cosh(2\pi h_s / L)} = \frac{10.06 \cdot 6}{\cosh(2\pi 12 / 59.88)} = 31.72 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{pa je } p_1 = (31.72 + 10.06 \cdot 12) \frac{8.21}{8.21 + 12} = 61.93 \text{ kN/m}^2$$



Slika 9. Dijagram hidrodinamičkih pritisaka prema metodi Senflua

Bez obzira što je za razmatranu dubinu optimalna metoda Senflua, prikazane su dobijene vrijednosti pritisaka po metodi Goda (Slika br.10), a sve to u cilju ukazivanja adekvatnosti korišćenja pristupa u zavisnosti od ulaznih podataka. Nakon odrađenog poređenja može se zaključiti da se prema metodi Senflua dobijaju veći pritisci što je vjerovatno posljedica toga što je metoda Senflua starija i konzervativnija. Za visinu talasa od 6 m lukobran je projektovan tako da nema preliivanja prema metodi Senflua dok je prema metodi Goda potreban parapet veće visine kako bi se spriječilo preliivanje.



Slika 10. Dijagram hidrodinamičkih pritisaka prema metodi Goda

**Kontrola stabilnosti lukobrana od kesona i provjera naprezanja u tlu****a) Kontrola stabilnost lukobrana na prevrtanje i klizanje**

Za granično stanje statičke ravnoteže konstrukcije treba da bude zadovoljena sljedeća nejednačina:

$$E_{d,destab} \leq E_{d,stab}, \text{ gdje je:}$$

$E_{d,destab}$  – proračunska vrijednost uticaja od destabilizujućih dejstava sa usvojenim parcijalnim koeficijentima sigurnosti od 1.35 za stalna i 1.5 za promjenljiva dejstva.

$E_{d,stab}$  – proračunska vrijednost uticaja od stabilizujućih dejstava.

Rezultati kontrole stabilnosti lukobrana na prevrtanje i klizanje za različite proračunske situacije su prikazani u sljedećoj tabeli.

**Tabela 3.** Kontrole stabilnosti lukobrana na prevrtanje i klizanje

	Stabilnost na prevrtanje		Stabilnost na klizanje	
	$E_{d,destab}$ [kNm]	$E_{d,stab}$ [kNm]	$E_{d,destab}$ [kN]	$E_{d,stab}$ [kN]
Pritisak od talasa na morskoj strani lukobrana po metodi Senflua	30300.4	36569.2	1224.2	1633.3
Pritisak od talasa na morskoj strani lukobrana po metodi Goda	26644.2	36569.2	892.8	1657.2
Kombinacija dinamičkih pritisaka od lučnih talasa, uzgona, dejstva propelera i sila od pristajanja plovila	33460.4	35933.6	1194.7	1743.6
Kombinacija dinamičkih pritisaka od povratnih talasa na morskoj strani, uzgona, dejstva propelera i sila od pristajanja plovila	34331.6	35933.6	1702.2	1855.4
Seizmička proračunska situacija	34046.7	35933.6	1470.2	1744.4

## b) Provjera naprezanja u tlu

Za najkritičniju kombinaciju opterećenja bez seizmike provjera naprezanja je izvršena ručno. Naprezanja nasipa na temeljnim ivicama iznose:

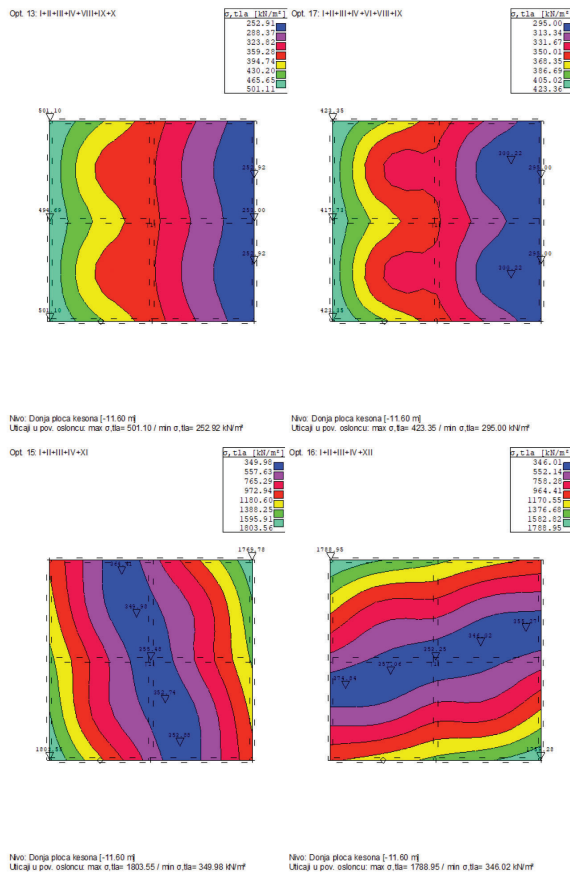
$$\sigma_{1,2} = \frac{R_V}{A} \pm \frac{M_C}{W} = \frac{\sum V}{A} \pm \frac{M_C}{W} = \frac{3266.65}{14} \pm \frac{7676.63}{32.67} = 233.33 \pm 234.97 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_1 = 468.30 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{doz}} = 2000 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = -1.64 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{doz}} = 2000 \text{ kN/m}^2$$

što znači da je provjera naprezanja u tlu zadovoljena.

Iako je napon napon zatezanja, njegova veličina je mala tako da će biti zanemarena. Provjere naprezanja u tlu za ostale kombinacije opterećenja su izvršene u programskom paketu Tower i prikazane na narednoj slici.

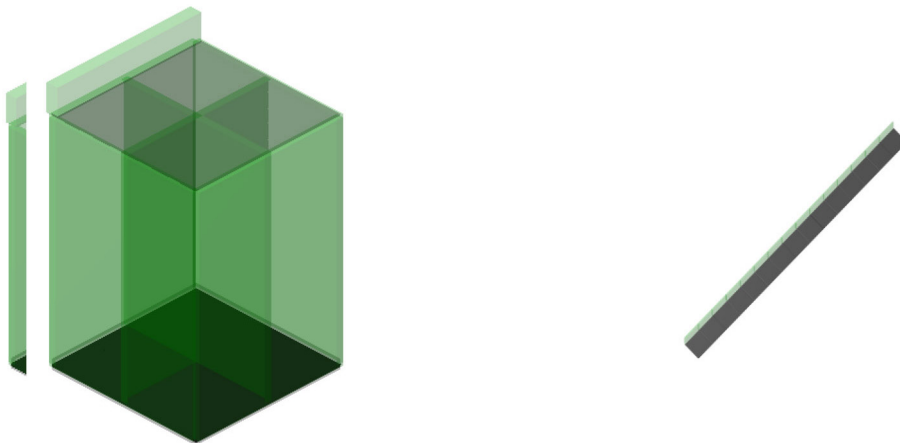


Slika 11. Provjera naprezanja u tlu preko programskog paketa Tower

### **Proračunski model konstrukcije**

Modeli lukobrana za analizu i dimenzionisanje konstrukcije napravljeni su u programskom paketu Tower 7. Izvršeno je modeliranje konstrukcije za fazu montaže i fazu eksploatacije. Za fazu montaže obuhvaćena su sljedeća dejstva: sopstvena težina, dodatno stalno dejstvo (pijesak, asfalt, hidroizolacija, težina bitvi), hidrostatički i hidrodinamički pritisak. Za fazu eksploatacije pored prethodno navedenih opterećenja obuhvaćena su dejstva kao što su saobraćajna dejstva (pokretno i ravnomjerno raspoređeno opterećenje), dejstva od vezivanja plovila, udar plovila, dejstvo propelera, temperatura i seizmička dejstva.

Ploče i zidovi su modelirani površinskim elementima odgovarajućih poprečnih presjeka. Tlo je usvojeno kao tlo tipa B. Model jednog segmentnog kesona za fazu montaže i eksploatacije je prikazan na slici (Slika br. 12, lijevo). Gornja ploča kesona leži na pijesku – elastičnom medijumu pa se iz tog razloga ona modelira zasebno i to kao površinski element na površinskom osloncu koji ima odgovarajuću krutost (Slika br. 12, desno)



**Slika 12.** Model segmentnog kesona za fazu montaže i eksploatacije (lijevo) i model gornje ploče kesona za fazu eksploatacije (desno)

Seizmički proračun je u navedenom programskom paketu odrađen u skladu sa evropskim propisima (EN1998-1:2004). Kao ulazni podaci za seizmički proračun korišćeni su rezultati iz modalne analize, odnosno, svojstvene vrijednosti i oblici oscilovanja konstrukcije.

U cilju dobijanja povoljnog seizmičkog odgovora konstrukcije, ista se može projektovati tako da posjeduje ili veliku nosivost ili manju nosivost, a odgovarajuću duktilnost. U ovom slučaju kesonski lukobran je projektovan sa faktorom ponašanja 1 odnosno konstrukcija za vrijeme zemljotresa ostaje u elastičnom domenu.

Razmatrane kombinacije komponenti zemljotresnog opterećenja su  $1.0 S_x + 0.3 S_y + 0.3 S_z$  i  $1.0 S_y + 0.3 S_x + 0.3 S_z$ .



## ***Dimenzionisanje***

Dimenzionisanjem pomoću klasične čelične armature je dokazano granično stanje nosivosti i upotrebljivosti pri čemu je usvojena odgovarajuća armatura. Procenat armiranja podužnom armaturom je od 0.0038 do 0.008 za gornju, odnosno, donju ploču kesona, a za zidove je bio potreban minimalni procenat armiranja što je i očekivano. Koeficijent armature za smicanje donje ploče kesona je 0.006, a za zidove kesona 0.0068.

S obzirom da se objekat nalazi u agresivnoj sredini, kao što je morska, definisana je klasa izloženosti XS2, XS3 i maksimalna vrijednost prslina  $w_{k,max} = 0.3$  mm (MEST EN 1992-1-1/NA:2017, str. 138). Kontrola graničnog stanja prslina je izvršena za dva mjerodavna presjeka u donjoj ploči i jedan mjerodavni presjek u zidu kesona. Minimalna količina vertikalne armature na stranama zida nije bila dovoljna za kontrolu prslina pa je iz tog razloga na mjestu mjerodavnog naprezanja povećana armatura sa R $\phi$ 14/20 na R $\phi$ 14/7.5.

Usvojena količina ankera bitve (4R $\phi$ 42) zadovoljava kontrole nosivosti na zatezanje, smicanje kao i interakciju smicanja i zatezanja (prema MEST EN 1993-1-8/NA:2018).

Dimenzionisanje pomoću klasične čelične armature je izvršeno u skladu sa *Eurokodovima* dok je dimenzionisanje pomoću armature od polimera ojačane staklenim vlaknima izvršeno prema američkim propisima (ACI 440.1R-15, 2015).

## ***Uporedna analiza čelične armature i armature od polimera ojačane staklenim vlaknima (GFRP)***

U novijoj historiji alternativa čeličnoj armaturi su kompozitni materijali odnosno polimeri ojačani vlaknima (FRP). U agresivnim sredinama glavna prednost u odnosu na čelik je odsustvo korozije. Osim toga posjeduju veliku čvrstoću na zatezanje, ali samo u pravcu ojačavajućih vlakana. Mana kompozitnih materijala je što se elastično ponašaju do tačke loma odnosno ne posjeduju duktilnost. Posljedica anizotropnosti FRP je niska smičuća otpornost FRP armature. Koeficijent termičkog širenja FRP armature je manji nego kod betona.

Polimeri ojačanih staklenim vlaknima (GFRP) u odnosu na čelik imaju više nego dvostruku veću zateznu čvrstoću. Pored toga, imaju visoku otpornost na visoke temperature. Međutim, GFRP materijali imaju nižu čvrstoću na savijanje i niži modul elastičnosti. Čelična armatura može podnijeti veći nivo elastičnih deformacija prije nego dođe do tečenja dok GFRP armatura može podnijeti veće sile zatezanja. Ove razlike ukazuju da beton armiran polimerom ojačanim staklenim vlaknima treba projektovati na lom po betonu dok beton armiran klasičnom armaturom treba projektovati na lom po armaturi. Mehaničke karakteristike armature od polimera ojačanih staklenim vlaknima (GFRP) koje su korišćene u idejnom projektu ovog rada su:

$$\begin{aligned} f_{tu} &= 1200 \text{ MPa} \\ E_f &= 50 \text{ GPa} \end{aligned}$$

A mehaničke karakteristike čelične armature B500B su:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 434.78 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

U cilju utvrđivanja ekonomske isplativosti čelične i FRP armature izvršeno je poređenje količine armature i novca koji je potreban za jedan segment kesona. S obzirom na aktuelna dešavanja u svijetu, virus Covid 19 i rat između Rusije i Ukrajine, došlo je do drastičnih povećanja kako cijena materijala, tako i izgradnje objekata. Samim tim, ekonomsko poređenje čelične i FRP armature zasnovano je na cijenama, koje su podložne čestim promjenama.

**Tabela 4.** Uporedna analiza ekonomske isplativosti upotrebe čelične i GFRP armature

Cijena segmenta kesona dimenzionisan pomoću čelične armature B500B	Cijena segmenta kesona dimenzionisan pomoću GFRP armature	Razlika u cijeni (€)
109 147	125 034	15 887

## ZAKLJUČCI

Sumiranjem rezultata dobijenim tokom istraživanja teme ovog master rada donose se sljedeći zaključci:

- Obradom raspoložive literature, zaključuje se da je odabir kompozitnih lukobrana kao varijantnih rješenja dobar izbor jer se smanjuje širina tijela lukobrana, povećava korisni prostor na morskom dnu, smanjeno je održavanje lukobrana, izgradnja je dosta brža i ima manji stepen greške.
- Sprovedenom analizom prednosti i mana dva prototipa lukobrana na konkretnoj lokaciji omogućen je izbor optimalne varijante konstrukcije. Izabran je kesonski lukobran za koji je, u odnosu na lukobran od betonskih blokova, potrebno manje vremena za izgradnju kao i manja količina betona.
- Poređenjem metoda, Senflua i Goda, za proračun pritisaka od talasa, dobijaju se veći pritisci prema starijoj i konzervativnijoj metodi odnosno metodi Senflua. Takođe, za projektovanu visinu talasa od 6 m, prema proračunu pritisaka po Senfluu nema preliivanja talasa dok prema metodi Goda je potreban parapet veće visine kako bi se spriječilo preliivanje.
- Analizom mehaničke i ekonomske isplativosti čelične i GFRP armature zaključuje se da su glavne prednosti tradicionalne armature duktilnost i niža cijena materijala. Sa druge strane, kompozitni materijali imaju izrazitu prednost u agresivnim sredina kao što je morska jer imaju otpornost na koroziju koja je veoma bitna za trajnost maritimnih objekata.
- Iako je maksimalna širina prsline  $w_{k,max}$  uzeta kao 0.3 mm predlaže se smanjenje vrijednosti  $w_{k,max}$  jer se objekat radi u morskoj sredini.
- Pravac daljih istraživanja može ići u smjeru valorizacije energije talasa, odnosno, pretvaranja energije talasa u električnu energiju pomoću osilatornog vodenog stuba. Koncept zavisi od obezbjeđivanja adekvatnih dimenzija komore šupljeg kesona i podešavanja sistema, jer oscilacije najviše zavise od same frekvencije talasa.

**LITERATURA**

- ACI 440.1R-15 (2015) – *Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber – Reinforced Polymer (FRP) Bars*. USA: American Concrete Institute.
- Babović, A. (2014). *Luke i pristaništa*. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet.
- BS 6349-1: British standard (2000): *Maritime structures – Part 1: Code of practice for general criteria*.
- CERC, USACE. (1984): *Shore Protection Manual (SPM)*. Vicksburg, Miss
- EN 1998-1: Eurocode 8 (2004): *Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*. Brussels: CEN.
- MEST EN 1992-1-1/NA: Eurokod 2 (2017): *Projektovanje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade – Nacionalni aneks*. Podgorica: Institut za standardizaciju Crne Gore.
- MEST EN 1993-1-8/NA: Eurokod 3 (2018): *Proračun čeličnih konstrukcija – Dio 1-8: Projektovanje veza*. Podgorica: Institut za standardizaciju Crne Gore.
- Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton u objektima izloženim agresivnom dejstvu sredine* (1992).
- Pršić, M. (2008). *Vodnogospodarske građevine*. Zagreb: Tehničko Veleučilište Zagreb.
- Šahinagić – Isović, M. i Ćećez, M. (2012). *Posebne vrste betona. Izvođenje betonskih radova u ekstremnim klimatskim uslovima*.
- Takahashi, S. (2002). *Design of vertical breakwaters*. Japan: Port and airport research institute.
- Zorović, D., Mohović, R., & Mohović, Đ. (2003). Prilog određivanju duljine vjetrovnih valova na Jadranu. *Naše more: znanstveni časopis za more i pomorstvo*, 50(3-4), 145-150.

---

**Marko BOŽOVIĆ****DESIGN AND CONSTRUCTION OF BREAKWATERS FOR PROTECTION THE PORTS FROM THE EFFECTS OF SEA WAVES**

**Abstract:** Breakwaters represent a type of maritime facilities, which are current both in the world and in our country. In this work, the description and purpose of such constructions with their basic characteristics are defined. The main role of the breakwater is to protect the coast and all other parts of the port. Depending on its function and the location where it is being built, it is important to make an adequate choice of breakwater type. In addition to the choice of breakwater type, the historical development of breakwater types was considered, starting with rubble mound breakwaters and vertical breakwaters and ending with composite types of breakwaters. For each type of breakwater, a calculation of the loads that occur, is presented with an indication of the wave theory as the dominant load. As for any other engineering object, the criteria of ultimate and serviceability limit state, advantages and disadvantages are defined for breakwaters. After the theoretical part has been adequately processed, the conceptual design of the vertical breakwater with the meteorological, bathymetric and geotechnical characteristics of the location was created, as in the Port of Bar. Through a comparative analysis of two variants of breakwater solutions, caisson and concrete block breakwater, a caisson breakwater was selected, for which the effects and impacts were calculated. The dimensioning of the elements, for ultimate and serviceability limit states, was carried out according to the Eurocode and for the projected life of the structure of 100 years. After dimensioning, graphic documentation of characteristic elements was presented. Nowadays, since we have the use of composite materials, such as glass fiber reinforced polymer reinforcement (GFRP), a comparison of the effectiveness of reinforcement with classic steel reinforcement and polymer reinforcement was made in terms of economic and engineering rationality. As a part of the conceptual project, special attention was placed on the aspect of construction and maintenance of such facilities, because they are built in conditions that change over time. In addition to stone, an equally important constructive material for construction is concrete, for which the criteria for the composition of the concrete mixture were considered due to the aggressiveness of the marine environment. Bearing in mind that this type of engineering objects in Montenegro is insufficiently researched, it was inspiring and interesting to work on this topic from a professional and scientific point of view.

**Key words:** breakwater, wave theory, concrete, GFRP, construction



### Građevinski fakultet

**MARKO BOŽOVIĆ** rođen je 30. maja 1998. godine u Nikšiću gdje je završio osnovnu školu i gimnaziju. Osnovne studije na Građevinskom fakultetu Univerziteta Crne Gore završio je akademске 2019/20. godine. Studijske 2020/21. godine upisao je master, postdiplomske studije na konstruktivnom smjeru gdje je sve predmete, predviđene nastavnim planom i programom, položio sa pro-

sječnom ocjenom „A“ (9.60). Master rad Projektovanje i izgradnja lukobrana za zaštitu luka od dejstva morskih talasa, pod mentorstvom prof. dr Mladena Ulićevića, odbranio je sa ocjenom „A“ u oktobru 2022. godine. Za vrijeme osnovnih i master studija bio je stipendista Opštine Nikšić i Ministarstva odbrane Crne Gore.





**Mina ŠIBALIĆ**

Mašinski fakultet

minasibalic@edu.ucg.ac.me

Mentor: prof. dr Aleksandar Vujović

## EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE OPTIMALNIH PARAMETARA ZA 3D ŠTAMPANJE PVA MATERIJALA KONTROLOM ADHEZIONE NAGE IZMEĐU SLOJEVA

UDK 681.625.9

**Sažetak:** „Nove tehnologije“ kao što su 3D Tehnologije, sve više se primenjuju u svetu kao jedne od vodećih metoda u procesu proizvodnje različitih složenih reinterpetacija predmeta. Potreba da se materijal za proizvodnju određenih delova promeni je proistekla razvojem tehnologije i željom da se ti predmeti unaprede, kako njihove fizičke tako i mehaničke karakteristike. Od novih materijala očekuje se da elementima pružaju veću otpornost, izdržljivost, u nekim slučajevima i elastičnost, čime se povećava rok trajanja a samim tim i upotrebna vrednost. Pored određenih karakteristika koje se traže od novih materijala, bitno je voditi računa i o njihovom ekološkom aspektu, da li su oni pogodni za reciklažu, koliki im je životni vek, itd. Kroz ovaj rad su predstavljeni rezultati eksperimentalnog istraživanja parametara za štampanje PVA (*polyvinil alkohola*) materijala. Formiranjem seta optimalnih parametara za štampanje pomenutog materijala, formira se baza kao osnova koja će dalje biti obogaćena česticama određenog biološkog porekla u cilju dobijanja novog polimera boljih mehaničkih svojstava. Rad se bavi teorijskim i eksperimentalnim istraživanjem. Istraživački deo predstavlja opis aditivnih tehnologija kao vodećih tehnologija proizvodnje delova u Industriji 4.0, dok je cilj rada sproveden kroz eksperimentalni deo. U uvodnim poglavljima rada dat je kratak pregled dosadašnjih istraživanja tehnologija 3D štampanja sa posebnim naglaskom na 3D štampanje zasnovano na ekstruziji istopljenog filameta. Spominju se principi, izazovi i najčešće korišćeni polimeri. Poseban fokus je stavljen na PVA materijal koji se ispituje u eksperimentalnom delu rada, a koji do sada nema veliku primenu za 3D štampanje zasnovano na ekstruziji. U drugoj celini rada govori se o eksperimentalnom istraživanju i koji su to fiksni a koji varijabilni parametri. Prilikom štampanja uzoraka, varijabilni parametri su debljina sloja i temperatura na dodatnom silikonskom grejaču na glavi štampača, dok su temperatura štampanja, temperatura podloge i ostali parametri koji mogu da se podešavaju u softveru CURA u ovom istraživanju konstantni za sve uzorke. Za pripremu samog eksperimenta, korišćen je softver CURA, u kome se podešavaju ovi parametri kao i orijentacija štampanog uzorka i veoma je bitna stavka u lancu proizvodnje gotovog proizvoda, dok je za testiranje korišćen *Thony softver*. Treća celina rada se odnosi na analizu prikupljenih rezultata

i generalizacija tih rezultata u vidu formiranog zaključka. Nakon završenih ispitivanja materijala ustanovljena maksimalna sila je 135,833 N, dobijena pri parametrima štampanja koji iznose: temperatura na dodatom grejaču je između 170–180 °C i debljini sloja od 0,2 mm.

**Ključne riječi:** trodimenzionalno štampanje, PVA materijal, mehanička svojstva, optimalni parametri, ekologija

## UVOD

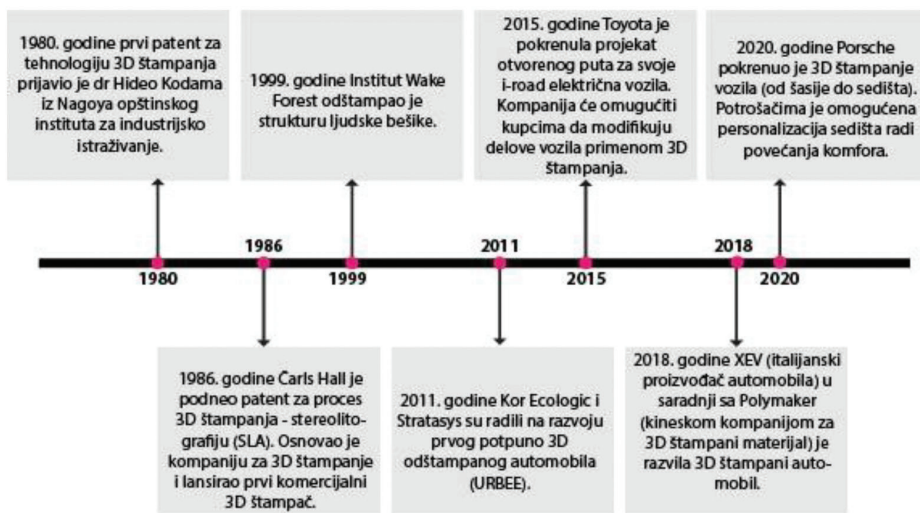
Brz razvoj aditivne proizvodnje, daje širok opseg tema za razmatranje i ispitivanja. Među tehnologijama 3D štampanja, aditivna proizvodnja koja je zasnovana na ekstruziji, poznata i kao fuzionisano modeliranje taloženjem (FDM) ili proizvodnja fuzionisanih filamenata (FFF), jedan je od najčešće korišćenih procesa. Postoji potražnja za ciljanim razvojem materijala za 3D štampanje zasnovano na ekstruziji (Jin, 2020). U ovom kontekstu, ovaj rad će pokriti postupak eksperimentalnog istraživanja optimalnih parametara već postojećeg materijala za 3D štampanje, čiji će se rezultati kasnije koristiti u svrhu formiranja novog materijala na bazi prirodnih čestica. Sa aspekta ekologije, ovo je takođe, veoma bitna tema, jer se bavi razvijanjem polimera za 3D štampanje od biološkog materijala, koji je mnogo pogodniji za reciklažu i njegovo kasnije tretiranje, nego što su to PLA, PETG ili neka druga plastika.

Aktuelna istraživanja, akcenat stavljaju na detaljnije objašnjenje osnova aditivnih tehnologija, ispitivanje novih materijala i adekvatnost njihove primene u različitim industrijama. Doktorska disertacija Minde Jin *Material development for extrusion-based 3D printing* iz 2020. godine, daje uvid u različite 3D tehnologije, kao i jedno zasebno poglavlje koje je skoncentrisano na trodimenzionalnom štampanju na bazi ekstruzije, koji su to benefiti ove tehnologije kao i njeni nedostaci. Naredno poglavlje u knjizi je bazirano na polimerima koji se koriste u tehnologiji štampanja ekstruzijom (Jin, 2020).

Kroz dostupnu literaturu provlače se objašnjenja o različitosti primene aditivnih tehnologija, kao i koju glavnu ulogu u industriji one imaju, smanjenje vremena proizvodnje, kao i proizvodnja lakših delova. Ove teme su obrađene u knjizi *Additive Manufacturing Technologies – Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing* autora Ian Gibson, Brent Strucker i David W. Rosen (Gibson, I., Rosen, D. W., Strucker, 2010).

Primena PVA materijala za izradu medicinskih pomagala u cilju boljeg, naprednijeg i lakšeg lečenja po pacijente je kao tema obrađena u različitim naučnim časopisima. Neki od radova koji se bave ovom temom su rad koji je izdat u zborniku radova *Annals of 3D printed Medicine* „Polymeric biomaterials for 3D printing in Medicine: An overview“ autora Raffaele Pugliese, Benedetta Beltrami, Stefano Regondi, Christian Lunetta iz 2021. godine (Pugliese, R., et al. 2021), rad autora Jeff Mason, Sarah Visintini i Teo Quay, „An Overview of Clinical Applications of 3D Printing and Bioprinting“ (Mason, Visintini and Quay, 2016) i deset godina

star rad koji je izdat u časopisu *Ultrasound in medicine and biology* „Current and emerging applications of 3D printing in medicine“ autora Chya-Yan Liam, Murat Guvendiren (Liaw, C., Guvendire, 2017), što pokazuje da se na primeni 3D tehnologija intenzivno radi i konstantno se teži ka njenom poboljšanju. Na Slici br. 1, prikazana je vremenska prava razvoja trodimenzionalnih tehnologija.



Slika 1. Dijagram vremenske linije razvoja trodimenzionalnih tehnologija

Nedavna dostignuća u procesima aditivne proizvodnje takođe, su tema aktuelnih istraživanja. Održive tehnologije su od vitalnog značaja, u šta se ulažu veliko vreme i novac. U današnje vreme, 3D štampa je prihvaćena od strane skoro svih industrija, što ukazuje na povezanost industrije i tehnologije. Mnoge studije su pokazale da su nove tehnologije promenile metode za razvoj određenih proizvoda. Jedan od radova koji ukazuje na to je rad grupe autora John Y. Zhang, Janam K. Pandya, David Julian McClements, Jiakai Lu i Amanda J. Kinchla, *Advancements in 3D food printing: a comprehensive overview of properties and opportunities* (Zhang *et al.*, 2022). Trodimenzionalno štampanje se velikom brzinom razvija i trenutno ima veliki broj novih tipova 3D štampača koji se uključuju u proizvodnju. Rad iz 2020. godine, pod nazivom *Overview on Lithium-Ion Battery 3D-Printing By Means of Material Extrusion* autora A. Maurel, S. Grugeon, M. Armand, B. Fleutot, Matthieu Courty, K. Prashantha, C. Davoisne, H. Torrtajada, S. Panier i L. Dupont (Maurel *et al.*, 2020), kroz detaljan opis različitih tehnologija 3D štampe, upućuje ka sledećoj generaciji litijum-jonskih baterija, koje su dobijene tehnologijom ekstruzije materijala.

Da bi se ispunila očekivanja koja su nametnuta poboljšanjem tehnologije, napretkom industrije i dr. potrebno je da postoje adekvatni materijali koji mogu da idu u korak sa prethodno navedenim istraživanjima. Karakteristike materijala i njegova primena u određenim industrijama pravi veliku razliku. Zbornik radova *Procedia Manufacturing* je 2019. godine, u svom izdanju publikovala rad pod

nazivom „An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications“ autora N. Shahrubudin, T. C. Lee i R. Ramlan 2017. godine (Shahrubudin, Lee and Ramlan, 2019). U časopisu *Composite Structures* je izdat rad autora Pedram Parandoush i Dong Lin, na temu „A review on additive manufacturing of polymer-fiber composites“ (Parandoush, P., Lin, D., 2017) koji dokazuje da su kompozitni materijali omogućili proizvodnju veoma kastomizovanih delova sa znatno poboljšanim mehaničkim karakteristikama u poređenju sa već postojećim polimerima. Časopis *Journal of Biological Engineering* izdao je rad na temu „Recent advances in 3D printing of biomaterials“ autora Helena N Chia i Benjamin M Wu, 2015. godine (Chia and Wu, 2015).

Automobilska industrija se svakodnevno suočava sa novim izazovima, novi trendovi dizajna i tehnološka primena podstiču kompanije da razvijaju nove modele. Smanjenje vremena za izlazak na tržište jednako je važno kao i smanjenje vremena za pripremu alata. O ovome govori rad autora R. Leal, F. M. Barreiros, L. Alves, F. Romeiro, J. C. Vasco, M. Santos i C. Marto, na temu „Additive manufacturing tooling for the automotive industry“ koji je objavljen u časopisu *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2017. godine (Leal, R., et al. 2017). Master rad na temu *Design and fabrication of a new class of cutting tool material using additive manufacturing* iz 2016. godine (Baldock, 2016), ima za cilj da izvrši uticaj u oblasti tehnologije proizvodnje alata kroz eksploataciju aditivne proizvodnje i generisanje novih materijala. Upotreba aditivne proizvodnje za stvaranje hibridnog alata za sečenje sa potpuno novom makrostrukturom predstavlja značajan pomak od trenutne prakse, nosi visok stepen mogućnosti i zbog toga je inovativno.

Godine 2011, Thomas Campbell, Christopher Williams, Olga Ivanova i Banning Garrett su svojim naučnim radom postavili pitanje *Could 3D Printing Change the World?* (Campbell, T., et al. 2011)

Aditivne tehnologije danas dobijaju na popularnosti delom zbog velikog broja jeftinih 3D štampača koji su dostupni na tržištu, a delom i zato što je 3D štampanje postalo popularno ne samo kod prosečnih potrošača i malih preduzeća, već i kod velikih automobilskih i vazduhoplovnih kompanija. Ova tehnologija je jedna od najbrže rastućih industrija i očekuje se da će ona dovesti do promene paradigme u prerađivačkoj industriji sa značajnim uticajima na nacionalnu i globalnu ekonomiju. Paralelno sa automatizacijom, aditivne tehnologije se smatraju kamenom temeljcem trenutne industrijske faze Industrija 4.0 (Baldock, 2016). Prednost vremena se ne odnosi samo na vreme koje je potrebno za samu izradu određenog dela. Ubrzanje celokupnog procesa proizvodnje se oslanja na činjenicu da se koriste kompjuteri tokom celog procesa proizvodnje. Aditivne tehnologije karakteriše rečenica *Ono što vidiš to i proizvodiš* (Gibson, I., Rosen, D. W., Strucker, 2010).



**Slika 2.** Šematski prikaz procesnog lanca aditivnih tehnologija (1. 3D CAD Model; 2. CAD Model u softveru – slicer; 3. Dodavanje i taloženje sloj po sloj)

Predmet istraživanja su mehaničke karakteristike PVA materijala, u zavisnosti od različitih parametara pri FDM (*fused deposition modeling*) metodi štampanja. Najvažniji parametri za 3D štampanje su visina sloja, temperatura štampanja, hlađenje tokom štampanja, prečnik mlaznice, brzina mlaznice, protok materijala, procenat popunjavanja unutrašnjosti predmeta, širina zida, temperatura sloja, temperatura okoline i orijentacija radnog komada. Varirajući parametri u ovom istraživanju su visina sloja i temperatura dodatog grejača. Tretman grejanja, preko dodatog silikonskog grejača na glavi, ima uticaj na poboljšanje zateznih svojstava i smanjenje mehaničkih anizotropija FDM štampanih delova.

Cilj ovog rada je optimizacija parametara za 3DP PVA materijala, koji će se kasnije koristiti kao osnova za novi bio-polimer. PVA materijal ima veliku raznovrsnost upotrebe, ali kada je u pitanju FDM proces, on je još uvek u „fazi prilagođavanja“. Optimizacija parametara za 3D štampanje će omogućiti inženjerima da dalje rade na materijalu uz dodavanje različitih komponenti u bazu.

Ovaj rad postavlja tri hipoteze i jedno istraživačko pitanje, koji redom glase:

**Prva hipoteza glasi:** *Vlažnost materijala ima značaj kada je u pitanju kvalitet odštampanog dela i mehaničke karakteristike PVA materijala.* Rezultati istraživanja pokazuju da je najveća zatezna čvrstoća dobijena od PVA elektronavrtenih nanovlakana pri najnižoj relativnoj vlažnosti (Raksa, A., *et al.* 2021).

**Druga hipoteza glasi:** *Snaga između slojeva eksponencijalno raste sa smanjenjem debljine sloja.* Pretpostavka je da sa manjom debljinom sloja može da se dobije veća snaga između slojeva, zbog dužeg vremena štampanja, samim tim i dužoj izloženosti temperaturi.

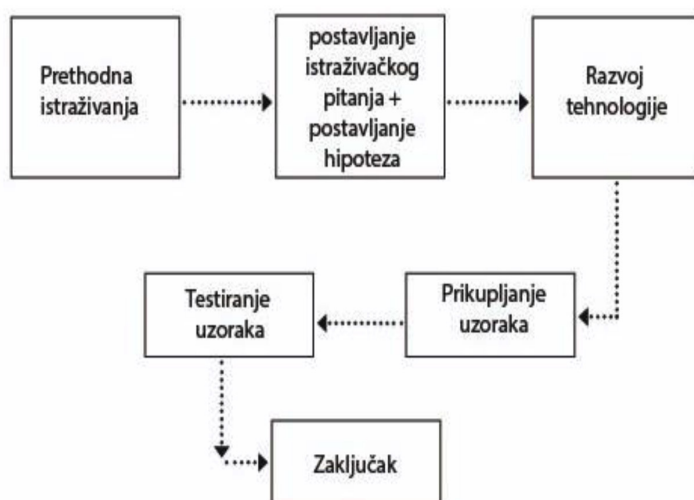
**Treća hipoteza glasi:** *Dodavanjem toplote zatezna čvrstoća PVA materijala se povećava.* Analogno drugoj hipotezi, dodatni grejač na glavi štampača treba da poboljša mehaničke karakteristike, tačnije, da poveća zateznu čvrstoću.

Istraživačko pitanje glasi: *Koji je optimalni odnos parametara za dobijanje najveće adhezione sile između slojeva?*

Celokupni pregled dosadašnjih istraživanja pokazuje raznolikost upotrebe aditivnih tehnologija, kao i različite materijale koji se primenjuju. Predmet i cilj ovog rada jesu upravo eksperimentalno istraživanje koje služi da pomogne u pronalaženju osnove za novi ekološki filament.

## METODE

Istraživanje koje će biti prikazano kroz ovaj rad čine teorijski i eksperimentalni deo. Kroz teorijski deo istraživanja će se analizirati postojeća teorijska osnova kao i rezultati dobijeni eksperimentalnim istraživanjem prikazani kroz dostupnu literaturu. Fokus teorijskog istraživanja će biti na pregledu literature dosadašnjih zaključaka o karakteristikama PVA materijala, aditivnih tehnologija 3D štampanja kao i analiziranju konkretnih prednosti i mana FDM metode. Eksperimentalni deo rada sproveden je kroz štampanje 3D uzoraka uz promenu parametara i testiranje adhezione snage između slojeva na specijalizovanoj mašini za merenje zatezne čvrstoće. Na Slici br. 3, je predstavljen grafički prikaz metodologije izvođenja rada.



Slika 3. Grafički prikaz metodologije izvođenja rada korak po korak

Metodologija sprovođenja istraživanja je podeljena na segmente. Prvi segment daje kratak pregled dosadašnjih istraživanja tehnologija 3D štampanja sa naglaskom na metodu 3D štampanja ekstruzijom zagrejanog materijala (FDM). Drugi deo govori o eksperimentalnom istraživanju i fiksnim ili promenljivim parametrima. Treća celina se odnosi na analizu prikupljenih rezultata i sumiranje u postupku definisanja zaključka.

Kako bi se dobio što verodostojniji rezultat neophodan je dovoljan broj uzornih primeraka tokom čije štampe će biti varirani parametri. Minimalan broj uzornih primeraka za dobijanje uporedivih rezultata variranih parametara je četrdeset i pet. Iskustvo prethodno sprovedenog istraživanja su pokazala da je dodavanje toplotne energije preko silikonskog grejača nestabilno. Neophodan je konstantni nadzor tokom sprovođenja štampe uzornih primeraka zbog čega je očekivano vreme štampanja ukupnog broja uzoraka  $\approx 100$  sati. Analiza postojećih teorijskih osnova ukazuje na tendenciju PVA materijala da prikuplja vlagu iz vazduha, zbog čega je neophodno unapred predvideti način čuvanja i tretiranja materijala kada se



ne koristi za štampanje. Kroz eksperimentalnu studiju na mašini specijalizovanoj za merenje zatezne čvrstoće, biće merene maksimalne sile pri kojima se slojevi delaminiraju.

Kvantitativni podaci dobijeni tokom eksperimentalnog merenja će biti sistematizovani i generalizovani kako bi se dobio grafički prikaz uticaja varijabilnih parametara na adhezionu snagu između slojeva.

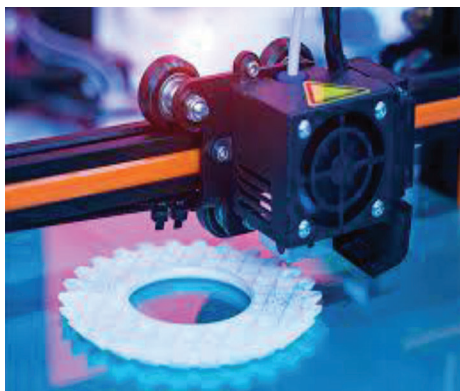
## IZVOĐENJE EKSPERIMENTA I REZULTATI

Procesni lanac izvođenja eksperimenta prikazanog u ovom radu se sastoji iz tri dela, a to su:

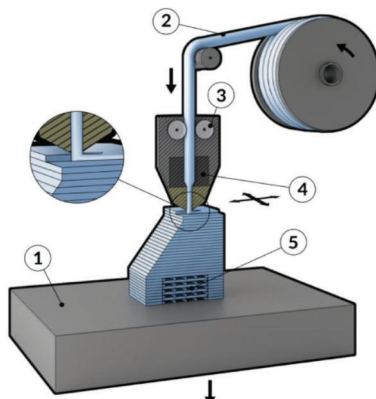
- priprema materijala i uzoraka za štampanje;
- štampanje epruveta – uzoraka;
- testiranje.

### Metoda 3D štampanja ekstruzijom zagrejanog materijala (fused deposition modeling metoda – FDM metoda)

Modeliranje fuzionog taloženja (FDM) razvijeno je kasnih 1980-ih godina. Ovim postupkom nanosi se nit rastopljenog materijala, obično od plastičnih filamenata, na podlogu uz upotrebu pokretne glave. Materijal se zagreva do temperature malo iznad tačke topljenja unutar glave, zatim se ekstrudira kroz mlaznicu na podlogu i hladi dok se ne očvrstne i formira sloj (Crump, 1991).



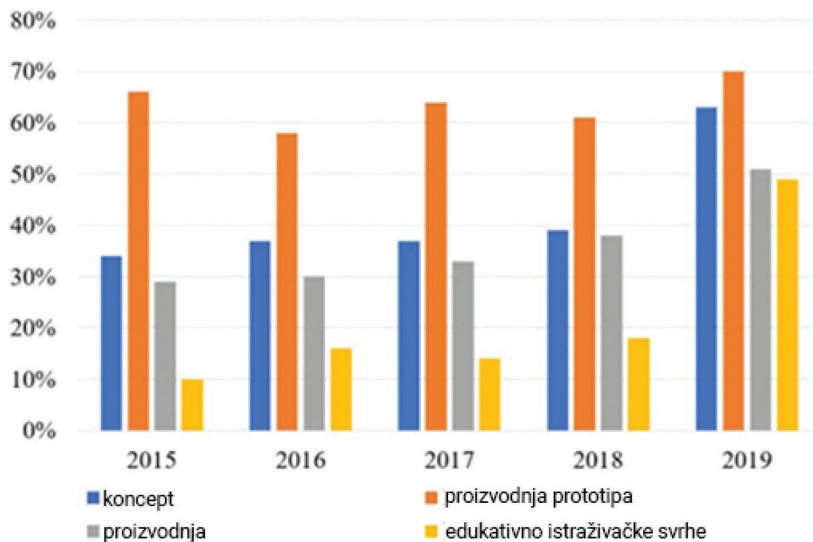
Slika 4. FDM 3D štampač



Slika 5. Delovi 3D štampača: 1) krevet, 2) filament, 3) glava štampača, 4) grejač glave, 5) odštampani deo



FDM je jedna od najbrže rastućih metoda aditivne tehnologije koja se koristi za štampanje PVA materijala. Trodimenzionalno štampanje, kontinuirano poboljšava tehnologiju aditivne proizvodnje, štampanjem lakih i kompleksnih struktura, koje se teško dobijaju uz pomoć drugih proizvodnih tehnologija. Podela tehnologije aditivne proizvodnje od 2015. godine do 2019. godine, kroz izradu prototipa, proizvodnju, istraživački sektor i proizvodnju mehaničkih delova je grafički prikazano na Slici br. 6. Vidljivo je da se 3D štampanje najviše koristi za proizvodnju prototipa tokom svih godina, a da je rast ove tehnologije u konkretnoj proizvodnji još uvek na nižem nivou.



**Slika 6.** Procentualna distribucija aditivne proizvodnje (AM) od 2015. Do 2019. Godine u proizvodnji prototipa, industriji istraživanja i obrazovanja i proizvodnji mehaničkih delova

Unapređenjem tehnologije aditivne proizvodnje, ova metoda se proširila na medicinu, vazduhoplovstvo, autoindustriju, hranu i druge inženjerske industrije, zbog velikih prednosti u vidu proizvodnje kompleksnih delova. Cenovno je prihvatljivije, kratko vreme proizvodnje i mogućnost ponavljanja. Izvodljivost proizvodnje složenog dizajna, isplativost, kratko vreme isporuke i ponovljivost su karakteristike koje se traže kada je u pitanju korišćenje aditivne proizvodnje.

### Priprema materijala i uzoraka za štampanje

PVA je hidrofilni sintetički plimer sa polukristalnom, ravnom cik-cak strukturom i dobrim mehaničkim svojstvima (Musa, B. H., Hameed, N. J. 2020). Rastvorljiv je u vodi zbog svog povišenog polariteta, netoksičnosti i visoke biokompatibilnosti (Pervez, M. N., *et al.* 2020). Ukoliko se PVA materijal ostavi na vazduhu dugo, može postati vlažan, zbog čega je bitno da se materijal osuši svaki put pre upotrebe. Prilikom izvođenja ovog eksperimenta, materijal je sušen na 40 °C preko noći (u periodu od 18:00h i 7:30h). Na Slici 7, je prikazan dehidrator.



a)

b)

Slika 7. a) upravljačka tabla dehidratora podešena na 40 C; b) PVA filament postavljen u dehidrator

Sama priprema uzoraka pred štampanje izvršena je u softveru CURA koji je napravljen kao podrška 3D štampačima koji se uglavnom koriste prilikom FDM štampanja. Veliki broj proizvođača uz svoje 3D štampače prodaju softvere koji su projektovani od strane njihovih inženjera. CURA je aplikacija otvorenog koda, što omogućava korisnicima integraciju sa CAD softverima drugih proizvođača. CURA je preferirani softver za 3D štampanje za Ultimaker 3D štampače, ali kao što je već rečeno, može da se koristiti i sa drugim štampačima. Ultimaker CURA radi tako što uslovno rečeno seče datoteku modela korisnika na slojeve i generiše G kod, koji je specifičan za određeni štampač. Kada se završi, G kod se može poslati na štampač za proizvodnju fizičkog objekta.

Različita podešavanja u softveru utiču na određene karakteristike odštampanog dela. U zavisnosti od svrhe dela koji štampamo, potrebno je podesiti parametre.

Parametri koji se podešavaju:

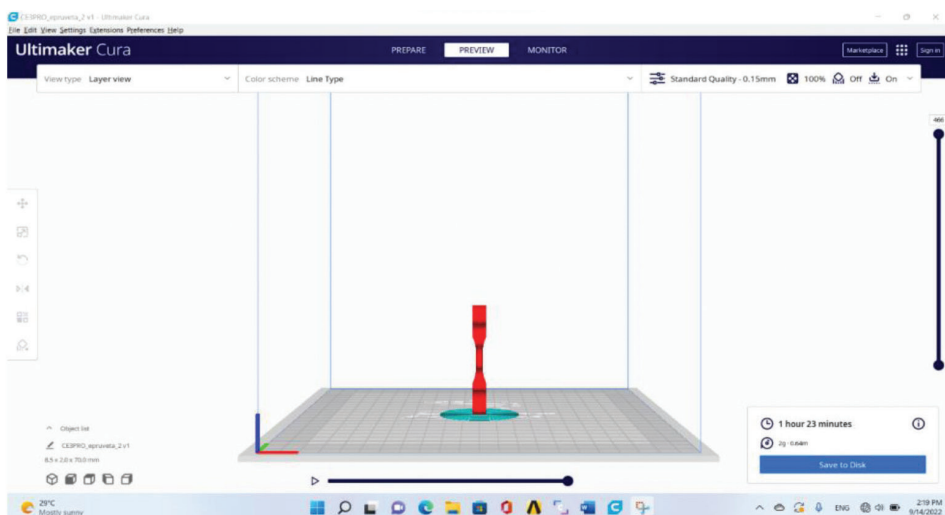
- Podešavanja štampanja (*Print Settings*) – *super quality/dynamic quality/ standard quality/low quality*.
- Kvalitet (*Quality*) – visina sloja (sa smanjenjem debljine sloja, povećava se vreme za koje je deo gotov, poboljšava se rezolucija odštampanog dela i obrnuto).
- Zidovi (*Walls*) – debljina zida (debljina zida u horizontalnom pravcu, podeljen sa širinom linije zida definiše broj zidova), broj linija zidova,

horizontalna ekspanzija (količina ofseta primenjena na sve poligone u svakom sloju, pozitivne vrednosti mogu kompenzovati prevelike rupe, negativne vrednosti mogu kompenzovati premale rupe).

- Krajnja/početna debljina (*Top/Bottom thickness*) – debljina početnog/krajnjeg sloja u printu. Taj broj podeljen sa visinom sloja definiše broj krajnjih/početnih slojeva.
- Popunjenost (*Infill*) – linija i *zig-zag infil* naizmenično menjaju smer sloja, smanjujući potrošnju materijala. Određeni patenti se štampaju u potpunosti na svakom sloju, dok se kod nekih menja način štampanja da bi se obezbedila jednaka distribucija snage u svakom pravcu.
- Materijal (*Material*) – temperatura štampanja i temperatura kreveta.
- Brzina (*Speed*) – brzina štampanja.
- Putanja (*Travel*) – *z hop* povlačenje (kada se vrši povlačenje tada se krevet spušta. Pojavljuje se razmak između kreveta i glave, što sprečava slučajno udaranje glave o print).
- Hlađenje (*Cooling*) – omogućava hlađenje printa dok se on štampa. Ventilatori poboljšavaju kvalitet printa.

Pripremljen CAD model uzorka, sačuvan je u STL formatu i uvozi se u Softver CURA (*slicer*), u kome se podešavaju parametri za štampanje. U ovom softveru takođe možemo da vidimo gabaritne mere predmeta koji štampamo i ukoliko te mere nisu adekvatne, moguće je da predmet povećamo tj. smanjimo u softveru. Sem veličine samog predmeta, možemo da menjamo njegovu orijentaciju.

Orijentacija prilikom štampanja je veoma bitna. U zavisnosti od toga, za šta nam je predmet namenjen, postavljamo ga tako da ima što manje potrebe za *support*-om. Nekada je moguće izbeći potrebu za *support*-om u celosti ako je predmet adekvatno orijentisan. Sa druge strane orijentacija je veoma bitna kada su u pitanju štampani uzorci namenjeni za određeno testiranje. U zavisnosti od toga šta testiramo, treba voditi računa kako se model orijentiše. U ovom radu za testiranje adhezije snage između slojeva, tj. znamo da se testira delaminacija slojeva, jasno je da slojevi treba da budu upravni na pravac istezanja, tj. sile. U slučaju da merimo izduženje slojeva, tada bi orijentacija bila drugačija, sloj bi bio postavljen u pravcu u kome deluje sila.

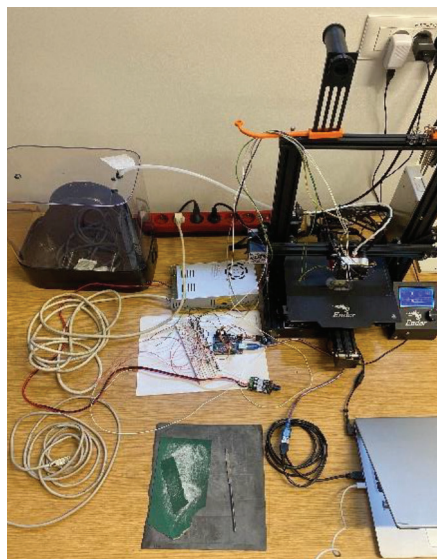


Slika 8. Vertikalno postavljena epruveta za štampanje

Materijal se postavlja za štampanje neposredno pre početka štampanja u *Polybox* kutiju koja služi da napravi određenu atmosferu oko materijala kako bi on mogao da se koristi duži vremenski period bez sušenja. Na Slici br. 9, prikazan je *Polybox*. Slika 10 prikazuje radno okruženje.



Slika 9. Polybox kutija



Slika 10. Radno okruženje

Takođe, pored same pripreme uzoraka za štampanje u odgovarajućem softveru, potrebno je izvršiti kalibrisanje 3D štampača i pripremiti ga za štampanje. Loša kalibracija kreveta, ne može da da dobar print. Ukoliko je glava štampača previše daleko, ili previše blizu, materijal se neće lepiti za podlogu. Dalje, ako je krevet pod nekim minimalnim uglom, na jednom delu će se taložiti više materijala nego na drugom delu. Greške ovog tipa mogu da dovedu do greške u samom startu štampanja, kada dobijeni proizvod nema nikakav oblik, tj. izgleda kao opiljak, što je prikazano na Slici broj 11.



Slika 11. Opiljak – greška u pripremi parametara za štampanje i loše kalibracije 3D štampača

### Štampanje epruveta – uzoraka

Uzorci su se štampali na *Ender Pro-3 3D štampaču*. U prethodnom poglavlju, naglašeno je da se materijal postavlja na 3D štampač neposredno pred njegovo korišćenje. Razlog zbog koga se on tada postavlja i po završetku štampanja opet skida je sklonost PVA materijala ka absorbovanju vlažnosti iz vazduha. Konstantnim skidanjem i postavljanjem filameta nam omogućava da materijal zadrži svoju vlažnost (u ovom slučaju suvost) što duže. Prvobitno materijal je postavljen na štampač, gde je bio izložen trenutnim uslovima vlažnosti. Uzorci odštampani tada su testirani, ali nisu uključeni u celokupnu analizu rezultata. Nakon nekoliko odštampanih uzoraka, materijal je postavljen u, gore pomenuti, *Polybox* koji služi da održi vlažnost materijala tokom štampanja. Prilikom štampanja uzoraka varirani su sledeći parametri:

- debljina sloja i
- temperatura na dodatom grejaču na glavi štampača;

dok su nepromenljivi parametri:

- temperatura glave,
- temperatura kreveta,
- gustina popunjenosti uzorka.



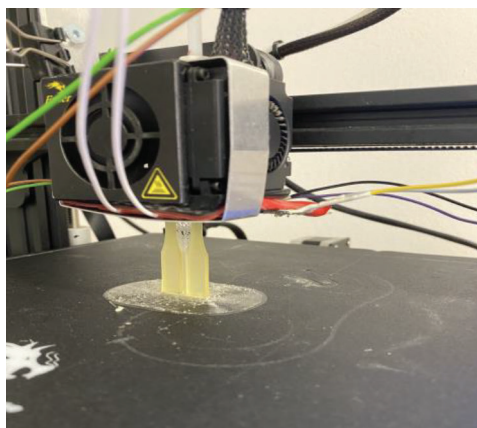
U Tabeli broj 1, su prikazani parametri za štampanje.

Tabela 1. Parametri za štampanje uzoraka po broju serije

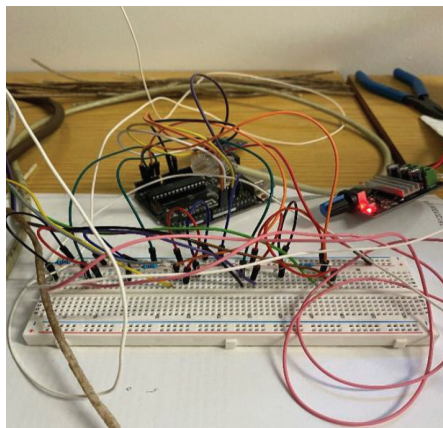
Broj testa	Temperatura glave [C]	Temperatura kreveta [C]	Gustina popunjenosti [%]	Visina sloja [mm]	Temperatura grejača [C]
1	210	30	100	0.1	150–160
2	210	30	100	0.15	150–160
3	210	30	100	0.2	150–160
4	210	30	100	0.1	170–180
5	210	30	100	0.15	170–180
6	210	30	100	0.2	170–180
7	210	30	100	0.1	130–140
8	210	30	100	0.2	130–140
9	210	30	100	0.15	130–140

Temperatura je uzimana u rasponu od 10 stepeni iz razloga što je dodati silikonski grejač bio nestabilan. Ovo je potencijalno moglo da dovede do greške kod kasnijeg testiranja zatezne čvrstoće.

Na Slici broj 12 i 13, su prikazani dodati silikonski grejač na glavi štampača i arduino mikrokontroler preko koga se on podešava.



Slika 12. Grejač na glavi štampača



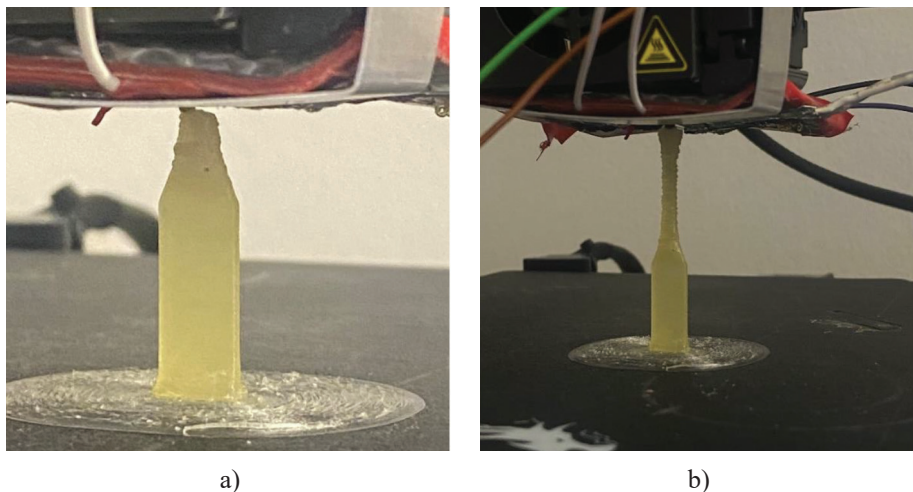
Slika 13. Arduino mikrokontrolera

## Testiranje uzoraka

Prilikom prvog štampanja uzorka, dobijena epruveta nije bila zadovoljavajućeg kvaliteta, tj. nije bila za upotrebu. Potrebno je pronaći najadekvatniji način za štampanje (podesiti vreme čekanja, najkraće vreme za koje sme da se završi jedan sloj pre početka štampanja sledećeg i dr.) jer je dolazilo do greške, tj. neadekvatno odštampane epruvete.

Razlog zbog koga je prvi uzorak bio neodgovarajući je veličina same epruvete, previše je mala, tj. tokom štampanja veoma brzo se prelazi na sledeći sloj. Glava štampača dodatno zagreva prethodne slojeve i sa povećanjem visine epruvete, gubi se njen predviđen oblik. U sledećoj iteraciji podešeno je minimalno vreme jednog sloja, to je minimalno vreme koje glava štampača treba da provede u jednom sloju, pre prelaska na drugi. To funkcioniše tako da pod uslovom da glava završi štampanje određenog sloja pre isteka zadatog vremena, treba da se udalji i da sačeka početak sledećeg. Ova funkcija je neznatno poboljšala krajnji izgled epruvete.

Na Slici broj 14, se vidi da u trenutku štampanja uzanog dela (vrata) epruvete, dolazi do lošeg taloženja materijala. Razlog zbog koga se ovo dešavalo je što materijal nije mogao da se ohladi jer ga je konstantno zagrevao novi sloj, površina jednog sloja je veoma mala. Podešavanjem različitih vremena čekanja nije postignut zadovoljavajući kvalitet.



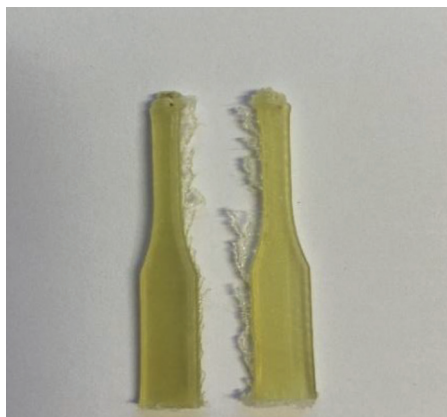
Slika 14. Štampanje epruvete

Na Slici broj 15, je prikazana gornja polovina epruvete i kako se menja njen oblik prilikom pregrevanja materijala, dok je na Slici broj 16, prikazana donja polovina epruvete čije je štampanje prekinuto u momentu pregrevanja materijala. Na istoj slici se mogu videti crne tačke koje ukazuju na izgoreli materijal.





**Slika 15.** Gornja polovina epruvete sa greškom



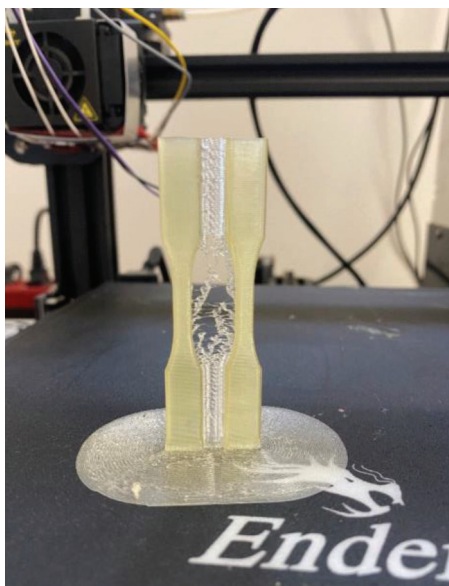
**Slika 16.** Donja polovina epruvete, do momenta pojavljivanja greške

Menjanjem različitih vremenskih parametara, nakon nekoliko iteracija, nije dobijen adekvatan izgled epruvete. Problem lošeg printa, prevaziđen je dodavanjem još jedne epruvete u pripremnom softveru CURA, koja je imala za cilj da odmakne glavu štampača od prve epruvete i da joj da prostor da se ohladi koliko je potrebno. Na Slici broj 17 su prikazane dobra (gornja) i loša (donja) epruveta.



**Slika 17.** Poređenje dobre i loše epruvete

U zavisnosti od variranih parametara, bilo je potrebno da opcija *retract filament* (opcija koja definiše da li će između dve epruvete, u praznom prostoru, filament da se uvuče u glavu ili će slobodno praviti paukovu mrežu) bude uključena tj. ugašena. Istovremeno se pokazalo bolje da je ta opcija uvek ugašena. To dovodi do potrebe za postprocesuiranjem epruvete, njihovo razdvajanje i čišćenje.



Slika 18. Odštampan par epruveta



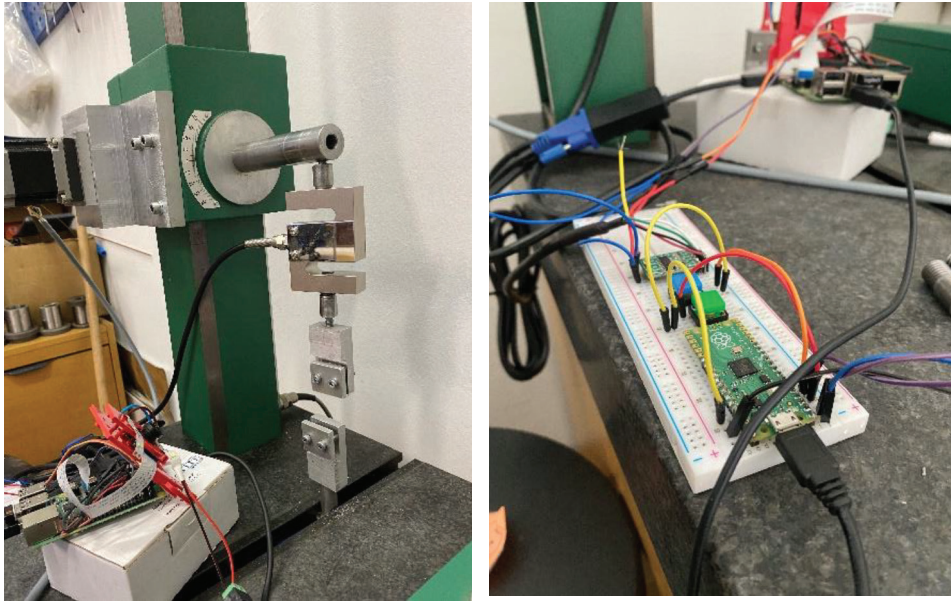
Slika 19. Pribor koji je korišćen za postprocesuiranje

Mnogi faktori mogu biti uzrok za loš print. Zbog toga postoji procedura koju je potrebno ispratiti, da bi se verovatnoća nastanka greške smanjila na minimum, jer greške pri štampanju značajno dodaju ukupnom vremenu koje je potrebno za štampanje.

### Testiranje uzoraka

Testiranje adhezione snage između slojeva vršeno je na specijalno napravljenoj mašini koja meri maksimalnu snagu pri istezanju uzoraka. Mašina je prvobitno projektovana za upotrebu do sile od 500 N. Teoretski, test uređaji izdržavaju do 1500 N, međutim, sa trenutnim napajanjem od 24 V mašina dostiže približno 450 N. Ukoliko postoji potreba za većom silom, dva izvora mogu da se kombinuju sa naponom od 32 V, kada je maksimalna sila izmerena bila 830 N. To nije preporučljivo za ovu mašinu jer je koračni motor već prilično napregnut.

Ograničenje je kontroler motora, koji prenosi samo 30 V i 2,5 A, motor se može napajati sa 4 A (maksimalni napon nije dat, ali je preporučeno napajanje koje radi za takav motor 70 V). Pri većim naponima bi se postigle veće sile. Sledeće ograničenje je merač sile, koji je dimenzionisan za merenje sila do 1000 N. Čeljusti na mašini su projektovane za ispitivanje filameta debljine 1,75 mm, tako da su na ispitnim primercima većih dimenzija moguća opterećenja na savijanje jer sile na viljušci nisu centrirane. Kontroler koračnog motora je povezan na *RRP Pico*. RPI 4 indirektno uzima u obzir merenje sile. Na desktop računaru se prikazuje kako raste sila i u momentu pucanja epruvete ta sila pada na 0 N, tako da se uzima maksimalna vrednost koju je sila dostigla pre pojavljivanja nule na ekranu. Na Slici 20, je prikazana mašina na kojoj je izvršeno testiranje.



a)

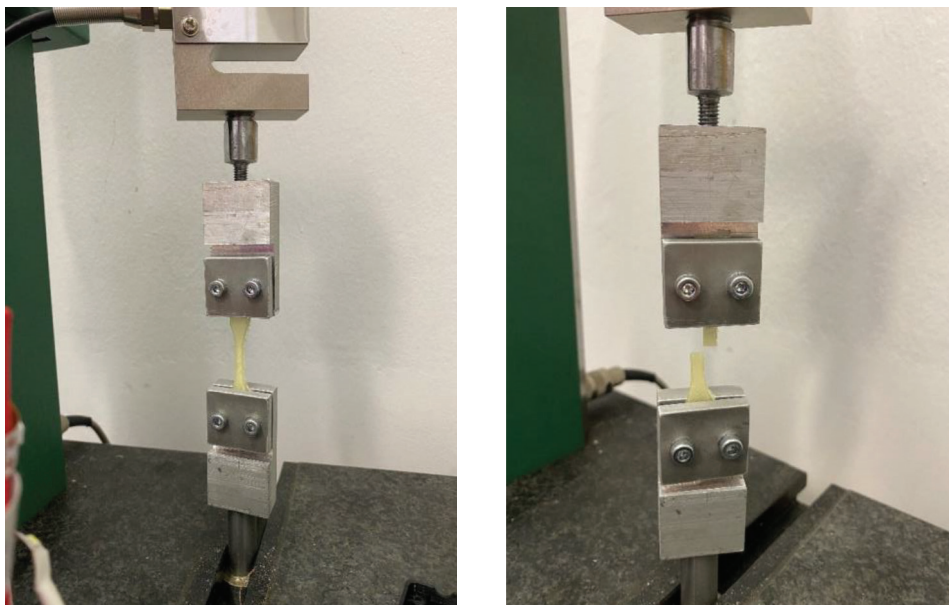
b)

Slika 20. Mašina za istezanje, korišćena za testiranje

Nedostatak na ovoj mašini je taj što viljuške za prihvatanje uzoraka nisu centrirane i može doći do uvijanja samog uzorka prilikom njegovog stezanja. Kako su uzorci po prirodi krhki nakon štampanja, dešavalo se da tokom stezanja, usled nepažnje, dolazi do pucanja uzorka. Viljuška se skuplja i širi preko arduino mikrokontrolera pritiskanjem na zeleni, tj. plavi taster.

Isti parametri za štampanje su ponovljeni šest puta, kako bi iz dobijenih rezultata mogao da se izvuče zaključak, to jeste da se potvrde ili opovrgnu postavljene hipoteze i da se da odgovor na istraživačko pitanje.

Kao što je već rečeno, varirani parametri su debljina sloja i temperatura na dodatom grejaču na glavi štampača. Temperatura na grejaču bila je kontrolisana preko *Arduino mikrokontrolera*, koji je očitavao temperaturu, kao i preko točkića koji je služio da se temperatura promeni. Proces je bio veoma nestabilan, što se tiče temperature. Planirano je bilo da se uzimaju uzorci za tačno određenu temperaturu, ali zbog nestabilnosti, opseg temperature je 10 stepeni. Na Slici 21, prikazan je uzorak na mašini pre i posle istezanja.



a)

b)

Slika 21. Postavljena epruveta a) pre testiranja; b) nakon istezanja

## DISKUSIJA

Testirano je šest uzoraka za svaki broj serije iz Tabele 1. U Tabelama od 2 do 10, prikazani su dobijeni rezultati za svaku seriju.

Tabela 2. Vrijednosti izmerene sile za uzorke iz prve serije

Broj epruvete [n]	Sila [N]
1.1	111.9711
1.2	118.7113
1.3	Pukla prilikom stezanja
1.4	116.5833
1.5	111.7161
1.6	110.916

**Tabela 3.** Vrednosti izmerene sile za uzorke iz druge serije

Broj epruvete [n]	Sila [N]
2.1	88.3261
2.2	86.5460
2.3	90.2472
2.4	98.274
2.5	93.9943
2.6	90.7386

**Tabela 4.** Vrednosti izmerene sile za uzorke iz treće serije

Broj epruvete [n]	Sila [N]
3.1	128.9865
3.2	133.1641
3.3	123.4704
3.4	125.3571
3.5	132.9238
3.6	130.7503

**Tabela 5.** Vrednosti izmerene sile za uzorke iz četvrte serije

Broj epruvete [n]	Sila [N]
4.1	117.6065
4.2	113.5536
4.3	122.1859
4.4	123.4025
4.5	118.2709
4.6	125.4251

**Tabela 6.** Vrednosti izmerene sile za uzorke iz pete serije

Broj epruvete [n]	Sila [N]
5.1	92.5016
5.2	95.4352
5.3	Pukla prilikom stezanja
5.4	90.9409
5.5	98.3559
5.6	100.353



**Tabela 7.** Vrednosti izmerene sile za uzorke iz šeste serije

<b>Broj epruvete [n]</b>	<b>Sila [N]</b>
6.1	125.2597
6.2	128.8517
6.3	130.7226
6.4	134.6259
6.5	132.1638
6.6	135.8333

**Tabela 8.** Vrednosti izmerene sile za uzorke iz sedme serije

<b>Broj epruvete [n]</b>	<b>Sila [N]</b>
7.1	86.0923
7.2	84.8859
7.3	87.8666
7.4	92.2694
7.5	82.2278
7.6	Pukla prilikom stezanja

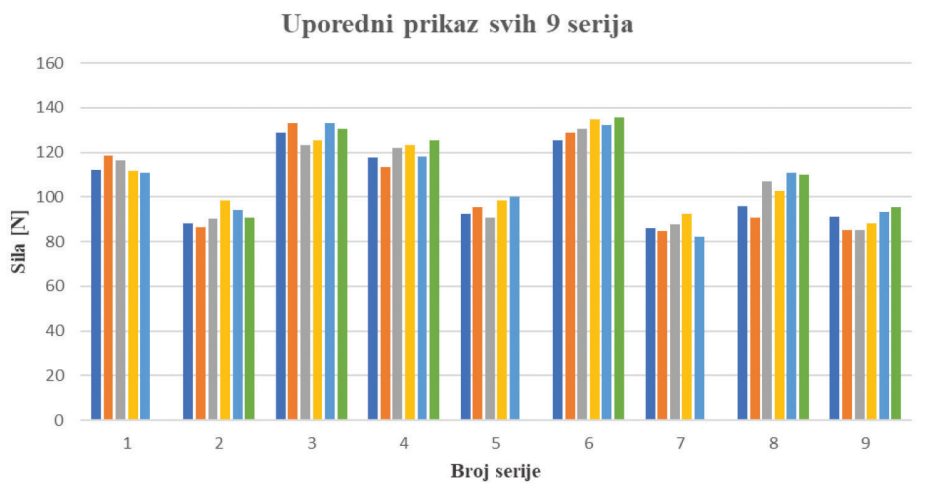
**Tabela 9.** Vrednosti izmerene sile za uzorke iz osme serije

<b>Broj epruvete [n]</b>	<b>Sila [N]</b>
8.1	95.8026
8.2	90.6935
8.3	106.8843
8.4	102.9322
8.5	110.9772
8.6	109.8734

**Tabela 10.** Vrednosti izmerene sile za uzorke iz devete serije

<b>Broj epruvete [n]</b>	<b>Sila [N]</b>
9.1	91.2871
9.2	85.1917
9.3	85.3584
9.4	87.9567
9.5	93.4562
9.6	95.6078

Iz Tabela br. 2–10, možemo da uočimo da je najveća dobijena sila postignuta tokom merenja uzoraka iz šeste serije, a to se takođe jasno vidi i sa Slike broj 22, gde je dat uporedni prikaz izmerenih sila svih uzoraka podeljenih po serijama.



**Slika 22.** Grafički prikaz izmereni sila uzoraka podeljenih po serijama

U Tabeli 11 su izdvojeni varirani parametri za koje je dobijena maksimalna sila od 135,83 N.

**Tabela 11.** Izdvojene veličine parametara za seriju šest i maksimalna izmerena sila

Maksimalna izmerena sila [N]	Veličine variranih parametara	
	Temperatura na grejaču [°C]	Visina sloja [mm]
135,83	170-180	0,2

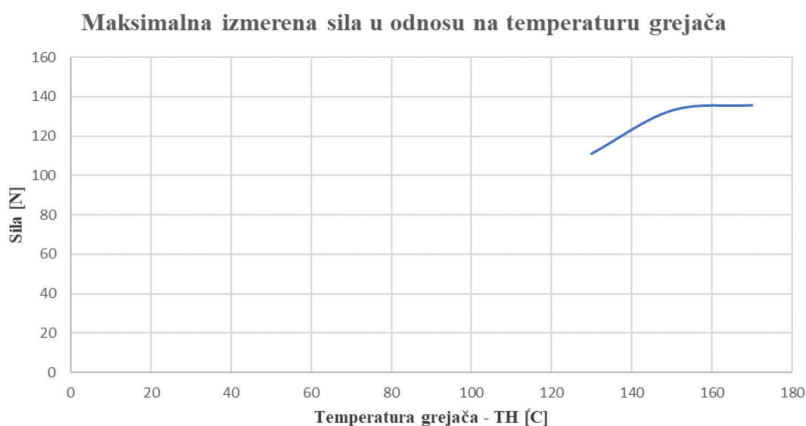
Sa grafika na Slici broj 23, možemo da zaključimo da debljina sloja od 0,15 mm daje najslabiju izmerenu silu. Što govori da je delaminacija slojeva najveća u tom slučaju. Ovakav izgled grafika može da ukaže na potencijalne slabosti ovog ispitivanja, čije bi se greške svakako ispravile u daljem istraživanju.





**Slika 23.** Maksimalna izmerena sila u zavisnosti od debljine sloja

Na Slici broj 24, prikazan je grafik maksimalne izmerene sile u odnosu na temperaturu dodatog grejača. Izmerena sila za temperaturu od 130–140 °C je značajno manja od izmerenih sila za temperaturu od 150–160 °C i 170–180 °C, koje približno daju jednake rezultate.



**Slika 24.** Maksimalne izmerene sile u odnosu na temperaturu grejača

Dobijeni rezultat pokazuje da druga hipoteza, koja glasi (radi podsećanja): *Snaga između slojeva eksponencijalno raste sa smanjenjem debljine sloja*, nije potvrđena. Takođe, možemo da potvrdimo prvu i treću hipotezu koje glase po redu: *Vlažnost materijala ima značaj kada je u pitanju kvalitet odštampanog dela i mehaničke karakteristike PVA materijala* i *Dodavanjem toplote zatezna čvrstoća PVA materijala se povećava*.

Budući pravci istraživanja će biti usmereni na davanje kompletnog odgovora na istraživačko pitanje *Koji je optimalni odnos parametara za dobijanje najveće adhezione sile između slojeva*.

## **ZAKLJUČAK**

Aditivna proizvodnja (AM) se razvija dalje od same izrade prototipa kako bi omogućila proizvodnju delova za krajnju upotrebu u velikom broju aplikacija.

Uticao nestabilnosti dodatog silikonskog grejača na tačnost rezultata nije ispitana, ali se ona uzima u obzir za dalji tok istraživanja. Za ispitivanje koje je sprovedeno u ovom radu, korišćeno je više različitih programa.

Mehaničke karakteristike delova odštampanih nekom od aditivnih tehnologija su veoma bitne i testiraju se za svaki materijal ponaosob. Odštampani uzorci koji su stajali na vazduhu pre testiranja su značajno promenili fleksibilnost, dosta su elastičniji i zbog toga nisu ušli u analizu ukupnih rezultata. Buduća istraživanja mogu da idu u smeru ispitivanja uzoraka koji su ostavljeni na vazduhu neko vreme pre istezanja, uporednoj analizi rezultata u odnosu na uzorke koji su testirani odmah nakon štampanja i donošenje zaključka koji uzorci daju bolje rezultate.

## **ZAHVALNOSTI:**

Ekperimentalni deo ovog rada sproveden je tokom studijskog boravka u Ljubljani na Fakultetu za strojništvo, Univerziteta u Ljubljani, u laboratoriji za Alternativne tehnologije.

## LITERATURA

- Baldock, J. (2016). *Design and fabrication of a new class of cutting tool material using additive manufacturing* (Doctoral dissertation). RMIT University.
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., & Garrett, B. (2011). *Technologies, potential, and implications of additive manufacturing*. Washington: Atlantic Council.
- Chia, H. N., & Wu, B. M. (2015). Recent advances in 3D printing of biomaterials. *Journal of biological engineering*, 9(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13036-015-0001-4>
- Crump, S. S. (1991). Fused deposition modeling (FDM): putting rapid back into prototyping. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Rapid Prototyping* (pp. 354-357).
- Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B., Khorasani, M., Rosen, D., Stucker, B., & Khorasani, M. (2021). *Additive manufacturing technologies*. Cham, Switzerland: Springer.
- Jin, M. (2020) *Material development for extrusion-based 3D printing*. Bayreuth: University of Bayreuth.
- Leal, R., Barreiros, F. M., Alves, L., Romeiro, F., Vasco, J. C., Santos, M., & Marto, C. (2017). Additive manufacturing tooling for the automotive industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92, 1671-1676. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0239-8>
- Liaw, C. Y., & Guvendiren, M. (2017). Current and emerging applications of 3D printing in medicine. *Biofabrication*, 9(2), 024102. <http://dx.doi.org/10.1088/1758-5090/aa7279>
- Mason, J., Visintini, S. & Quay, T. (2016) An Overview of Clinical Applications of 3-D Printing and Bioprinting, *CADTH Issues in Emerging Health Technologies*. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31211545>
- Maurel, A., Grugeon, S., Armand, M., Fleutot, B., Courty, M., Prashantha, K., ... & Dupont, L. (2020). Overview on lithium-ion battery 3D-printing by means of material extrusion. *ECS Transactions*, 98(13), 3. <http://dx.doi.org/10.1149/09813.0003ecst>
- Musa, B. H., & Hameed, N. J. (2020). Study of the mechanical properties of polyvinyl alcohol/starch blends. *Materials today: proceedings*, 20, 439-442. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.09.161>
- Parandoush, P., & Lin, D. (2017). A review on additive manufacturing of polymer-fiber composites. *Composite Structures*, 182, 36-53. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.08.088>
- Pervez, M. N., Stylios, G. K., Liang, Y., Ouyang, F., & Cai, Y. (2020). Low-temperature synthesis of novel polyvinylalcohol (PVA) nanofibrous membranes for catalytic dye degradation. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121301. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121301>
- Pugliese, R., Beltrami, B., Regondi, S., & Lunetta, C. (2021). Polymeric biomaterials for 3D printing in medicine: An overview. *Annals of 3D Printed Medicine*, 2, 100011. <https://doi.org/10.1016/j.stlm.2021.100011>

- Raksa, A., Numpaisal, P. O., & Ruksakulpiwat, Y. (2021). The effect of humidity during electrospinning on morphology and mechanical properties of SF/PVA nanofibers. *Materials Today: Proceedings*, 47, 3458-3461. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.459>
- Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. J. P. M. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286-1296. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089>
- Zhang, J. Y., Pandya, J. K., McClements, D. J., Lu, J., & Kinchla, A. J. (2022). Advancements in 3D food printing: A comprehensive overview of properties and opportunities. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(17), 4752-4768. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1878103>

## EXPERIMENTAL STUDY OF OPTIMAL PARAMETERS FOR 3D PRINTING OF PVA MATERIAL BY CONTROLLING INTERLAYER ADHESION STRENGTH

**Abstract:** “New Technologies”, such as 3D technologies, are increasingly being applied worldwide as leading methods in the production process of various complex reinterpretations of objects. The need to change the material for the production of certain parts has arisen from the development of technology and the desire to improve the physical and mechanical characteristics of these objects. New materials are expected to provide greater resistance, durability, and in some cases, elasticity, thereby increasing their lifespan and utility value. In addition to specific characteristics sought from new materials, it is important to consider their environmental aspect, such as their suitability for recycling, their lifespan, etc. This study presents the results of experimental research on printing parameters for Polyvinyl Alcohol (PVA) material. By forming a set of optimal parameters for this material, a base is established as a foundation that will be further enriched with particles of specific biological origin in order to obtain a new polymer with improved mechanical properties. The study focuses on both theoretical and experimental research. The research section describes additive technologies as the leading part of production technologies in Industry 4.0, while the goal of the study is carried out through the experimental research. The entire study is divided into three main parts. The introductory chapters provide a brief overview of previous research on 3D printing technologies, with a particular emphasis on extrusion-based 3D printing, and the methods used in this study. It discusses principles, challenges, and commonly used polymers. Special attention is given to PVA material, which is examined in the experimental part of the study and has not been widely used for extrusion-based 3D printing thus far. The second part of the study focuses on experimental research and identifies fixed and variable parameters. During the printing of samples, the variable parameters are layer thickness and temperature on an additional silicone heater on the printer head, while printing temperature, bed temperature, and other parameters that can be adjusted in CURA software are constant for all samples in this research. For the preparation of the experiment, CURA software was used, where these parameters are adjusted, along with the orientation of the printed sample, which is a crucial element in the production chain of the final product, while the Thony software was used for testing. The third part of the study relates to the analysis of collected results and the generalization of those results in the form of a conclusion. After conducting material tests, the maximum force obtained was found

to be 135.833 N, achieved with printing parameters of a heater temperature between 170–180 °C and a layer thickness of 0.2 mm.

**Key words:** three-dimensional printing, PVA material, mechanical properties, optimal parameters, ecology



### Mašinski fakultet

**MINA ŠIBALIĆ** je rođena u Beogradu 27. avgusta 1997. godine. U toku svog školovanja od 2004. godine pohađala je nastavu u Srbiji, Ujedinjenom Kraljevstvu, Francuskoj, USA, Sloveniji i Crnoj Gori. Doktorand je na Mašinskom fakultetu u Podgorici, gde je završila osnovne, specijalističke i master studije. Tokom studiranja aktivno se bavila vannastavnim aktivnostima, kao

i učešćem u ERASMUS+ programu razmene studenata. Do sada je tokom studiranja bila autor i koautor stručnih i naučnih radova koji su prezentovani na međunarodnim konferencijama i objavljeni u referentnim časopisima. Trenutno je kao istraživač zaposlena u Italijanskom Nacionalnom Institutu za Astrofiziku u Napulju, na projektu CUBES.



**Milena MIKULIĆ**

Medicinski fakultet

mikulic.milena2@gmail.com

Mentor: prof. dr Miodrag Radunović

## VRSTE ANESTEZIJE KOD LAPROSKOPSKIH HIRURŠKIH ZAHVATA

**Sažetak:** Danas se većina laparoskopskih operacija izvodi u opštoj anesteziji, ali se manje i kraće operacije mogu raditi i u regionalnoj ili lokalnoj anesteziji. Regionalna anestezija se najčešće koristi za manje ginekološke laparoskopske hirurške zahvate, ali je moguća i za veće laparoskopske hirurške procedure kao što su: laparoskopska holecistektomija i apendektomija. Najveća prednost laparoskopije u regionalnoj anesteziji data je kod pacijenata sa plućnim oštećenjima, a ključne prednosti regionalne anestezije uključuju manje povraćanja, manje postoperativnog bola, kraći postoperativni boravak, te poboljšano zadovoljstvo pacijenata. Torakalna epiduralna anestezija sa segmentnim blokom T2-L1 najčešće koristi za izvođenje laparoskopske holecistektomije. Visina bloka mora gurnuti pacijenta da toleriše pneumoperitoneum i bezbolnost pri istezanju peritoneuma. Epiduralni kateter se postavlja između L1-L2 dok je pacijent u sjedećem položaju i ubrizgava se 15–20 ml 2% lidokaina ili 0,5% bupivakaina. Na osnovu studija dobijeni su rezultati da su svi pacijenti dobro tolerisali proceduru i ostvarili neometani postoperativni oporavak. Srednje vrijeme rada je bilo 50 minuta, a prosječna dužina boravka u bolnici bila je 2,5 dana (raspon 2-4). Kada govorimo o laparoskopskoj holecistektomiji smatra se da regionalna anestezija ima za LH prednosti u poređenju sa opštom anestezijom. Pacijent može biti budan i orijentisan na kraju operacije, te obično ima manje postoperativnih bolova, mučnine i povraćanja. Problemi u vezi sa opštom anestezijom kao što su oralna povreda i povreda zuba tokom laringoskopije, te bol u grlu i inflacija stomaka kao rezultat ventilacije maskom, mogli bi se izbjeći u regionalnoj anesteziji. Ova metoda bi se najčešće mogla primjenjivati kod pacijenata sa teškim plućnim oštećenjima, gdje bi uvođenje u opštu anesteziju dodatno kompromitovalo njihovo stanje. U radu je dat pregled rezultata studija koje su sproveli Pursnani et al. (1998), te Hajong et al. (2014) baveći se lapro-skopskom holecistektomijom pod epiduralnom anestezijom.

**Ključne riječi:** laparoskopija, anestezija, regionalna, holecistektomija

## LAPROSKOPSKOM HOLECISTEKTOMIJOM POD EPIDURALNOM ANESTEZIJOM

U ovom radu, nastojali smo dati pregled rezultata studija koje su sproveli Pursnani et al. (1998), te Hajong et al. (2014) baveći se laproskopskom holecistektomijom pod epiduralnom anestezijom. Stoga, u nastavku dajemo opis metoda, karakteristike uzorka i rezultata.

### Laparoskopska holecistektomija u epiduralnoj anesteziji kod pacijenata sa hroničnom respiratornom bolešću

Tokom perioda od 8 mjeseci izvršena je laparoskopska holecistektomija kod šest pacijenata (jedan muškarac i pet žena), srednje starosti od 56 godina (raspon 38–74), pod epiduralnom anestezijom. Svi pacijenti su bili III/IV stepena ASA i srednja vrijednost FEB1/FVC bila 0,52 (raspon 0,4–0,68), zbog hronične astme (dva slučaja) i HOBP (četiri slučaja). Pacijenti su primljeni dan prije operacije, te su podvrgnuti testovima plućne funkcije. Epiduralni kateter je uveden u intervertebralni prostor T10/11 i primenjen je bolus od 0,5% bupivakaina. U zavisnosti od pacijentovog praga bola i postignutog segmentalnog nivoa analgezije, svakom pacijentu su davane postepene doze od 2 ml 0,5% bupivakaina zajedno sa bolusima intravenskih 100 mcg alfentanila. Pacijenti su disali spontano. Nazogastrična sonda nije plasirana, a stvoren je pneumoperitoneum niskog pritiska (10 mmHg). Laparoskopska holecistektomija je izvedena po standardnoj tehnici (Pursnani et al., 1998).

Svi pacijenti su dobro tolerisali proceduru i ostvarili neometani postoperativni oporavak. Srednje vrijeme rada je bilo 50 minuta, a prosječna dužina boravka u bolnici 2,5 dana (raspon 2–4). Epiduralni kateter je uklonjen jutro poslije operacije. Samo jednom pacijentu bila je potrebna postoperativna opioidna analgezija. Dva pacijenta su se žalila na uporni bol u vrhu ramena tokom operacije i zahtevali su intraoperativnu analgeziju (Alfentanil). Nije bilo promjena u kardiorespiratornom statusu pacijenta, uključujući PO<sub>2</sub> i pCO<sub>2</sub>, niti je došlo do komplikacija ni intra- ni postoperativno.

### Laparoskopska holecistektomija pod epiduralnom anestezijom

Ova studija je obuhvatila 20 pacijenata (Hajong et al., 2014). Sve operacije su završene laparoskopski bez bilo kakvih potreba za otvorenom operacijom. Opšta anestezija je bila potrebna kod dva pacijenta zbog teških žalbi na bol u ramenu. Hipotenzija je, tokom operacije, primećena kod deset pacijenata, a ista je uspješno liječena intravenskim efedrinom. Značajna bradikardija, sa brojem otkucaja srca ispod 50 otkucaja u minuti, desila se kod tri pacijenta. Osmam pacijenata je iskusilo bol u ramenu, a za pet je bila potrebna intravenska injekcija fentanila u dozama od 50 mg. Dva pacijenta nisu mogla da tolerišu bolove u ramenu i davana im je opšta anestezija. Mučnina i povraćanje nisu prijavljeni ni kod jednog pacijenta.

Prosječno ukupno vrijeme operacije je bilo 44,4 minuta (opseg 34–58 minuta) i ukupno vrijeme anestezije je 68,2 minuta (opseg, 52–89 minuta). Svi pa-

cijenti su mogli hodati 6 sati nakon operacije, a nije bilo komplikacije ili morbiditeta u postoperativnom periodu. Prosječan boravak u bolnici za pacijente je bio jedan, odnosno pola dana (raspon 1-3 dana). Postoperativno svi pacijenti ocjenjujući komfor operacije odgovorili su sa „dobro“ ili „vrlo dobro“. Prosječna ocjena zadovoljstva pacijenata, procijenjena 3 sata nakon operacije, bila je 8,2 (opseg 7–9). Dalje, prosječna ocjena bola (VAS) provjerenog 4 sata nakon operacije bila je 2,1 (opseg 1–3). Hirurzi nisu imali problema sa relaksacijom muskulature ili primjenom hirurške tehnike, te su odgovorili su da nije bilo razlike između ove tehnike i laparoskopije u opštoj anesteziji.

## DISKUSIJA

Ključne prednosti regionalne anestezije uključuju manje povraćanja, manje postoperativnog bola, kraći postoperativni boravak, te poboljšano zadovoljstvo pacijenta. Regionalne tehnike, kao što su blokovi rektusa, ingvinalni blokovi i kaudalni blokovi, korisni su dodaci opštoj anesteziji i olakšavaju postoperativnu analgeziju. Druge tehnike, kao što su spinalna i epiduralna anestezija, i kombinacija ove dvije, pogodne su kao jedina tehnika anestezije za laparoskopiju.

Čini se da se fiziološke promjene, tokom laparoskopije, kod budnog pacijenta dobro tolerišu pod regionalnom anestezijom. Razumno je pretpostaviti da će se sa napretkom u instrumentaciji i hirurškim tehnikama, u budućnosti, povećati uloga laparoskopije. Prednosti koje pruža regionalna anestezija čine je atraktivnijom opcijom za mnoge pacijente i procedure, u odnosu za opštu anesteziju.

Uspješna primjena regionalne anestezije važna odrednica načina na koji se anesteziolozi, hirurzi i hirurške ustanove nose sa novim izazovima. U budućnosti bi moglo biti moguće obezbijediti regionalnu anesteziju „ulazak/izlazak“ sa realnom mogućnošću brzog praćenja pacijenata kroz proces oporavka nakon ambulantne operacije. Za maksimalnu bezbjednost pacijenata, međutim, ustanove koje nude regionalnu anesteziju, moraju imati osoblje koje je adekvatno obučeno za anesteziju i neophodnu opremu za praćenje, te pružanje potpune reanimacije u slučaju komplikacija ili potrebe za prelaskom na opštu anesteziju.

Kada govorimo o laparoskopskoj holecistektomiji smatra se da regionalna anestezija ima za LH prednosti u poređenju sa opštom anestezijom. Pacijent može biti budan i orijentisan na kraju operacije, te imati manje postoperativnih bolova, mučnine i povraćanja. Problemi u vezi sa opštom anestezijom, kao što su: oralna povreda i povreda zuba tokom laringoskopije, bol u grlu, te inflacija stomaka kao rezultat ventilacije maskom mogli bi biti izbjegnuti primjenom regionalne anestezije.

Ova metoda bi se najčešće mogla primjenjivati kod pacijenata sa teškim plućnim oštećenjima, jer bi uvođenje u opštu anesteziju dodatno kompromitovalo njihovo stanje. Za uspešan završetak LH pod regionalnom anestezijom, neuraksijalna blokada se mora izvršiti da bi se pokrio nivo T6 ili iznad. Značajno je napomenuti da je referentni bol u ramenu zbog iritacije dijafragme od ugljen-dioksida pneumoperitoneum bio značajan intraoperativni problem – ali se o tome da diskutovati budući na ostale pozitivne aspekte primjene ove procedure.

---

**LITERATURA**

- Pursnani, K. G., Bazza, Y., Calleja, M., & Mughal, M. M. (1998). Laparoscopic cholecystectomy under epidural anesthesia in patients with chronic respiratory disease. *Surgical endoscopy*, 12, 1082-1084.
- Hajong, R., Khariong, P. D. S., Baruah, A. J., Anand, M., & Khongwar, D. (2014). Laparoscopic cholecystectomy under epidural anesthesia: a feasibility study. *North American journal of medical sciences*, 6(11), 566.

## TYPES OF ANESTHESIA IN LAPAROSCOPIC SURGICAL PROCEDURES

**Summary:** Today, most laparoscopic operations are performed under general anesthesia, but smaller and shorter operations can also be performed under regional or local anesthesia. Regional anesthesia is most often used for minor gynecological laparoscopic surgical procedures, but it is also possible for major laparoscopic surgical procedures such as laparoscopic cholecystectomy and appendectomy. The greatest advantage of laparoscopy in regional anesthesia is given in patients with lung damage, and key advantages of regional anesthesia include less vomiting, less postoperative pain, shorter postoperative stay, and improved patient satisfaction. Thoracic epidural anesthesia with T2-L1 segmental block is most often used to perform laparoscopic cholecystectomy. The height of the block must push the patient to tolerate pneumoperitoneum and painlessness when stretching the peritoneum. An epidural catheter is placed between L1-L2 while the patient is in a sitting position and 15–20 ml of 2% lidocaine or 0.5% bupivacaine is injected. Based on the studies, the results were obtained that all patients tolerated the procedure well and had a smooth postoperative recovery. The median operating time was 50 minutes, and the average length of hospital stay was 2.5 days (range 2-4). When we talk about laparoscopic cholecystectomy, it is considered that regional anesthesia has advantages for LH compared to general anesthesia. The patient can be awake and oriented at the end of the operation and usually has less postoperative pain, nausea, and vomiting. Problems associated with general anesthesia such as oral and dental injury during laryngoscopy, sore throat, and abdominal inflation as a result of mask ventilation, could be avoided under regional anesthesia. This method could most often be applied to patients with severe lung damage, where an introduction to general anesthesia would further compromise their condition. The paper provides an overview of the results of studies conducted by Pursnani et al. (1998) and Hajong (2014) dealing with laparoscopic cholecystectomy under epidural anesthesia.

**Key words:** laparoscopy, anesthesia, regional, cholecystectomy



## Medicinski fakultet

**MILENA MIKULIĆ**, rođena u Podgorici 06. 11. 1997. Osnovnu školu sam završila u Podgorici, OŠ „Radojica Petrović” i srednju stručnu Medicinsku školu u Podgorici. Školovanje sam nastavila 2016. godina na Medicinskom fakultetu, smjer Medicina, koji sam završila 04. 07. 2022. godine, odbranom diplomskog rada ocjenom 10. Dobitnik sam nagrade glavnog grada Podgorice za postignuti uspjeh na Medicinskom fakultetu tokom studijske 2020/21. godine, sa prosječnom ocjenom 10,0.

Volonter Crvenog Krsta CG od 2013. godine, gdje sam kao član a poslije i kapiten ekipe osvojili I mjesto 2

puta na opštinskom, 1 put na državnom kao i III mjesto na Evropskom takmičenju u Sloveniji. Instruktor sam prve pomoći. Član Komisije za zdravstvenu djelatnost I prvu pomoć Skupštine Crvenog krsta Crne Gore. Školske godine 2022/23. radila u srednjoj stručnoj Medicinskoj školi kao predavač predmeta: Hirurgije sa njegom i Higijene sa epidemiologijom, kao i u SGG „Inž. Marko Radević” kao predavač predmeta Prva pomoć, gdje sam rad nastavila I školske 2023/2024. godine. Od 2023. Zaposlena u Zavodu za Hitnu medicinsku pomoć kao ljekar. Služim se engleskim jezikom.





**Marija KALUĐEROVIĆ**

Metalurško-tehnološki fakultet

marijakaludjerovic.9@gmail.com

Mentor: prof. dr Miljan Bigović

## **SINTEZA NOVIH SCHIFFOVIH BAZA ALDEHIDA I KETONA SA TIOKARBOHIDRAZIDOM I NJIHOVIH KOMPLEKSA SA PRELAZNIH METALIMA I ISPITIVANJE NJIHOVOG ANTIOKSIDATIVNOG POTENCIJALA**

UDK 66.02(043.2)

**Sažetak:** Schiffove baze su jedinjenja koja se dobijaju kondenzacijom aldehida ili ketona sa amonijakom ili primarnim aminima. Njihova sinteza je relativno jednostavna pa se ova jedinjenja zbog toga sve češće i koriste. S obzirom na to da imaju sposobnost da doniraju elektrone, tj. po Lewisovoj teoriji spadaju u baze, jako su pogodne za građenje kompleksnih jedinjenja sa jonima prelaznih metala. U ovom radu su sintetisane četiri Schiffove baze sa tiokarbohidrazidom. Karbonilna jedinjenja koja su korištena za ove sinteze su benzaldehid i o-hidroksiacetofenon. Dobijene su dvije monosupstituisane i dvije disupstituisane Schiffove baze koje su okarakterisane pomoću IR spektroskopije i NMR spektroskopije. Snimljeni su spektri polaznih jedinjenja i proizvoda, pa se sami tok reakcije i uspjehnost sinteze mogao pratiti pomoću ovih instrumentalnih tehnika. Disupstituisana Schiffova baza sa benzaldehidom je uspješno prekrystalisana iz etanola i acetona i dobijena je u obliku monokristala što je omogućilo rješavanje njene strukture pomoću rendgenske strukture analize. Dobijene Schiffove baze su poslužile kao ligandi u sintezi kompleksih jedinjenja sa odabranim prelaznim metalima, tačnije solima ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ni}(\text{OAc})_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OAc})_2$ ,  $\text{Co}(\text{OAc})_2$ ). U većini slučajeva su proizvodi dobijeni u vidu praha izuzev dinuklearnog kompleksa sa cinkom, koji je iskristalisao u vidu monokristala i njegova struktura je riješena pomoću RSA. Tokom sinteze kompleksa sa cink-acetatom i ligandom (2E)-N'-[(1E)-1-(2-hidroksifenil)etiliden]-2-[1-(2-hidroksifenil)etiliden]hidrazin-1-tiokarbohidrazidom dobijeni su monokristali čija je struktura riješena pomoću RSA. Za disupstituisane Schiffove baze iz ovog rada ali i dvije sa m-hidroksiacetofenomom i 3,4-dihidroksiacetofenomom je određena antioksidativna aktivnost DPPH metodom, gdje se na osnovu rezultata može zaključiti da Schiffova baza sa benzaldehidom ima znatno manju aktivnost u poređenju sa fenolnim Schiffovim bazama.

**Ključne riječi:** tiokarbohidrazid; Schiffove baze, NMR spektroskopija, IR spektroskopija, rendgeno-strukturna analiza, kompleksi, DPPH test

## UVOD

Pod odgovarajućim reakcionim uslovima, amonijak ili primarni amini mogu reagovati sa aldehidima i ketonima, pri čemu nastaju imini. Imini predstavljaju azotne analoge ketona i aldehida, gdje je umjesto karbonilne grupe zastupljena dvostruka veza ugljenik – azot, a koja je preko atoma azota povezana sa alkil- ili aril- grupom, što ova jedinjenja čini izuzetno stabilnim.

Schiffove baze od aromatičnih karbonilnih jedinjenja su mnogo stabilnije i lakše ih je sintetisati u odnosu na one koje nastaju u reakciji sa alifatičnim aldehidima ili ketonima. Razlog je relativna nestabilnost, ali i sposobnost polimerizacije Schiffovih baza alifatičnih karbonilnih jedinjenja, dok kod aromatičnih postoji veća stabilnost koja je posljedica konjugacije sa elektronima iz aromatičnog prstena. Aromatični prsten u značajnoj mjeri doprinosi upotrebi Schiffovih baza u oblasti farmaceutske, organske, neorganske i analitičke hemije [1].

Iz njihove opšte formule možemo zaključiti da imaju snažno elektrondonorsko mjesto, pa samim tim posjeduju širok spektar bioloških aktivnosti. Azometinska grupa ( $-\text{C}=\text{N}$ ) prisutna je u brojnim prirodnim proizvodima, njihovim derivatima, ali i sintetičkim preparatima. U literaturi se nalaze podaci na osnovu kojih se može zaključiti da fenolne Schiffove baze mogu biti potencijalni lijekovi koji će se koristiti u prevenciji brojnih bolesti koje izazivaju slobodni radikali [2].

Takođe, Schiffove baze imaju i veliku primjenu u organskoj sintezi.

Istražena je i primjena Schiffovih baza za suzbijanje efekta brojnih hemijskih toksičnih supstanci koje se koriste kao hemijsko oružje. Na primjer, sarin, koji je organofosforno jedinjenje označeno kao oružje za masovno uništenje, napada nervni sistem živih bića.[3] Zanimljiva je i činjenica da se Schiffove baze koriste i kao inhibitori korozije zbog njihove sposobnosti da formiraju sloj na površini materijala koji je neophodno zaštititi. Mnogi komercijalni inhibitori uključuju aldehide ili amine, ali zbog  $\text{C}=\text{N}$ -veze, Schiffove baze funkcionišu efikasnije u mnogim slučajevima.[4]

Schiffove baze su jedinjenja koja su takođe poznata po tome što sa jonima prelaznih metala grade koordinaciona (kompleksna) jedinjenja. Mogu biti bidentatni, tridentatni i polidentatni ligandi. Prisustvo slobodnog elektronskog para u  $sp^2$ -hibridizovanoj orbitali azota imino-grupe doprinosi helirajućoj sposobnosti. Ova osobina im omogućava da nalaze potencijalnu primjenu u raznim granama industrije. Neki od njih su biološki aktivni, a ima jedinjenja sa katalitičkom aktivnošću, neka se čak koriste kao boje [5]. Posebno su interesantne kao ligandi Schiffove baze koje posjeduju sumpor, azot i kiseonik zbog potencijalne dentatnosti. Tako su na primjer Schiffove baze sa tiokarbohidrazidom (tiokarbohidrazoni-TCH) zanimljivi ligandi zbog dostupnosti nekoliko potencijalnih donorskih mjesta; obično djeluju kao neutralni ili negativno naelektrisani ligandi i vezuju metal preko atoma sumpora i jednog atoma iminskog azota. Takvo ponašanje je posljedica tautomerne ravnoteže između tioketo i tienolnih oblika. Nekoliko faktora utiče na ovu ravnotežu, naime, priroda metalnog jona i njegovog protivjona, reakcioni uslovi, priroda rastvarača i  $pH$  sredine. Prisustvo dodatnih koordinacionih mjesta na bočnim supstituentima može uticati i na stehiometriju i na selektivnost vezivanja sa različitim metalnim jonima [6].

Ove karakteristike se mogu iskoristiti u različitim poljima biološke primjene, a mogućnost da se fino podese stabilnost i svojstva helata modifikovanjem koordinacionih ostataka supstituenata može imati veoma važne rezultate. Do sada je dostupno samo nekoliko radova o biološkoj aktivnosti TCH, koji su testirani za medicinsku primjenu samo sporadično u pogledu njihove potencijalne antivirusne aktivnosti protiv herpesa kroz indukciju inaktivacije HSV-1 ribonukleotid reduktaze [7]. Slično tome, dok su tiosemikarbazoni ekstenzivno korišćeni za sintezu metalnih kompleksa sa primjenom protiv raka, antimikrobnih ili antifungalnih [8, 9], tiokarbohidrazonskim kompleksima je pridato mnogo manje pažnje. Na primjer, samo nekoliko primjera kompleksnih jedinjenja na bazi TCH sa  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  ili  $\text{Zn}^{2+}$  je testirano zbog njihovih farmakoloških svojstava protiv raka, bakterijskih sojeva ili gljivične infekcije [10, 11]. U ovom kontekstu, nijesu sprovedena sistematska biološka istraživanja ove klase metalnih jedinjenja koja ostaju zanemarena u njihovoj mogućoj medicinskoj primjeni.

## METODE

### Postupak dobijanja tiokarbohidrazida

U trogrli balon od 250 mL sipati 50 mL hidrazin-hidrata i dodati 150 mL vode, pa dobijeni rastvor zagrijati na oko  $50^\circ\text{C}$ . U kapalicu sipati 15 mL ugljen-disulfida,  $\text{CS}_2$ , i ukapavati u toku 1h u topao rastvor hidrazina. Nakon toga, dobijenu reakcionu smjesu zagrijavati na uljanom kupatilu na  $90^\circ\text{C}$  u toku 1h. Ohladiti do sobne temperature, a zatim balon staviti u led.

Aparatura za sintezu tiokarbohidrazida je prikazana na Slici 1.



Slika 1. Aparatura za sintezu tiokarbohidrazida

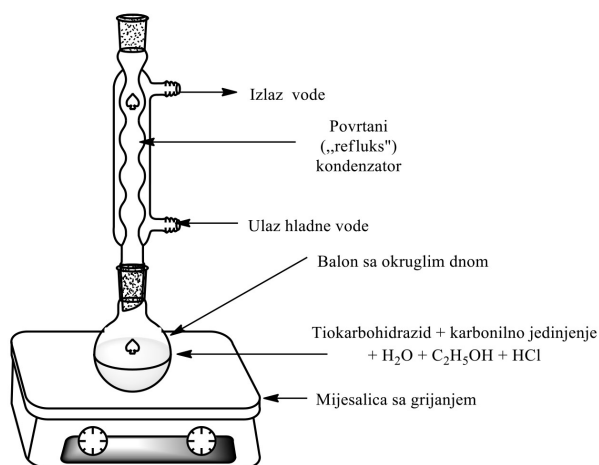
Izdvojeni kristali se procijede, a proizvod se prekrstališe iz vode.

## Postupak sinteze Schiffovih baza

U balon okruglog dna od 250 mL, opremljen magnetnom miješalicom i povratnim kondenzatorom, sipa se 0,4 g tiokarbohidrazida (dHS) koji je rastvoren u smješi vode i etanola (prvo se doda 20 mL vode, a odmah zatim i 50 mL etanola). Smješa se miješa i zagrijava sve dok se tiokarbohidrazid potpuno ne rastvori (najprije se stvara bijelo zamućenje, koje vremenom nestaje).

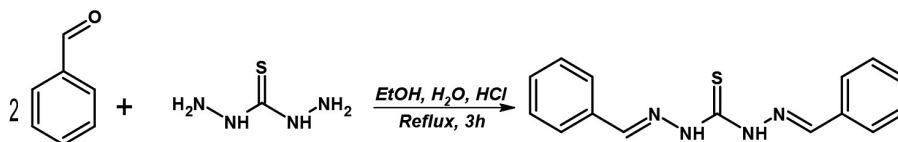
U bistar rastvor tiokarbohidrazida se doda stehiometrijska količina aldehida ili ketona, kap koncentrovane HCl, nakon čega se reakciona smješa miješa uz refluktovanje u toku 3h. Nakon dodatka karbonila i kiseline, rastvor poprimi žutu boju. Ukoliko se sintetiše disupstituisana Schiffova baza onda se koristi duplo veća količina aldehida ili ketona, dok u slučaju sinteze monosupstituisanih Schiffovih baza koriste se jednake količine i tiokarbohidrazida i karbonilnog jedinjenja.

Schema opisane aparature za sintezu prikazana je na Slici 2.



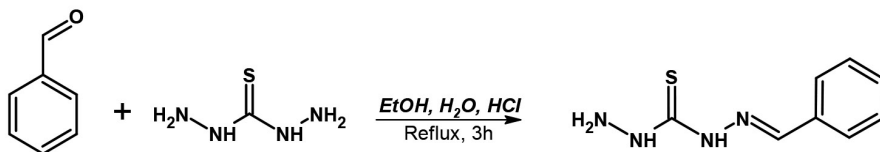
Slika 2. Shema aparature za sintezu Schiffovih baza

- Sinteza Schiffove baze MK<sub>1</sub> - tiokarbohidrazid i benzaldehid (disupstituisane):



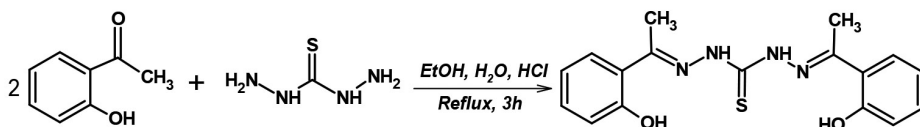
Dobijeno je 0.6909 g proizvoda u obliku blijedožute praškaste supstance, u prinosu od 64.5%.

- Sinteza Schiffove baze JČ<sub>1</sub> – tiokarbohidrazid i benzaldehid (monosupstituisane):



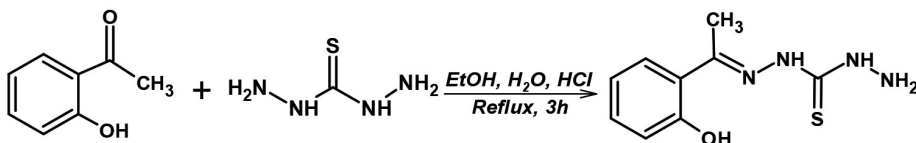
Dobijeno je 0.47 g proizvoda u obliku blijedožute praškaste supstance, u prinosu od 65,47%.

Sinteza Schiffove baze MK<sub>3</sub> – tiokarbohidrazid i *o*-hidroksiacetofenon (disupstituisane):



Dobijeno je 0.7217 g proizvoda u obliku blijedožute praškaste supstance, u prinosu od 67.4%.

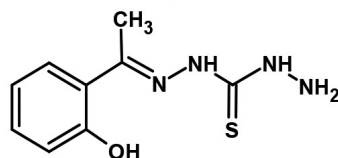
Sinteza Schiffove baze JČ<sub>2</sub> – tiokarbohidrazid i *o*-hidroksiacetofenon (monosupstituisane):



Dobijeno je 0.42 g proizvoda u obliku blijedožute praškaste supstance, u prinosu od 51,21%.

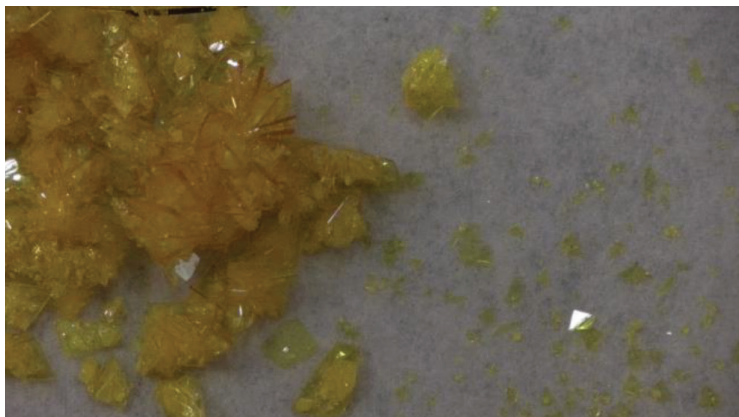
### Sinteza kompleksnih jedinjenja

Struktura liganda je prikazana na slici ispod.



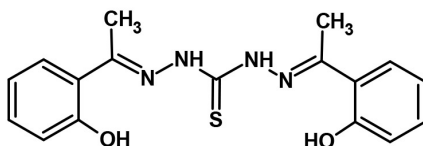
Molski odnos pri dobijanju kompleksa je n(ligand): n(metalna so) = 2:1.

Toplog suspenziji cink(II)-acetata dihidrata (0,25 mmol; 54,8 mg) u DMF-u dodato je 6 mL toplog rastvora liganda JČ<sub>2</sub> (0,5 mmol; 112 mg). Rezultujući rastvor žuto-zelene boje je ostavljen da kristališe. Poslije 5 dana je prifiltriran i dobijeni proizvod su žuto-narandžasti kristali prikazani na Slici 3. Prinos: 0.194 g (95,44 %).



**Slika 3.** Izgled kristala dobijenog binuklearnog Zn kompleksa

Na slici ispod je prikazana struktura liganda.



Molski odnos pri dobijanju kompleksa je  $n(\text{ligand}) : n(\text{metalna so}) = 2:1$ .

Toplom rastvoru cink(II)-acetata dihidrata (DMSO, 3 mL) dodato je 8 mL rastvora liganda MK3. Rezultujući rastvor je svijetlo zeleno-žute boje. Ostavljen da kristališe, i nakon 5 dana profiltriran. Dobijeni su igličasti svijetložuti kristali prikazani na Slici 4. Prinos: 0.053 g (25, 68 %).



**Slika 4.** Dobijeni kristali u reakciji MK3 liganda i cink-acetata



## Određivanje antioksidativne sposobnosti (DPPH metoda)

Antioksidativna svojstva Schiffovih baza su određena koristeći DPPH test. Pripremljeni su rastvori ispitivanih jedinjenja tako što se u 20  $\mu\text{L}$  Schiffove baze u rastvoru DMSO i 980  $\mu\text{L}$  metanola doda i pomiješa 1 mL DPPH rastvora. Nakon 30 minuta inkubacije izmjerena je apsorbanacija na 517 nm. Metanol je predstavljao kontrolni rastvor, a kao standard se koristio rastvor vitamina C.

Tok reakcija praćen je tankoslojnom hromatografijom (TLC), na pločicama 0,25 mm E. Merck (60F-254) i 18-34, 60 Å, ICN Silica TLC). Za vizuelizaciju mrlja su korišćeni UV-svijetlost, *p*-anisaldehidni reagens (PAA) kao i 50% rastvor sulfatne kiseline uz naknadno zagrijavanje pločice.

NMR spektri su snimljeni na aparatima Varian Gemini 200 ( $^1\text{H}$  NMR na 200 MHz,  $^{13}\text{C}$  NMR na 50 MHz) i Bruker Avance III 500 ( $^1\text{H}$  NMR na 500 MHz,  $^{13}\text{C}$  na 125 MHz).

Hemijska pomjeranja su izražena u ppm ( $\delta$ ), koristeći tetrametilsilan (TMS) kao interni standard, dok su konstante sprežanja (*J*) izražene u hercima (Hz).

IR spektri su snimljeni na aparatu *PerkinElmer Spectrum Two FT-IR spectrometer*. Mjereno je u refleksionom modu ATR tehnikom na dijamantskom kristalu, u oblasti talasnih brojeva 4000–400  $\text{cm}^{-1}$  pri rezoluciji 4  $\text{cm}^{-1}$ .

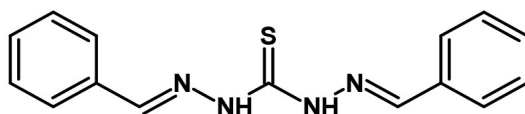
XRD analiza je rađena na aparatu *Oxford Diffraction KM4 four-circle goniometer*, koji je opremljen *Sapphire CCD detektorom*.

## REZULTATI I DISKUSIJA

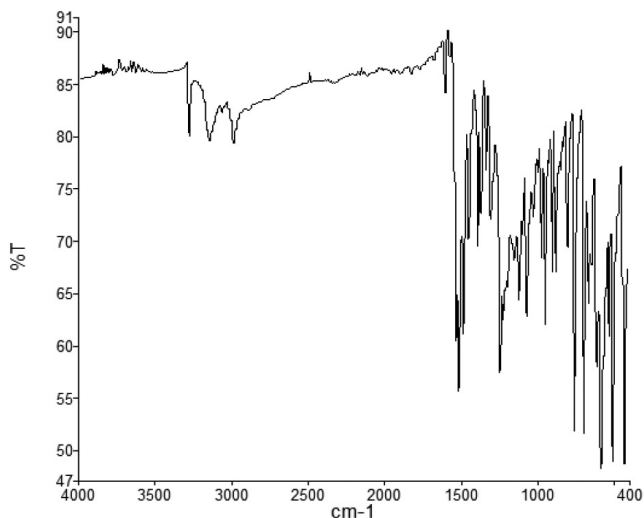
### Infracrveni spektri dobijenih Schiffovih baza

Kada uporedimo spektre aldehida sa iminom, zaključujemo da je reakcija izvršena. Kod spektra benzaldehida je prisutna karakteristična traka za aldehydnu grupu na 1700  $\text{cm}^{-1}$ . Struktura dobijene Schiffove baze prikazana je na slici 5. Na njenom spektru (slika 6) nemamo pik u toj oblasti, već između 1500–1600  $\text{cm}^{-1}$  što je karakteristika C=N veze. U regionu oko 3250  $\text{cm}^{-1}$  je sekundarna amino-grupa, koja je prisutna kod tiokarbohidrida ali i kod sintetisane baze. Prisustvo aromatičnog prstena se može dokazati ukoliko imamo signale iznad 3000  $\text{cm}^{-1}$  nastale vibracijama C-H veza iz prstena. C-C vibracije u prstenu obično pokazuju pik na oko 1500  $\text{cm}^{-1}$ .

Na 1266  $\text{cm}^{-1}$  se vidi da je C=S prisutna u sintetisanoj Schiffovoj bazi.

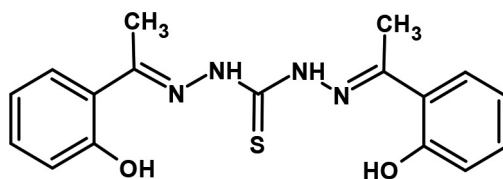


Slika 5. Sintetisana Schiffova baza SB1

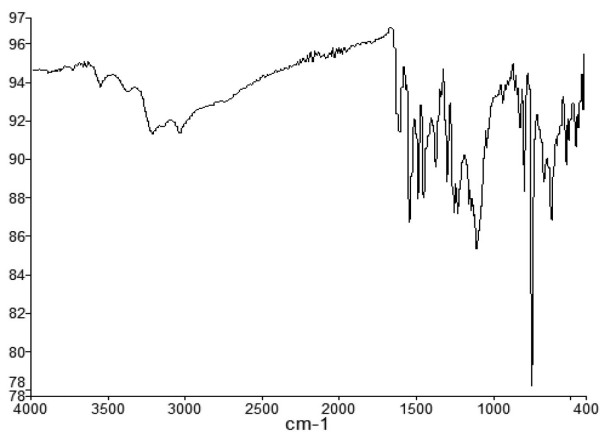


Slika 6. IR spektar sintetisane Schiffove baze MK1

Kod Schiffove baze prikazane na Slici 7, na spektru (Slika 8) imamo vidljive na  $3570\text{ cm}^{-1}$  vibracije karakteristične za OH grupu, na  $1625\text{ cm}^{-1}$  se nalazi traka svojstvena C=N grupi. Na  $3070\text{ cm}^{-1}$  se javljaju vibracije istezanja C-H aromatičnog jezgra.



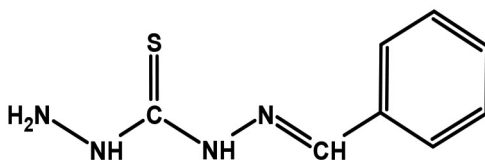
Slika 7. Sintetisana Schiffova baza MK3



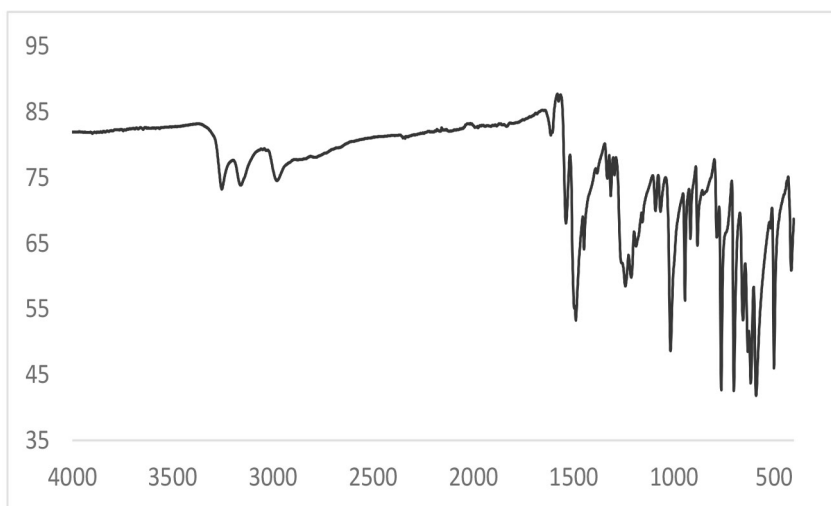
Slika 8. IR spektar sintetisane Schiff – ove baze MK3

Na njenom spektru (Slika 10) sintetisane Schiffove baze prikazane na Slici 9 nemamo pik u toj oblasti karakterističnoj za karbonilnu grupu, već na  $1604\text{cm}^{-1}$  što je karakteristika C=N veze. U regionu oko  $3250\text{cm}^{-1}$  je sekundarna amino-grupa, koja je prisutna kod tiokarbohidrazida, ali i kod sintetisane baze. Prisustvo aromatičnog prstena se može dokazati ukoliko imamo signale iznad  $3000\text{cm}^{-1}$  nastale vibracijama C-H veza iz prstena. C-C vibracije u prstenu obično pokazuju pik na oko  $1500\text{cm}^{-1}$ .

Na  $1266\text{cm}^{-1}$  se vidi da je C=S prisutna u sintetisanoj Schiffovoj bazi.

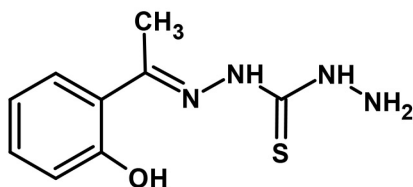


Slika 9. Sintetisana Schiffova baza JČ1

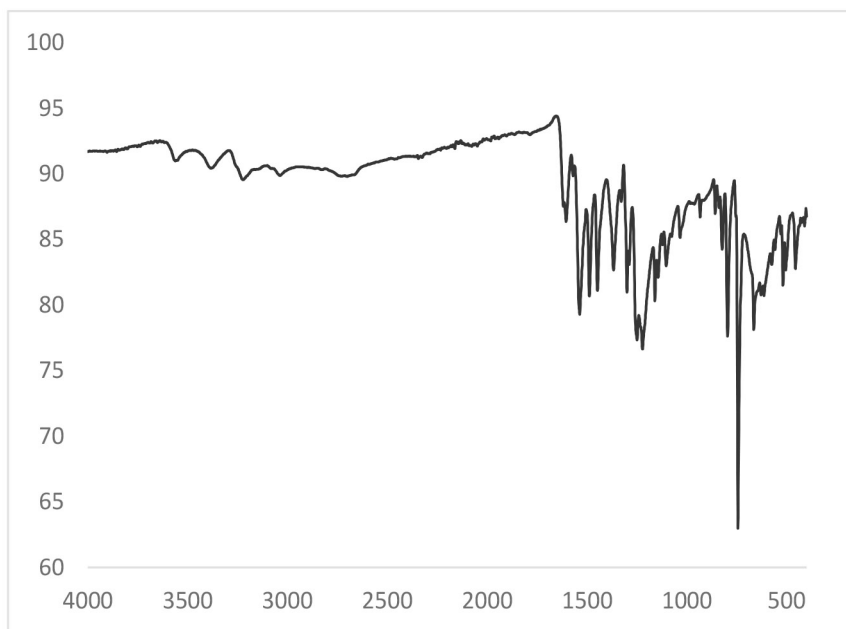


Slika 10. IR-spektar sintetisane Schiffove baze JČ1

Kada se uporede spektri polaznog jedinjenja *o*-hidroksiacetofenona i tiokarbohidrazida sa sintetisanom Schiffovom bazom (Slika 11) jasno se može vidjeti da je došlo do reakcije. Na spektru dobijene Schiffove baze (Slika 12) nema veze koja je karakteristična za karbonilnu.



Slika 11. Sintetisana Schiffova baza JČ2



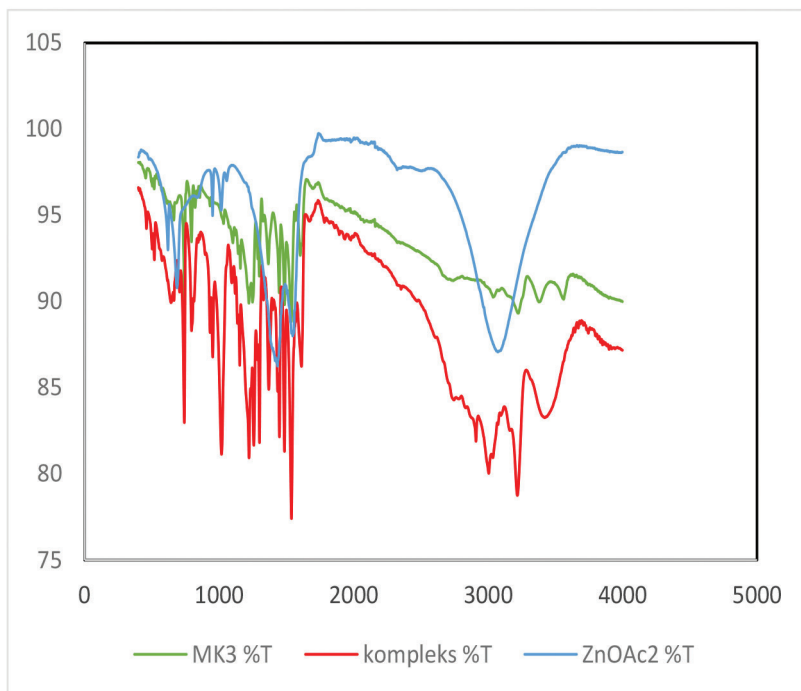
Slika 12. IR spektar sintetisane Schiffove baze JČ2

Sa druge strane, kod Schiffove baze na spektru (Slika 12) imamo vidljive na  $3570\text{ cm}^{-1}$  vibracije karakteristične za OH grupu, koje kod polaznog jedinjenja nije bilo zbog formiranja intramolekulske vodonične veze. Dalje, na  $1625\text{ cm}^{-1}$  se nalazi traka svojstvena C=N grupi. Na  $3070\text{ cm}^{-1}$  se javljaju vibracije istezanja C-H aromatičnog jezgra.

### Infracrveni spektar jedinjenja dobijenog u reakciji liganda MK3 sa cink-acetatom

Sa Slike 13 se vidi da nema trake na  $3562\text{ cm}^{-1}$  koja potiče od nekoordinovane hidroksilne grupe, već je proširena traka od  $3500$  do  $3330\text{ cm}^{-1}$  zbog formiranja vodonične veze, koja se vidi na slici gdje je u potpunosti riješena struktura dobijenog molekula. Nema ni trake na  $3379$ , a traka na  $3222$  koja je kod liganda prisutna je mnogo intenzivnija kod ovog jedinjenja. Traka sa  $1602$  pomjerena je na  $1612\text{ cm}^{-1}$ . Primjetne su još neke promjene i razlike između liganda i dobijenog molekula čija struktura je u potpunosti riješena rendgenskom strukturnom analizom i o kojoj će kasnije biti riječ.

Slaba traka koja se javlja na oko  $2341\text{ cm}^{-1}$  se obično smatra da potiče od S-H vibracija, što nam potvrđuje tiol-tion tautomeriju.

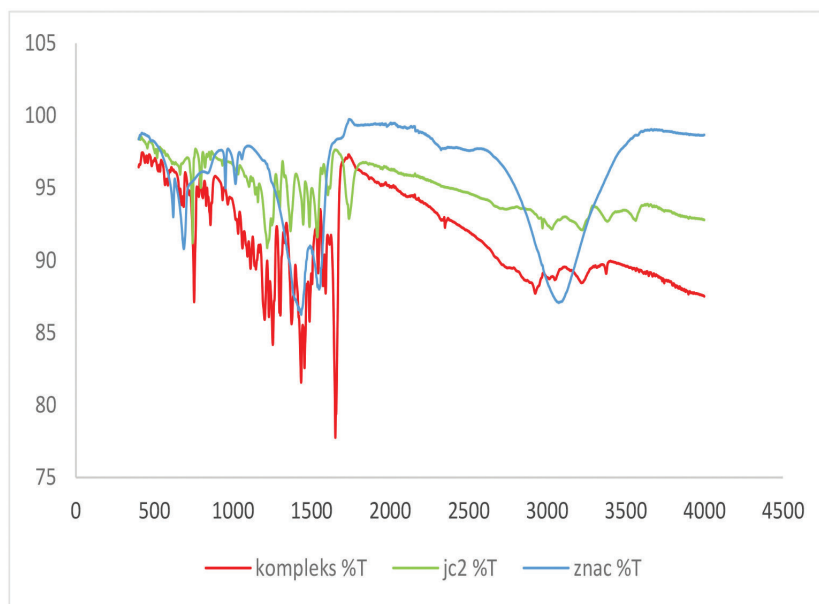


Slika 13. IR spektar dobijenog jedinjenja iz reakcije MK3 liganda i cink-acetata

### Infracrveni spektar dinuklearnog kompleksa dobijenog u reakciji *N'*-[(1*E*)-1-(2-hidroksifenil)etiliden]hidrazinkarbotiohidrazida sa $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$

Struktura ovog binuklearnog kompleksa je takođe određena pomoću RSA i prikazana u nastavku.

Trake koje se javljaju u opsegu od  $3306$  do  $3565\text{ cm}^{-1}$  se pripisuju vibracijama N-H i O-H za nekoordinovani fenolni kiseonik (tj. OH grupu). Vidimo da kod spektra (Slika 14) kompleksa imamo pomjeranje tih traka što nam govori da je došlo do koordinovanja preko kiseonika iz OH grupe fenola. Takođe, traka koja odgovara iminskoj grupi je pomjerena ka nižim vrijednostima što nam takođe govori da je došlo do koordinovanja i preko azota iz te grupe.



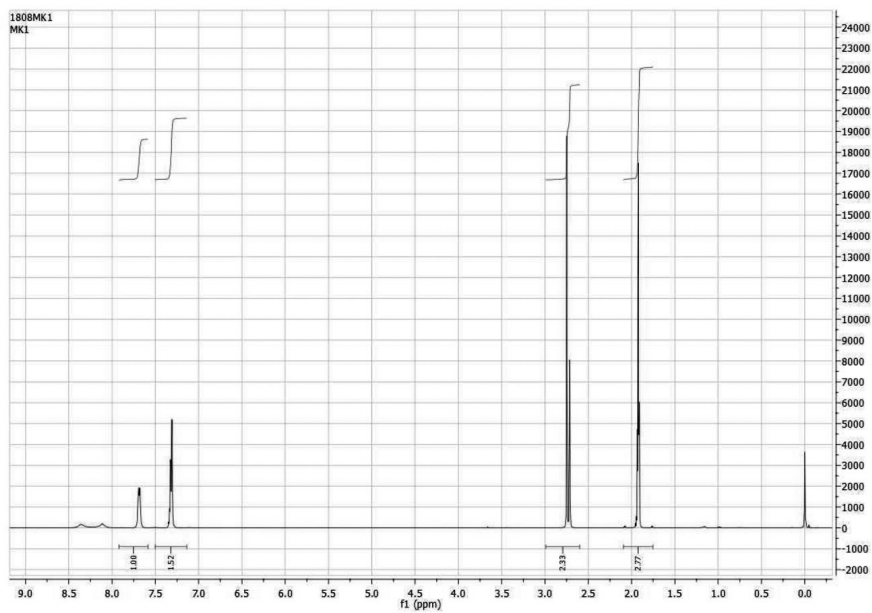
**Slika 14.** IR spektar dobijenog binuklearnog Zn kompleksa

Dodatna potvrda da smo dobili željene Schiffove baze jesu  $^{13}\text{C}$  i  $^1\text{H}$  NMR spektri.

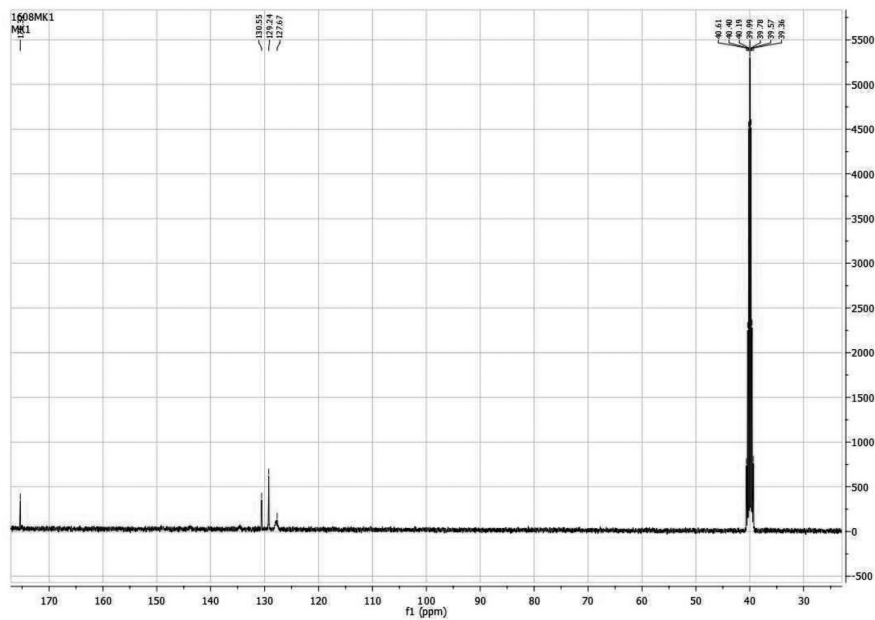
### **NMR spektar N-2-di((E)benziliden)hidrazin-1- tiokarbhidrazida (MK1)**

Signal za proton  $\text{N}=\text{CH}$  se nalazi  $\delta$  8.0~8.2 ppm. Signali C–H protona u benzenovom prstenu se jasno uočava u opsegu  $\delta$  7,0~8,0 ppm. Nema signala koji potiču od protona iz N-H veze što se može vidjeti na Slici 15.

Na  $^{13}\text{C}$  NMR spektru prikazanom na Slici 16 su prisutni signali od rastvarača koji se koristio-DMSO na 40 ppm. Ugljenici iz benzenovog prstena su identični i daju signale na oko 130, izuzev ugljenika za koji se vezuje supstituent čiji je signal na 132. Signal na 178 odgovara ugljenikovom atomu za koji je vezan sumpor.



Slika 15.  $^1\text{H}$  NMR spektar MK1

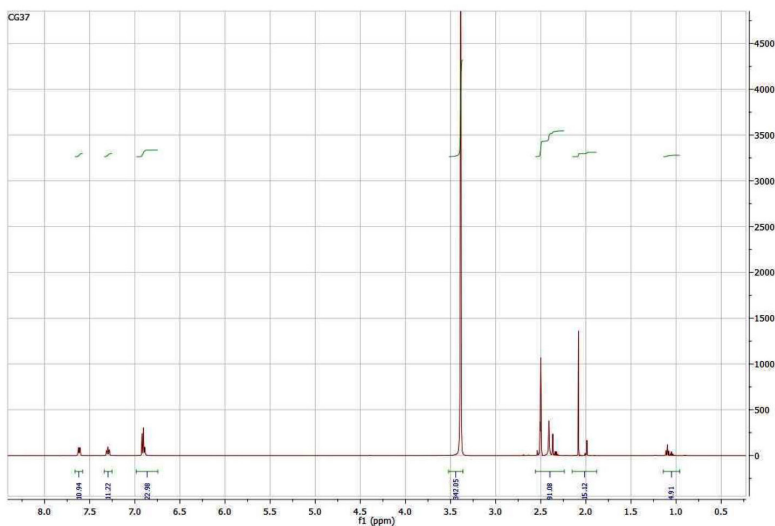
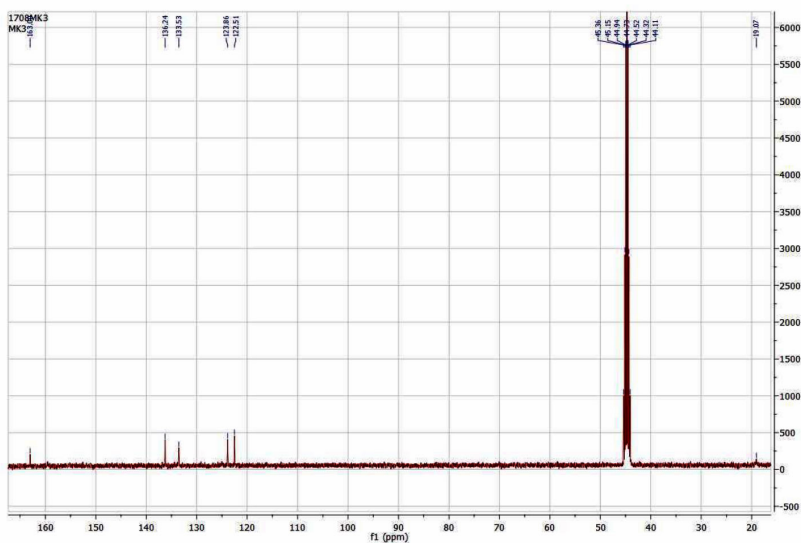


Slika 16.  $^{13}\text{C}$  NMR spektar MK1



**NMR spektar (2E)-N'-[(1E)-1-(2-hidroksifenil) etiliden]-2-[1-(2-hidroksifenil) etiliden] hidrazin-1-tiokarbhidrazida (MK3)**

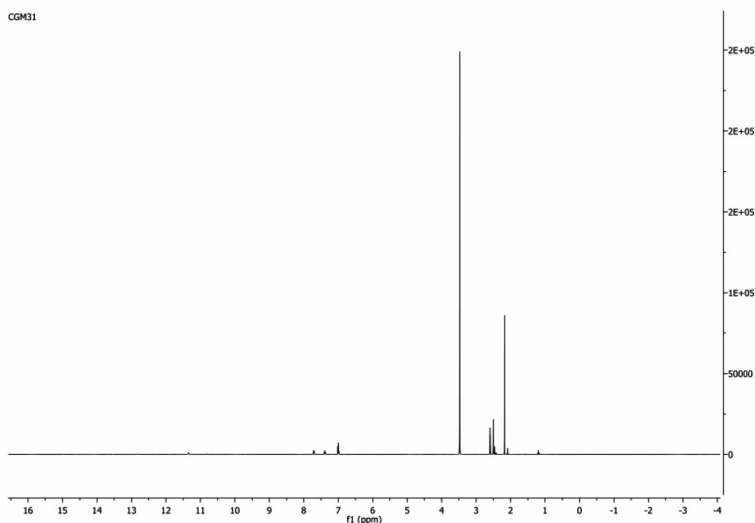
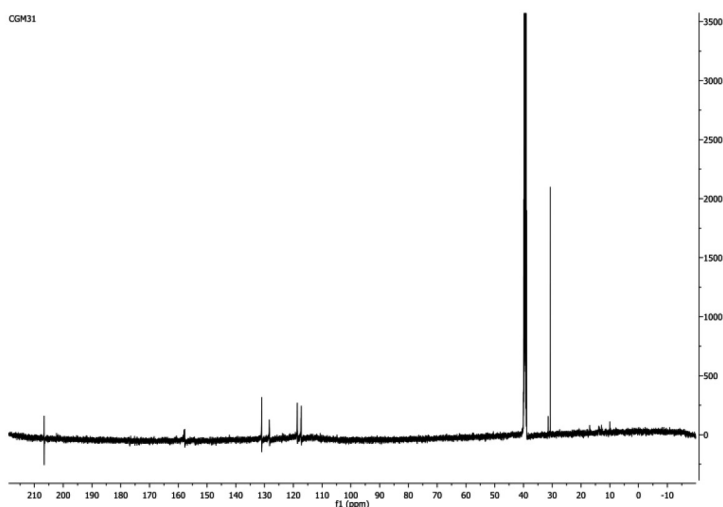
U opsegu 6,5~8 su signali aromatičnih protona. Nešto malo iznad 2 su prisutni signali od vodonika iz metil grupa, što se vidi na Slici 17. Vrijednost na kojoj se očekuju inače u slučaju da imamo *Z* izomer je  $\delta$  2.17, a 2.27 za *E* izomer. Na  $^{13}\text{C}$  spektru, Slika 18, prisutni su signali na 45 koji potiču od rastvarača DMSO, 123, 124, 133, 137 koji se pripisuju ugljenicima iz aromatičnog prstena, a na vrijednosti oko 15 se očekuje signal koji potiče od ugljenika iz metil grupa. Na 163 ppm se nalazi signal od ugljenika  $-\text{C}=\text{N}$ .

Slika 17.  $^1\text{H}$  NMR spektar MK3Slika 18.  $^{13}\text{C}$  NMR spektar MK3

**NMR spektar N'-[(1E)-1-(2-hidroksifenil)etiliden]hidrazinkarbotiohidrazida (JČ2)**

Nijesu prisutni pikovi koji potiču od vodonika iz hidroksilne grupe OH i vodonik vezan za azot, što nam govori da su te dvije grupe deprotonovane. Prisutni su signali koji potiču od aromatičnih vodonika (7-7,7 ppm), na oko 2 se očekuju vodonici iz metil grupe (Slika 19).

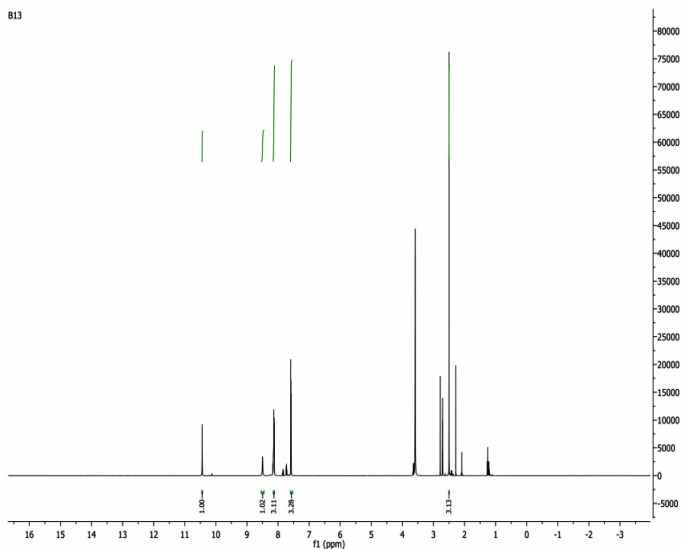
Pik na 40 potiče od rastvarača DMSO, signali koji se javljaju od 117 do 136 potiču od ugljenika iz benzenovog prstena, na 159 je prisutan signal od ugljenika iz iminske grupe (Slika 20).

Slika 19. <sup>1</sup>H NMR spektar JČ2Slika 20. <sup>13</sup>C NMR spektar JČ2

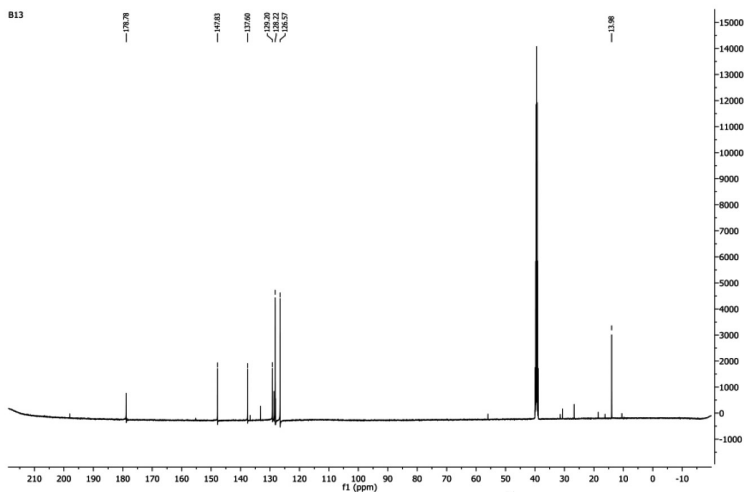
### NMR spektar N'-[(E)-fenilmetiliden]hidrazinkarbotiohidrazida (JČ1)

Kao što se vidi na Slici 21, signal na 10.40 potiče od vodonika iz N-H veze, protoni N=CH su primjećeni na  $\delta$  8.0~8.2 ppm. Signali protona iz benzenovog prstena se jasno uočavaju u opsegu  $\delta$  7,0~8,0 ppm.

Sa  $^{13}\text{C}$  NMR spektra prikazanog na Slici 22, vidi se da se signal ugljenikovog atoma za kog je vezan sumpor nalazi na hemijskom pomaku od 178, a ugljenik HC=N se nalazi na oko 147 ppm, što je veoma visoko u poređenju sa ostalim ugljenicima iz benzenovog prstena koji se nalaze u opsegu 126~137. Na 40 je signal koji odgovara rastvaraču DMSO.



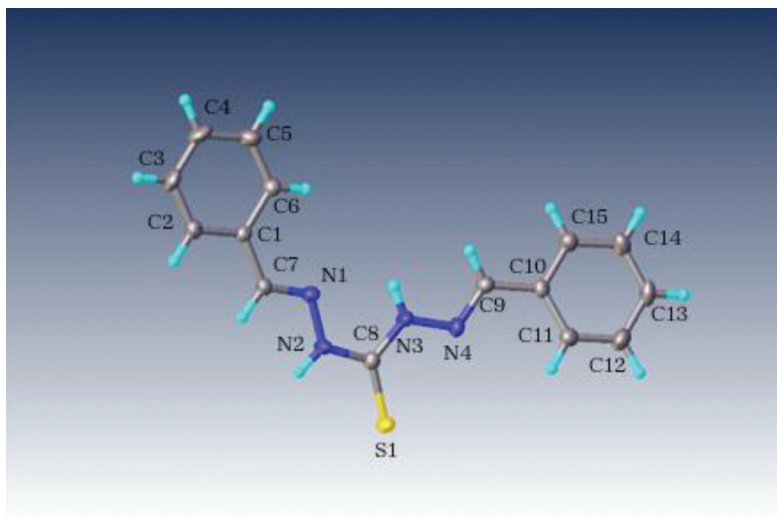
Slika 21.  $^1\text{H}$  NMR spektar JČ1



Slika 22.  $^{13}\text{C}$  NMR spektar JČ1

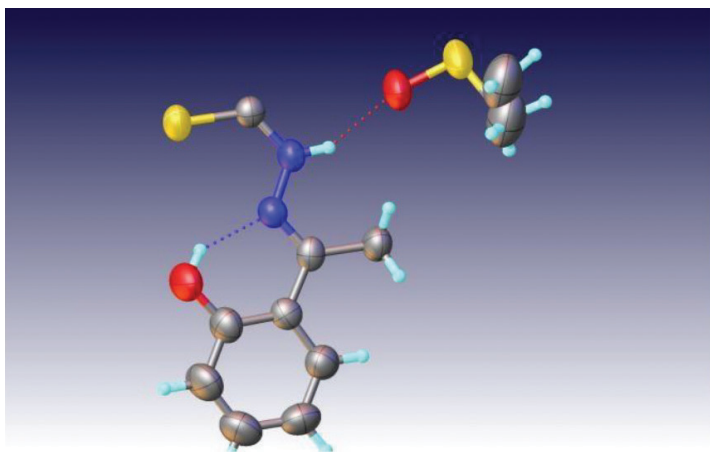
### Rendgenostrukturna analiza dobijenih monokristala

Radi potpunije karakterizacije, ligand MK1 koji je prekrystalizacijom iz etanola i acetona dobijen u obliku monokristala, uspješno je ispitan i rendgenskom strukturnom analizom. Na Slici 23 je prikazana njegova struktura. A u Prilogu 1 su prikazani kristalografski podaci i neki parametri utajnjavanja.

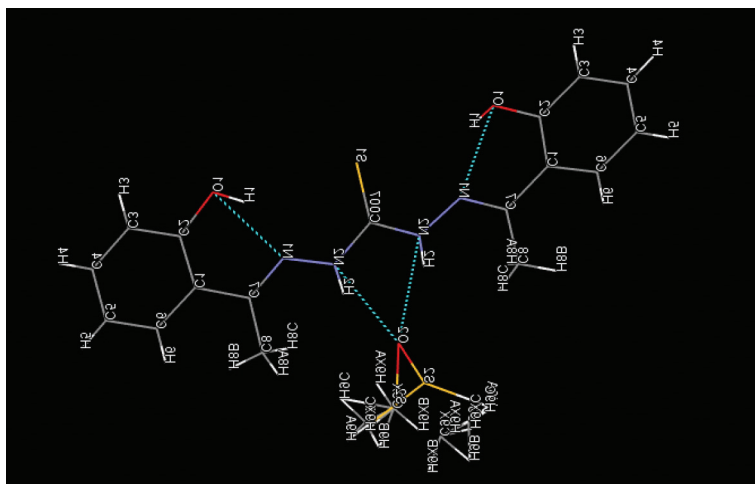


Slika 23. Struktura liganda MK1

Dobijeni su i kristali u reakciji liganda MK3 sa  $\text{Zn}(\text{OAc})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Na Slici 24 je prikazan izgled jedinične ćelije u kojoj se nalazi molekul rastvarača i jedan dio liganda MK3. Rastvarač koji je korišten je dimetil-sulfoksid i vodoničnim vezama je povezan sa molekulom liganda što se vidi na Slici 25. A u Prilogu 2 su prikazani kristalografski podaci i neki parametri utajnjavanja.

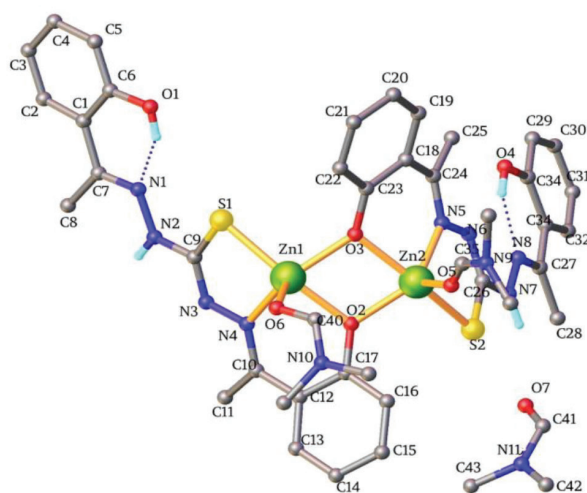


Slika 24. Struktura liganda MK3 i rastvarača DMSO u jediničnoj ćeliji



Slika 25. Vodonične veze u molekulu

U reakciji liganda  $N'$ -[(1E)-1-(2-hidroksifenil)etiliden]hidrazinkarbotiohidrida sa cink-acetatom dihidratom došlo je do formiranja monokristala. Kao što se može vidjeti sa Slike 26 gdje je prikazana struktura dobijenog kompleksa, oba atoma cinka se nalaze u OONS pentakoordinaciji koja se realizuje kod oba cinka preko atoma kiseonika iz N,N-dimetilformamida aksijalno, kiseonika iz deprotonovane fenolne grupe *o*-hidroksiacetofenona a treći kiseonik, takođe iz deprotonovane fenolne grupe, mostovno egzobidentatno povezuje dva atoma cinka. Oba atoma cinka su koordinovana za sumpor iz tiokarbohidrazona i iminski azot. Na osnovu ovoga zaključujemo da je tiokarbohidrazon tridentantni. Kompleks ima kvadratno-piramidalnu geometriju. Kompleks cinka formule  $[Zn(L)DMF]_2 \cdot DMF$  kristališe u ortorombičnom kristalnom sistemu, prostornoj grupi Pbc<sub>a</sub>. Takođe se na Slici 26 vide prisutne intramolekulske vodonične veze O1---H---N1 i O4---H---N8. Kristalografski podaci i potaci utaćnjavanja strukture su dati u Prilogu 3.



Slika 26. Struktura dobijenog binuklearnog Zn kompleksa

U Prilogu 3 su prikazani kristalografski podaci i neki parametri utajavanja.

### DPPH test

Za prikazivanje rezultata ovim testom se koristi  $IC_{50}$  vrijednost.  $IC_{50}$  vrijednost predstavlja koncentraciju uzorka koja će dovesti do neutralizacije 50% DPPH radikala, a koja se dobija iz zavisnosti  $IC_{50}$  i koncentracije uzorka [12].

Jedinjenja	DPPH $IC_{50}$ (mM)
Simetrična Schiffova baza iz benzaldehida	0,707
Simetrična Schiffova baza iz <i>o</i> -hidroksiacetofenona	0,291
Simetrična Schiffova baza iz <i>m</i> -hidroksiacetofenona	0,575
Simetrična Schiffova baza iz 3,4-dihidroksiacetofena	0,248
Vitamin C	0,427

S obzirom na to da su Schiffove baze poznate po svojim biološkim aktivnostima, odradili smo antioksidativna određivanja DPPH metodom za dvije disupstituisane Schiffove baze iz našeg rada, ali i dvije disupstituisane Schiffove baze sa 3,4-dihidroksiacetofenomom i 3-hidroksiacetofenomom. Kao standard za određivanje koristio se rastvor vitamin C. Schiffova baza sa *o*-hidroksiacetofenomom kao i ona sa 3,4-dihidroksiacetofenomom pokazale su jako dobra antioksidativna svojstva, jer je vrijednost  $IC_{50}$  znatno manja od vrijednosti vitamina C koji je poznat kao dobar antioksidans. Nešto manju vrijednost posjeduje Schiffova baza sa hidroksilnom grupom u meta položaju, iako u literaturi postoji podatak da je vrijednost BDE manja u odnosu na jedinjenje sa hidroksilnom grupom u orto položaju [13], što nam govori da i sam položaj hidroksilne grupe, odnosno struktura, upotrijebljeni rastvarači ali i termodinamički parametri poput energije disocijacije veze, jonizacionog potencijala, afiniteta prema protonu i slično, značajno utiču na antioksidativnu sposobnost nekog jedinjenja.

## LITERATURA

- [1] Brkić D, *Sinteza, struktura i svojstva Šifovih baza izatina* [doktorska disertacija], Beograd, Univerzitet u Beogradu, 2018.
- [2] L.-X. Chenga, J.-J. Tanga, H. Luob, X.-L. Jina, F. Daia, J. Yanga, Y.-P. Qiana, X.-Z. Lia, B. Zhoua, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 20, 2417, 2010.
- [3] Hameed A, Al-Rashida M, Uroos M, Abid Ali S, Khan KM. *Schiff bases in medicinal chemistry: a patent review (2010-2015)*. *Expert Opin Ther Pat.* (1):63-79, 2017.
- [4] Kadhum Y. M, Synthesis, „Identification and Study of Some New Schiff Bases as Inhibitors for Brass Corrosion and Bacterial Growth“, *Journal of Basrah Reasearches*, 37(2), 1817-2695, 2011.
- [5] Mađari J, *Sinteza, strukturalna, fizičko-hemijska i biološka karakterizacija novih N – heterocikličnih liganada i njihovih kompleksa sa jonima prelaznih metala*, doktorska disertacija, Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, 2018.
- [6] Bonaccorsa C, Marzo T, La Mendola D; *Biological Applications of Thiocarbohydrazones and Their Metal Complexes: A Perspective Review*, 2019.
- [7] Blumenkopf, T.A.; Harrington, J.A.; Koble, C.S.; Bankston, D.D.; Morrison, R.W.; Bigham, E.C.; Styles, V.L.; Spector, T. „2-Acetylpyridine thiocarbohydrazones. Potent inactivators of herpes simplex virus ribonucleotide reductase“. *J. Med. Chem*, 35, 2306-2314, 1992.
- [8] Marzo, T.; Navas, F.; Cirri, D.; Merlino, A.; Ferraro, G.; Messori, L.; Quiroga, A.G. „Reactions of a tetranuclear Pt-thiosemicarbazone complex with model proteins“. *J. Inorg. Biochem*, 181, 11-17, 2018.
- [9] Pahontu, E, Julea, F, Rosu, T, Purcarea, V, Chumakov, Y, Petrenco, P, Gulea, A. „Antibacterial, antifungal and in vitro antileukaemia activity of metal complexes with thiosemicarbazones“. *J. Cell. Mol. Med*, 19, 865–878, 2015.
- [10] Sathisha, M.P.; Revankar, V.K.; Pai, K.S.R. *Synthesis, structure, electrochemistry, and spectral characterization of bis-isatin thiocarbohydrazone metal complexes and their antitumor activity against ehrlich ascites carcinoma in swiss albino mice*. *Met.-Based Drugs*, 2008.
- [11] Abu-Hussen, A.A.A.; Emar, A.A.A. *Metal complexes of some thiocarbohydrazone ligands: Synthesis and structure*. *J. Coord. Chem*, 57, 973-987, 2004.
- [12] Rivero-Cruz F. J., Granados-Pineda J., Pedraza-Chaverri J., Pérez-Rojas J. M., Kumar-Passari A., et al., *Phytochemical Constituents, Antioxidant, Cytotoxic, and Antimicrobial Activities of the Ethanolic Extract of Mexican Brown Propolis*, *Antioxidants*, 9, 70, 2020.
- [13] E.H. Anouar, Salwa Raweh, Imene Bayach, M. Taha, Mohd Syukri Baharudin, et al.. „Antioxidant properties of phenolic Schiff bases: Structure-activity relationship and mechanism of action“. *Journal of Computer-Aided Molecular Design*, 27 (11), 951-964, 2013.



**PRILOZI****Prilog 1.** Kristalografski podaci i neki parametri utajnjavanja strukture liganda MK1

Empirijska formula	$C_{15}H_{14}N_4S$
Molekulska masa	282,36
Temperatura/K	180,00
Kristalni sistem	Ortorombični
Prostorna grupa	Pbca
a/Å	8,2436 (3)
b/Å	18,3901 (6)
c/Å	18,6576 (7)
$\alpha/^\circ$	90
$\beta/^\circ$	90
$\gamma/^\circ$	90
Zapremina/Å <sup>3</sup>	2828,49 (17)
Z	8
$\rho_{\text{calc}}$ mg/mm <sup>3</sup>	1,326
$\mu$ /mm-1	0,224
Dimenzije kristala/mm <sup>3</sup>	0,35 x 0,04 x 0,04
2 $\Theta$ opseg, °	4,366-52,738°
Opseg indeksa	$-10 \leq h \leq 9, -21 \leq k \leq 22, -18 \leq l \leq 23$
Ukupan broj refleksija	11365
Nezavisne refleksije	2890[R(int) = 0.0386]
Podaci/ograničenja/parametri	2890/0/181
Goodness-of-fit na F <sup>2</sup>	1,025
Final R indeksi [ $I \geq 2\sigma(I)$ ]	R1 = 0.0448, wR2 = 0.0856
Final R indeksi [svi podaci]	R1 = 0.0661, wR2 = 0.0937
Najveći dif. pik/hole / e Å <sup>-3</sup>	0.23/-0.23

**Prilog 2.** Kristalografski podaci i neki parametri utajnjavanja strukture jedinjenja koje je dobijeno u reakciji liganda MK3 i cink-acetata

Formula	$C_{19}H_{24}N_4O_3S_{1.98}$
Dcalc/g cm <sup>-3</sup>	1,314
$\mu$ / mm-1	0,275
Molekulska masa	419,82
Boja	Bezbojna
Oblik	Prizma
Dimenzije/ mm <sup>3</sup>	0,35x0,05x0,05
T/K	293
Kristalni sistem	Ortorombični
Kristalografska grupa	<i>Pbcn</i>
a/Å	15,7298
b/Å	16,0633
c/Å	8,3988
$\alpha$ /°	90
$\beta$ /°	90
$\gamma$ /°	90
V/Å <sup>3</sup>	2122,1
Z	4
Z'	0,5
Talasna dužina/Å	0,71073
Tip zračenja	Mo K <sub><math>\alpha</math></sub>
$\Theta_{min}$ /°	1,812
$\theta_{max}$ /°	25,025
Ukupan broj refleksija	8046
Slobodne refleksije	1878
Refleksije sa I>2(I)	1155
R <sub>int</sub>	0.0395
Parametri	140
Ograničenja	13
wR2(svi podaci)	0.1901
wR2	0.1620
R1	0.1192
R1	0.0697

**Prilog 3.** Kristalografski podaci i neki parametri utučnjavanja strukture binuklearnog kompleksa sa cinkom

Empirijska formula	$C_{43}H_{53}N_{11}O_7S_2Zn_2$
Molarna masa	1030.82
Temperatura/K	180(1)
Kristalni sistem	Ortorombični
Kristalografska grupa	Pbca
a/Å	15.2562(4)
b/Å	20.5310(6)
c/Å	29.7848(6)
$\alpha/^\circ$	90
$\beta/^\circ$	90
$\gamma/^\circ$	90
Volume/Å <sup>3</sup>	9329.3(4)
Z	8
$\rho_{calc}$ g/cm <sup>3</sup>	1.468
$\mu$ /mm <sup>-1</sup>	1.179
F(000)	4288.0
Crystal size/mm <sup>3</sup>	0.29 × 0.15 × 0.05
Radiation	Mo K $\alpha$ ( $\lambda = 0.71073$ )
2 $\Theta$ opseg/ $^\circ$	3.596 to 50.054
Index ranges	-16 ≤ h ≤ 18, -24 ≤ k ≤ 18, -35 ≤ l ≤ 32
Ukupan broj refleksija	35564
Slobodne refleksije	8241 [ $R_{int} = 0.0663$ , $R_{sigma} = 0.0741$ ]
Data/restraints/parameters	8241/12/599
Goodness-of-fit on F <sup>2</sup>	1.033
Final R indexes [ $I \geq 2\sigma(I)$ ]	$R_1 = 0.0517$ , $wR_2 = 0.0876$
Final R indexes [all data]	$R_1 = 0.0860$ , $wR_2 = 0.1014$
Largest diff. peak/hole / e Å <sup>-3</sup>	0.94/-0.66

**Marija KALUĐEROVIĆ****SYNTHESIS OF NEW SCHIFF BASES OF ALDEHYDES AND KETONES WITH THIOCARBOHYDRAZIDE AND THEIR COMPLEXES WITH TRANSITION METALS AND TESTING OF THEIR ANTIOXIDATIVE POTENTIAL**

**Abstract:** Schiff bases are compounds obtained by the condensation of aldehydes or ketones with ammonia or primary amines. Their synthesis is relatively simple, so these compounds are used more and more often. Schiff bases have the ability to donate electrons, i.e. they can be classified according to Lewis - theory as bases, they are very suitable as ligands for complex compounds formation. In this work, four Schiff bases with thiocarbohydrazide were synthesized. The carbonyl compounds used for these syntheses are benzaldehyde and o-hydroxyacetophenone. Two monosubstituted and two disubstituted Schiff bases were obtained and characterized by IR and NMR spectroscopy. The spectra of the starting compounds were recorded, so the success of the synthesis could be monitored using this instrumental technique. One of the ligands was successfully recrystallized from ethanol and acetone, and obtained in the form of a monocrystal, so its structure was solved using X-ray structure analysis. The obtained Schiff bases served as ligands in the synthesis of complex compounds with selected transition metals, more precisely salts  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ni}(\text{OAc})_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OAc})_2$ ,...). Most of the products were obtained in the form of powder, with the exception of the dinuclear complex with zinc, which is in monocrystal form and its structure was solved using RSA. During the synthesis of the complex with zinc-acetate and the ligand (2E)-N'-[(1E)-1-(2-hydroxyphenyl)ethylidene]-2-[1-(2-hydroxyphenyl)ethylidene]hydrazine-1-thiocarbohydrazide, a crystalline compound was formed whose structure is solved. For disubstituted Schiff bases from this work, but also two with m-hydroxyacetophenone and 3,4-dihydroxyacetophenone, the antioxidant activity was determined by the DPPH method, where, based on the results, it can be concluded that the Schiff base with benzaldehyde has a significantly lower activity compared to phenolic Schiff bases.

**Key words:** thiocarbohydrazide; Schiff's bases, NMR spectroscopy, IR spectroscopy, x-ray structural analysis, complexes, DPPH test



### Metalurško-tehnološki fakultet

**MARIJA KALUĐEROVIĆ** rođena je 9. juna 1998. godine u Nikšiću, gdje završava osnovnu školu i gimnaziju, a za uspjeh tokom školovanja nagrađena je diplomom „Luča“. Osnovne studije Hemijske tehnologije završila je 2020. godine sa prosječnom ocjenom 9,86. Dobitnica je Studentske nagrade Glavnog grada Podgorica, nagrade Univerziteta Crne Gore, kao i dvije nagrade

koje dodjeljuje UNIPROM KAP kao najbolji student osnovnih studija. Takođe, bila je stipendista Ministarstva prosvjete Crne Gore. Master studije Hemijske tehnologije završila je 2022. godine prosječnom ocjenom 9.9., odbranom master rada pod mentorstvom prof. dr Miljana Bigovića. Zaposlena je na Prirodno-matematičkom fakultetu. Govori engleski i italijanski jezik.



**Sladana BUBANJA**

Muzička akademija

sladjanababovic94@gmail.com

Mentor: mr Bojan Martinović, redovni profesor

## **SINESTEZIJA KAO FUNDAMENT MUZIČKOG JEZIKA I INTERPRETACIJE U MESIJANOVIM PRELUDIJUMIMA ZA KLAVIR (1928–1929)**

UDK 786:78.071.1(043.2)

**Sažetak:** Olivije Mesijan je kao uticajan francuski kompozitor XX vijeka često govorio o svojoj muzici, čak je i autor traktata u kojima piše o karakterističnim elementima svog muzičkog jezika. Kako su u fokusu izvođača i teoretičara najčešće djela iz njegovog zrelog opusa, poput *Dvadeset pogleda na dijete Isusa*, *Vizije Amena*, te *Kvartet za kraj vremena*, dok su ranija djela manje izvođena i analizirana, svrha ovog rada jeste upravo istraživanje razvoja kompozitorovog muzičkog jezika analizirajući njegova prva djela – ciklus od *Osam preludijuma* za klavir. Nakon kratkog pregleda Mesijanovih izražajnih sredstava u drugom poglavlju i uticaja sinestezijske na njegovo stvaralaštvo, treće poglavlje predstavlja osvrt na razvoj kompozitora pod uticajem francuskog impresionizma, naročito Debisija. Oslanjajući se na nasljeđe svojih prethodnika, ali istovremeno pomjerajući granice zapadnjačke muzike i obogaćujući je elementima drugih tradicija, Mesijan stvara jedinstven muzički izraz. Pojedinačna formalna analiza preludijuma iz ciklusa prikazuje uticaje Debisija, ali i začetke razvoja Mesijanovog zrelog muzičkog jezika kroz upotrebu harmonskih progresija, modusa ograničenih transpozicija, kao i tretmana ritma. Na samom kraju, komparativna analiza interpretacija posljednjeg preludijuma *Odras u vjetru* prikazuje subjektivnost doživljaja djela i njegovog konteksta.

**Ključne riječi:** klavirska muzika XX vijeka, Olivije Mesijan, sinestezijska, preludijumi, modusi ograničenih transpozicija



## UVOD

Muzika Olivijea Mesijana (Olivier Messiaen, 1908–1992) predstavlja primjer ingenioznosti jednog kompozitora koji već kroz rana djela oblikuje svoj muzički jezik, kreirajući jedinstvena izražajna sredstva. Oslanjajući se na nasljeđe svojih prethodnika, ali istovremeno pomjerajući granice zapadnjačke muzike i obogaćujući je elementima drugih tradicija, Mesijan stvara jedinstveni muzički izraz. Muzika puna imaginacije i duboke ekspresije, ujedno intelektualno uobličena i sofisticirana, postala je prepoznata i često izvođena.

Predmet ovog rada je ciklus *Preludijuma*, osam kompozicija nastalih 1928. i 1929. godine, dok je Mesijan još uvijek bio student Pariškog konzervatorijuma. Drugo poglavlje rada opisuje karakteristična izražajna sredstva u Mesijanovoj muzici, na čije „embrionske“ forme nailazimo u ciklusu *Preludijuma*, dok treće poglavlje prati razvoj kompozitora pod uticajima impresionizma i njegovih predstavnika. U četvrtom poglavlju rada, analizira se formalna struktura svakog preludijuma pojedinačno, a peto se bavi analizom interpretativnih zahtjeva ovog djela.

Cilj ovog rada jeste ukazivanje na važnost sagledavanja i istraživanja različitih aspekata muzičkog djela, kao polazne tačke za oblikovanje kvalitetne interpretacije, kao i vrednovanje manje poznatih i popularnih djela kompozitora, koje može značajno obogatiti muzički repertoar.

Mesijan je svojom veoma subjektivnom muzikom izvođačima otvorio vrata ka potpuno novoj percepciji muzike, učeći nas da je slušamo i posmatramo kroz boje, što se značajno može odraziti na percepciju ne samo njegove muzike, već i muzičkog repertoara uopšte.

### Opšte karakteristike Mesijanovog stvaralaštva

Jezik kojim se Olivije Mesijan koristio tokom cijelog svog kompozitorskog perioda svakako nije u cjelini razvijen u periodu nastanka *Preludijuma*. Ono što je važno istaći jeste da u *Preludijumima*, kao jednom od njegovih ranih djela, nailazimo na ideje o određenim tehnikama, odnosno, njihove začetke i rane faze. U njima se još uvijek izgrađuju glavna obilježja njegovog zrelog muzičkog jezika, uz snažan uticaj i prizvuk francuskih impresionista, poput Ravela i Debisija.

Mesijan 1944. godine piše traktat *Tehnika mog muzičkog jezika* (*Technique de mon langage musical*) u kom objašnjava i opisuje ključne tehnike, kako bi približio i pojasnio svoj način komponovanja. Traktat je napravljen iz dva dijela: prvi dio sadrži tekstualnu analizu, dok su u drugom dati notni primjeri koji prate analizu. U traktatu se u svakom poglavlju, od ukupno 19, opisuje pojedinačna tema: ritmovi, harmonije, forme, melodija, pjesma ptica i modusi ograničene transpozicije. Bez obzira što se u *Preludijumima* ne pojavljuju apsolutno svi elementi njegovog kompozitorskog stila u svom razvijenom obliku, od velike je važnosti za razumijevanje konteksta Mesijanove muzike pomenuti karakteristične tehnike muzičkog jezika koje se razvijaju kroz njegov kompozitorski opus.

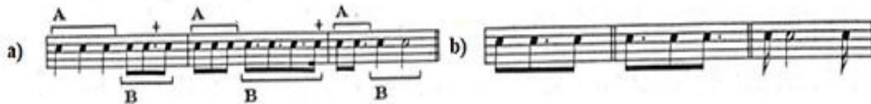
Mesijanova muzika zasniva se na neregularnom pulsu i različitim ritmičkim i metričkim obrascima, koji su u njegov muzički jezik ušli uticajem grčke i indijske muzike.

*Tokom godina provedenih na Pariškom konzervatorijumu, prvo je otkrio drevnu grčku metriku (u grčkoj muzici, ali najviše u grčkoj poeziji) na časovima istorije muzike sa Morisom Emanuelom i takođe tokom časova orgulja sa Marselom Dupreom, koji su ga ohrabivali da improvizuje na grčke ritmove. (Moreira, 2018:13–14)*

U njegovoj muzici nailazimo i na retrogradne i neretrogradne ritmove. Retrogradno kretanje poznato je kao jedna od tehnika kontrapunkta, gdje se melodija kreće unazad, odnosno ranije izložena tema pojavljuje se u retrogradnom – račjem kretanju. Primjenu ove tehnike samo na ritmu Mesijan (Messiaen, 1956) opisuje ovako: redosljed vrijednosti je potpuno obrnut, diminucija se mijenja u augmentaciju i obrnuto.

Neretrogradni ritam predstavlja notne vrijednosti koje ostaju nepromijenjene i kada se čitaju unazad.

**Primjer br. 1:** a) retrogradni i b) neretrogradni ritmovi



Mesijanov pristup harmoniji donosi nekoliko veoma specifičnih rješenja, od kojih se ističu određene harmonske progresije i sklopovi akorda. Kao i druge aspekte svog stila, Mesijan je u *Tehnici*<sup>1</sup> opisao ove pojave.

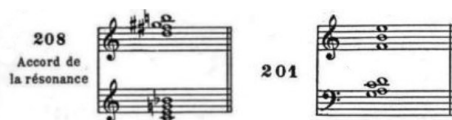
*Notes ajoutées* su dodati tonovi koji se pojavljuju u akordu i njihova primarna uloga je promjena boje akorda, pa se može reći da je na neki način njihova uloga nije formalna, već estetska. Kompozitor to opisuje ovako: „... to je pitanje stranih tonova, koje nemaju ni pripremu, ni razrješenje, bez naročito ekspresivnih akcenata, koje mirno postaju dio akorda, mijenjajući mu boju, dajući mu začim, novi miris“ (Messiaen, 1956: 47). Govoreći o dodatim tonovima, Mesijan opisuje zadržice i prolaznice bez razrješenja koje se često nalaze u Debisijevim *Preludijumima*, u *Peleasu* i *Melisandi* itd. Kao najčešće korištene, navodi dodate sekste i smatra da su upotrebljavane od Ramoa, preko Šopena i Vagnera, do Debisija i Ravela, koji su ih u potpunosti uveli u muzički jezik.

U četrnaestom poglavlju *Tehnike mog muzičkog jezika*, Mesijan piše o nekoliko akorda koji se ističu u njegovim kompozicijama. Prvi od njih je *akord na dominantu*. Ono što je interesantno, ovaj akord nema funkciju klasične D ili D7, već predstavlja skup svih dijatonskih tonova durske skale izgrađenih na tonu dominante.

Tu je i *accord de la resonance* – akord u kome se, prema Mesijanu, nalaze gotovo svi tonovi koje „prefinjeno“ uho može percipirati iz rezonance tona C. Analizirajući sklop ovog akorda, primjećuje se da se on sastoji iz malog durskog septakorda (D7), sa dodatom 9, P4, P5 i V7, zapisanim za oktavu više. Tonovi ovog akorda predstavljaju sve tonove koje sadrži modus ograničene transpozicije br. 3.<sup>2</sup>

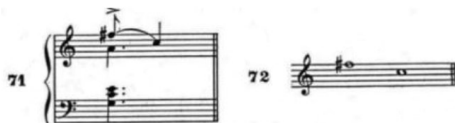
<sup>1</sup> *Tehnika mog muzičkog jezika (Technique de mon langage musical).*

<sup>2</sup> Jedan od sedam modusa ograničene transpozicije, opisanih na strani 264–265.

**Primjer br. 2:** Rezonantni akord i akord na dominantanti

Pored gore pomenutih akorada, tu je i *akord u kvartama* koji sadrži sve tonove petog modusa ograničenih transpozicija i gradi se smjenjivanjem prekomjernih i čistih kvarti.

Kada je u pitanju melodijska linija, Mesijan u traktatu piše o melodiji kao glavnoj težnji i cilju, a ritam i harmonija su podređeni razvoju melodije i njenim potrebama. Govoreći o melodiji, ističe izbor intervala koji upotrebljava. Ovdje se osvrće na pomenuti odnos tonova Fis i C i razrješenje prekomjerne kvarte u toniku. Interval P4 naniže postaje prvi „odabrani“ interval. Pored njega, tu je i V6. Izbor intervala u melodijskom kretanju interesantan je zbog činjenice da ista ova dva intervala upotrebljava kao *notes ajoutées* u akordima. Pored ova dva intervala, izdvaja i hromatsko kretanje.

**Primjer br. 3:** Upotreba intervala P4

Mesijan je prvi kompozitor koji je u potpunosti bio posvećen izučavanju ptica i njihovog poja. Njegovo interesovanje je bilo toliko da je čak saradivao sa ornitolozima i izučavao vrste ptica i njihove karakteristike. Iz njegovih istraživanja i bavljenja transkripcijom ptičjih napjeva proizilazi nekoliko ciklusa kompozicija:

- *Katalog ptica (Catalogue d'oiseaux)*, 1956–1958.
- *Vrtna peraja (La Fauvette des jardins)*, 1970.
- *Buđenje ptica (Réveil des oiseaux)*, 1953.
- *Egzotične ptice (Oiseaux exotiques)*, 1955–1956.

Naravno, s obzirom na to da zbog prirode ptičjeg poja (frekvencije, metričkih i ritmičkih obrazaca, boje, itd.) ptičje napjeve nije moguće bukvalno zapisati i reprodukovati na muzičkim instrumentima, Mesijan je u svojim kompozicijama maštovito prikazivao karakteristične crte i obrasce ptičjih pjesama prema vrsti ptica.

Ohrabren od strane svojih profesora Morisa Emanuela i Marsela Duprea da se u svojim improvizacijama na orguljama koristi nekonvencionalnim modusima, da istražuje ritmove i ljestvice indijske i istočne kulture, Mesijan se bavio istraživanjem mogućnosti raznih modusa i hromatskih ljestvica. Kroz muziku Skrjabina, Debisija, Stravinskog nailazio je na primjere upotrebe modusa. Iz tih metodičnih istraživanja proizilaze *modusi ograničenih transpozicija*. Naziv „modusi ograničenih transpozicija“ nastao je zbog činjenice da, za razliku od bilo koje druge

skale ili modusa, ovi modusi ne mogu biti transponovani u dvanaest različitih transpozicija. Nakon određenog broja transpozicija, koji se razlikuje od modusa do modusa, ponavljaju se tonovi prvog modusa, po drugačijem redosljedu ili kao enharmonska zamjena.

U nastavku je dat kratak prikaz modusa, sa označenim grupama od kojih su sačinjeni. Važno je napomenuti da ton od kog modus započinje ne mora nužno biti tonalna osnova, već da, u zavisnosti od konteksta muzike, bilo koji ton modusa može postati tonika.

#### Primjer br. 4: Pregled modusa ograničenih transpozicija

The image displays seven musical staves, each representing a different mode (Modus 1<sup>1</sup> through Modus 7<sup>1</sup>). The notes are written on a five-line staff in a treble clef. The modes are defined by their unique sequences of notes and accidentals. Dashed lines are used to group notes that are repeated or related across different modes, illustrating the concept of limited transposition.

### Sinestezija i upotreba boja kroz *Preludijume*

Sinestezija je rijetka neuropsihološka pojava, kod koje stimulacija jednog čula izaziva iskustvo koje je povezano sa drugim čulima. Riječ je nastala od starogrčkih riječi *syn*, što znači *sa*, *ujedinjenjeno* i *aesthesis* što znači *senzacija*. U bukvalnom prevodu, ovo bi značilo udruženje senzacija.

*Sinestete očigledno doživljavaju paralelne senzacije tokom kojih čuju boje, okuse oblike, vide bol i mogu imati njihova razna čula ispunjena bojom. Iskustvo je proizvod mozga, a ne proizvod uma ili njegovih kreativnih djela.* (Dukes 1998:15–16, prema Cytowic, 1989).

Flin (Flynn, 2014) opisuje nekoliko vrsta sinestezije, na primjer *grafem-boja*, gdje sinesteta za svaki broj ili slovo vidi određenu boju; *zvuk-ukus* pri kome

zvuk asocira na osjećaj određenog ukusa, zatim *zvuk-boja*, kada zvuk prouzrokuje vizualizaciju boje kod slušaoca. Dakle, moguća je gotovo svaka kombinacija i asocijacija prilikom nadražaja jednog od čula. Interesantna je i činjenica da sinestete sa istim oblikom sinestezijske nemaju iste asocijacije.

*Sinestetičko iskustvo zvuka-vida i obrnuto se najčešće posebno opisuje kao obojen sluh, ili hromostezija.* (Dukes, 1998:18).

Mesijan je, dakle, bio hromosteta. U svom ranom stvaralaštvu, na primjer za vrijeme stvaranja *Preludijuma*, Mesijan nije govorio o ovoj pojavi. Tome svjedoči i činjenica da u *Tehnici mog muzičkog jezika* nije pisao o bojama u svojoj muzici, iako će to predstavljati jednu od glavnih karakteristika. Tek kasnije, u svom nedovršenom *Traktatu o ritmu, bojama i ornitologiji*, govori i piše o svojoj muzici opisujući je bojama koje doživljava. U razgovoru sa Klodom Samuelom, Mesijan kaže:

*Klasični tonaliteti imaju toniku. Drevni modusi imaju finalis. Moji modusi nemaju ni toniku ni finalis; oni su boje. Klasični akordi imaju napetost i razrješenje. Moji akordi su boje. Oni izazivaju intelektualne boje, koje evoluiraju zajedno sa njima.* (Samuel, 1994:62).

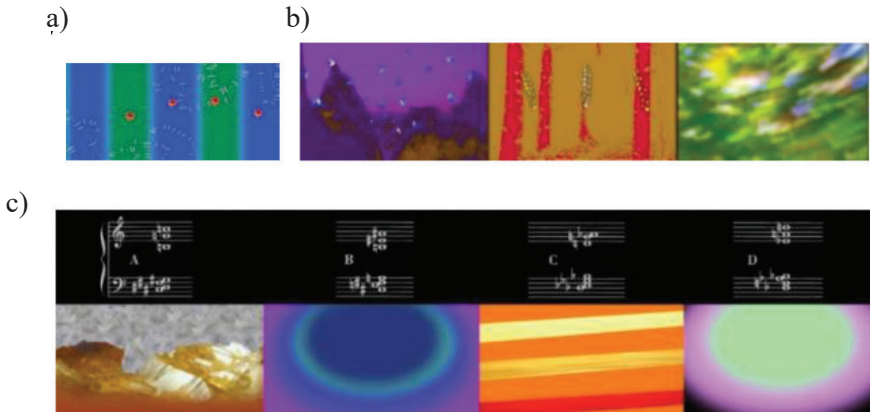
Muzički izvođači često, figurativno, upotrebljavaju riječ „boja“ u kontekstu zvuka. To se odnosi na načine izvođenja i nijansiranja zvuka kojima postizemo kvalitet tona potreban za izražajnost interpretacije. Kod Mesijana, boja zvuka ima bukvalno značenje, i svaki njegov akord, modus, pasaž, za njega ima određenu boju. U nekoliko intervjuua, Mesijan ističe da je doživljaj boje individualan, i da svaki izvođač treba da pronađe svoj lični doživljaj boja u njegovim kompozicijama.

U razgovorima, kao i u svojim zabilješkama, Mesijan je opisivao boje modusa onako kako ih doživljava. Kao možda najbolji od svojih modusa izdvajao je drugu transpoziciju modusa br. 3. Opisivao ga je ovako: „vodoravno poredane pruge: odozdo prema gore, tamno siva, mauve<sup>3</sup>, svijetlo siva i bijela sa mauve i blijedo žutim odsjajima – sa plamenim zlatnim slovima nepoznatog pisma i količinom malo crvenih ili plavih lukova koji su vrlo tanki, vrlo fini, jedva vidljivi. Dominantne su sive i mauve.“ Moreira ističe da je evidentno da je Mesijan, pored boja, vidio i razne oblike.

Hakon Austbo (Håkon Austbø), pijanista i profesor na Norveškoj muzičkoj akademiji, vodio je projekat čiji je krajni cilj bio otkrivanje boja u ciklusu *Dvadeset pogleda na dijete Isusa*. Tokom projekta, Austbo je radio na katalogu Mesijanovih boja povezanih sa zvukovima na osnovu Mesijanovih opisa. Austbo daje slikovite prikaze određenih modusa i akorda (Primjer br. 5):

<sup>3</sup> Sivoljubičasta nijansa. U našem jeziku ne postoji riječ za ovu boju, pa se često upotrebljava izvorna riječ – mauve.

**Primjer br. 5:** Slikoviti prikaz boja u modusima i akordima: a) Modus 3<sup>3</sup>; b) Transpozicije modusa 2; c) Inverzije akorada na istom basovom tonu



Izvor: Austbø, H. (s.a.) Visualising Visions: The significance of Messiaen's colours, Music and practise, Vol.2 DOI: 10.32063/0201

## Francuski impresionisti i Mesijan

Olivije Mesijan je rođen 10. decembra 1908. godine u Avinjonu u Francuskoj, za vrijeme impresionističkog pokreta. Sa porodicom se preselio u Pariz kada je imao 11 godina, i već tada je započeo školovanje na Pariškom konzervatorijumu. Pohađao je časove kod Morisa Emanuela (Maurice Emanuele) i Marsela Duprea (Marcel Dupre). Ubrzo su orgulje postale njegov primarni instrument.

Prije dolaska u Pariz nekoliko puta se selio. Sa sedam godina se sa porodicom preselio u Gibon, grad u Francuskoj za koji kaže da je u njemu otkrio da je kompozitor. S obzirom da je njegova majka, Sesil Mesijan (Cecile Messiaen) bila pjesnikinja, on je kao dijete imao konekciju sa umjetnošću. Nakon tri godine sele se u Nant, gdje započinje sa formalnim časovima muzike, i tu se dešava jedna od stvari koje će zauvijek obilježiti njegovo stvaralaštvo – dobija partiture Debisijevog *Peleasa i Melisande* na poklon od svog profesora. Ciklus *Preludijuma* nastao je u periodu kada je Mesijan još uvijek bio student, nakon smrti njegove majke Sesil.

Džon Li (Lee, 1983) navodi da se, kao što je i očekivano, u ranim Mesijanovim djelima osjećaju uticaji impresionizma, ali da on nije zadugo ostao postimpresionista, već je modifikovao harmoniju, melodijske i ritmičke materijale svojih prethodnika i kreirao nešto prema svom ukusu.

## Uticaj Debisija na ciklus *Preludijuma*

Debisijev uticaj na ovaj ciklus ogleda se prvenstveno u programskim naslovima. Kao što je slučaj u Debisijevim *Preludijumima*, svaki ima ime. Razlika je u mjestu zapisivanja imena. Dok Debisi naziv preludijuma zapisuje na kraju, kod Mesijana naziv stoji na početku.



*Bez obzira na sličnosti koje imaju ova dva kompozitora, njihova muzika se prilično razlikuje u formi i tretiranju ritma. Mesijan je, govoreći o stilovima svojih i Debisijevih Preludijuma rekao da je on 'ritmički daleko od Debisijeve božanske slobode'. (Samuel, 1994:111)*

Koliko je Mesijan izučavao muziku Debisija i kakav je utisak ona ostavila na njega, govori činjenica da je jedno poglavlje u *Tehnici mog muzičkog jezika* posvetio analizi njegovih djela. Jedna od osnovnih zajedničkih tačaka jeste upotreba modusa, kao i sličnih harmonskih progresija. Debisi se veoma često služio pentatonskom ljestvicom, a Mesijanov prvi modus ograničene transpozicije ekvivalentan je upravo njoj. Ipak, zahvaljujući modusima ograničene transpozicije, Mesijan uspijeva da postigne prepoznatljivu zvučnost, koja se razlikuje od Debisija. Dok je Debisi često odlazio u udaljene tonalitete, Mesijan se trudio da iscrpi sve mogućnosti određenog modusa. Kada je harmonija u pitanju, oba kompozitora tretiraju je isto: ona ima estetsku, dekorativnu, a ne strogo funkcionalnu ulogu. Mesijan od Debisija preuzima i upotrebu paralelnih akorda, i na taj stil nailazimo u nekoliko preludijuma. Takođe, tretman melodijske linije je sličan – veoma često je ona okružena pratnjom u spoljnim glasovima u značajno tišoj dinamici. Stvaranje efekta eha i upotreba visokih registara, sprovođenje istih akorada kroz različite registre – sve su to elementi preuzeti iz Debisijevih ciklusa.

Još jedan uticaj ogleda se u Mesijanovom „pozajmljivanju ideja“. U *Tehnici*, Mesijan daje primjer isječka iz *Peleasa i Melisande*, a taj motiv će iskoristiti da na njemu raspiše svoj harmonski aranžman, a takođe i da ga inkorporira u pojedine preludijume. Oba kompozitora težila su fluidnosti kada je u pitanju metar, ali dok je Debisi to postizao upotrebom uglavnom tradicionalnih vrsta taktova i zapisivanjem ritmičkih figura unutar njih, Mesijan je išao korak dalje i prepuštao se čestim promjenama vrste takta.

### **Analiza Preludijuma**

Oblik preludijuma se prvi put pojavljuje u 15. vijeku, karakterističan po nezavisnoj melodijskoj liniji, pratnji i ritmičkoj slobodi. Od 17. vijeka preludijumi postaju obilježje francuskih baroknih svita za lautu, a svrha im je bila da se izvođač usvira, provjeri štim instrumenta i uvede publiku u atmosferu tonaliteta. Žan Filip Ramo (Jean Philippe Rameau) u svojoj zbirci *Komadi za klavsen* iz 1706, uvrstio je preludijum kao jedan od komada. Tokom baroka, preludijum postaje dio svite (uvodni stav). Johan Sebastijan Bah (Johann Sebastian Bach) komponuje *Dobro temperovani klavir* – dvije zbirke od po 24 preludijuma i *Fuge*, pa ova forma postaje i uvodni dio za fugu.

Šopen je bio taj koji je uspostavio novi 'žanr' preludijuma stvarajući nezavisno djelo sugestivne, maštovite prirode. Iako svoje porijeklo još duguju ranijim preludijuma – kratke, stilizovane improvizacije, obično zasnovane na jednoj temi ili motivu i u svakom od 12 durskih i molskih tonaliteta, **24 Preludijuma op. 28 (1836–1839)** nisu u skladu sa tradicijom ... preludijuma iz prošlih vremena. (Meier, 1993:19)



Mesijanovi *Preludijumi za klavir* (1928–1929) predstavljaju ciklus od osam komada, koji istovremeno donose kompleksna nova sazvučja i prepoznatljiva impresionistička obilježja. Nove ideje, a opet, uticaje Debisija. U njima je Mesijanov muzički jezik još uvijek u ranoj fazi, a istovremeno sadrži gotovo sva glavna obilježja zrelog muzičkog jezika.

### ***La colombe (Golubica)***

Već u prvom, ujedno i najkraćem preludijumu, nailazi se na glavne karakteristike kompozitorovog stila. Preludijum počinje tritonusom F-H, intervalom koji Mesijan često ističe. Sa oznakom 2/4 takta, sa početkom pisanim u tri linijska sistema, ovaj preludijum nam donosi melodijsku liniju sa pratnjom, uz niz akorada u visokom registru, koji nas asocira na ptičji poj. U ovom slučaju, kako sam naziv komada indicira – pjesma golubice. Ova pojava ujedno je i prvi pokušaj kompozitora da prikaže ptičji napjev u svojoj muzici.

Preludijum je jasno podijeljen u dva jednaka dijela, koja se ponavljaju, a nakon kojih slijedi kratka Koda (A-B-A-B<sup>1</sup>-Coda). Svaki dio traje po pet taktova + tri takta Kode.

Ugrubo određujući tonalitet, prateći liniju basa, možemo reći da ovaj preludijum počinje i završava u E-duru, a da je dio B pisan u dominantnom H-duru. Međutim, kompozitor od prvih taktova uključuje moduse ograničene transpozicije. Tako u dijelu A, dok basova linija (dionica lijeve ruke) donosi tonove T6/3 E-dura, glavna melodijska linija i „golubica“ slikaju bojama modusa 2<sup>2</sup>. Akordi namijenjeni predstavljanju golubice predstavljaju smjenjivanje molskih i durskih trozvuka, tipičnu upotrebu Modusa 2 u Mesijanovoj muzici. (Moreira, 2019)

Dio B započinje na basovom tonu H, što asocira na dominantni tonalitet. Međutim, tonalitet će već u drugom taktu ovog dijela poljuljati ton D, koji ne pripada H-duru, i ponovo nas odvesti u modalnost. Bernard (Bernard, 1986) ukazuje na to da dvije karakteristične melodije u donjem glasu, kao i gornji glas koji ih ukrašava, potiču iz modusa 2<sup>2</sup> i 3<sup>2</sup>, iako se cijeli komad može tretirati kao tonalitet E-dura.

Bekman (Beckman, 2016) u svom radu *Sonornost i linearna struktura u tri rana djela Olivijea Mesijana* konstatuje da Bernard možda prenaglašava ulogu modusa 3<sup>2</sup>, pokušavajući da objasni kompozitorov opis preludijuma. Mesijan ga je opisao kao narandžasti sa ljubičastim žilama, a takođe je modus 3<sup>2</sup> povezivao sa narandžastim nijansama. Međutim, Bekman takođe navodi da u taktovima br. 8–9 i 18–19 postoje tonovi koji bi se mogli opisati kao tonovi modusa 3<sup>2</sup>, ali se takođe mogu lako objasniti i u E-duru. Ovakvo tumačenje poklapa se i sa tumačenjem Eduarda Moreire, koji u svojoj analizi prvog preludijuma ne navodi ovaj modus, već samo tonalitete E-dur, H-dur i modus 2<sup>2</sup>.

Dio B nastavlja se „kaskadom“ akorada koji se sekventno penju, sve do sinkope na akordu H-dura sa dodatom septimom i nonom. Adriana Moreira (Moreira, 2010) na primjeru u članku o *Golubici* prikazuje izdvojenu melodijsku liniju dijela B.

Primjer br. 6: Melodijska linija B dijela (Moreira, 2010:25)



U ovom primjeru se jasno može uočiti motiv koji se kreće sekventno za M3 naviše, a nakon toga slijedi rad s motivom. Ponovljeni dio A u potpunosti je isti kao u prvom izlaganju, dok se dio B mijenja u 19. i 20. taktu, donoseći harmonije koje, uz isticanje tona h u liniji basa, ističu njegovu dominantu funkciju. Nakon njega slijedi trotaktna Koda u kojoj Mesijan postiže *efekat rezonance*.

Akordu H-E-H sa kojim istovremeno zvuči Gis-Cis-Gis, kompozitor u visokim registrima dodaje isto melodijsko kretanje u razmaku od oktave označeno dimanikom *ppp*, a intervalskom razmaku M2. Ovi dodati tonovi ne pripadaju tonalitetu/modusu, već je njihova uloga isključivo koloristička. Efekat rezonance u kodi čini da kretanje melodija u razmaku M2 ne zvuči disonantno. Oktava u basu na tonu e koja se u 21. i 22. taktu pojavljuje na drugom dijelu druge dobe stvara atmosferu tonaliteta (naročito nakon prethodnog basovog tona na h), a tonalitet se potvrđuje u posljednjem taktu, oktavom na prvoj dobi.


U ovom kratkom preludijumu, iako još uvijek harmonski vezanom za tonalitet, kompozitor nas uvodi u moduse, efekat rezonance, upotrebu hromatike, dodate note, neregularne ritmičke obrasce, još uvijek njegujući zvuk impresionista koji su na njegovu muziku imali veliki uticaj.

***Chant d'extase dans un paysage triste (Pjesma ekstaze u tužnom pejzažu)***

Ovaj preludijum pisan je u jasnoj trodjelnoj formi – oblik složene trodjelne pjesme **ABA**, sa oblicima male trodjelne pjesme unutar svakog odjseka. Sam naziv preludijuma ukazuje na dva odvojena odsjeka unutar kompozicije. Prema atmosferi, dio **A** predstavljao bi „tužni pejzaž“, dok bi dio **B** bio „pjesma ekstaze“.

Dio **A** pisan je u obliku male trodjelne pjesme **aba**<sub>1</sub> (t. 1–24). Dio **a** (t. 1–11) predstavlja mali period, sa spoljašnjim proširenjem od tri takta, koje materijalom priprema dio **b**. Tonalna osnova je Fis-mol, međutim, zbog nepostojanja funkcionalnih akorda koji jasno potvrđuju tonalitet, kreira se modalna atmosfera. Tome značajno doprinosi melodijska linija koja se kreće po tonovima modusa br. 2.

Dio **a** počinje sporim tempom (*lent et triste*), u osminskom kretanju, sa karakterističnim intervalom P4, odnosno tritonusom Fis-His. Period koji čine dvije rečenice građe 2+2 može se podijeliti u nekoliko motiva koji grade kompletnu melodijsku liniju **a** dijela (Primjer br. 7):

- motiv 1 – prekomjerna kvarta
- motiv 2 – sekventno kretanje u sekundama
- motiv 3 – figura obrnuto punktirane note
- motiv 4 – melodijsko-ritmička figura u  silaznom kretanju

Motiv prekomjerne kvarte pojavljuje se na početku, u taktu br. 1, a zatim u inverziji u taktu br. 4, 8 i 11. Motiv br. 2 nakon izlaganja u prvom taktu, pojavljuje se u 3. taktu u inverziji, a zatim u 7. taktu sa izmijenjenim melodijskim kretanjem – u tercama umjesto u sekundama. U 10. taktu pojavljuje se u identičnom obliku inverzije iz 3. takta, u tri melodijske linije: mala oktava, druga i treća oktava. Ovakav zvuk stvara eho efekat i odaje još jedan uticaj Debisija. Tehnika ponavljanja motiva u ekstremno visokim registrima, koji predstavljaju eho, karakteristična je za Debisijevu muziku.

**Primjer br. 7:** Chant d'extase dans un paysage triste – motivi u dijelu a



Dio **b** traje od 12. do 16. takta. Ovaj odsjek je izgrađen na motivu br. 4 iz dijela **a**. Za razliku od prvog dijela, uglavnom zasnovanog na dvije melodijske linije u osminskom kretanju, dio **b** donosi akordsku strukturu u tri melodijske linije, sa karakterističnim harmonskim progresijama.

Pred povratak u dio **a**, na kraju 16. takta pojavljuje se D9 za Fis-mol, koji se oslabljuje dodatom sekstom i pojavom istovremenog zvučanja sa akordom G-dura. Ovo je još jedna tehnika Debisijevog nasljeđa – slabljenje dominantne funkcije smjenjivanjem dominante sa drugim akordima, istovremenim zvučanjem sa drugim akordima, izostavljanja tonova dominantnog akorda ili izbjegavanje upotrebe akorda u osnovnom obliku. Glavna razlika u odnosu na izlaganje u dijelu **a** jeste faktura, kao i nepostojanje proširenja. U ovom izlaganju glavna melodijska linija pocrtana je oktavom, a pratnja akordskom strukturom.

Odsjek **B** sa oznakom *un plus vif* kreće novim, bržim tempom, i donosi kontrast prethodnom odsjeku. Oblika je male trodjelne pjesme (**c-d-c**). Dio **c** mutira u Fis-dur. Karakterističnu „igru“ sa tonalitetom kompozitor primjenjuje i u ovom odsjeku. Iako se jasno čuje Fis-dur, naročito zbog česte pojave dominantnog akorda, nijednom se u ovom dijelu ne čuje jasna tonika, u svom osnovnom i potpunom obliku. Melodi Čan (Chan, 2015) u svojoj analizi ovog preludijuma ističe akorde (harmonije) koji se pojavljuju i ponavljaju u ovom odsjeku: durski akordi na tonovima Dis, Fis, Ais, Cis koji nam ukazuju na tonalni centar.

Kod Mesijana prelazak u novi tonalitet ima značajnu kolorističku ulogu. Interesantno je da je on isticao da modulacija u paralelni tonalitet ne predstavlja značajnu promjenu, zbog velikog broja zajedničkih tonova. Što su tonaliteti udaljeniji, to je promjena boje značajnija. „Boja postaje svjetlija kada modulacija ide naviše po kvintnom krugu (C-G-D...) i tamnija kada ide naniže (C-F-B...).“ (Moreira, 2019:70)

Mesijan u svom traktatu ovaj odsjek navodi kao primjer za dodate tonove, pokazujući nam još jednom da prioritet nije funkcionalni kontekst akorda, već boje koje stvaraju dodati tonovi.

**Primjer br. 8:** *Chant d'extase dans un paysage triste* (Tehnika mog muzičkog jezika)

193  
Chant d'extase dans un paysage triste  
Bien modéré, fantaisiste  
Piano  
ppp  
pp

„Razloženi“ akordi na tonovima Dis i Cis koji se ponavljaju u najvišem registru mogu se tretirati kao motiv preuzet iz ostinata u dijelu A. Još jedna veza sa dijelom A može se pronaći u melodijskoj liniji u srednjem glasu: tritonus i hromatsko kretanje u nastavku.

Dio **d** (takt 33–40) komponovan je kao dvoglasni kanon, jedna od kompozicionih tehnika koja će se pojavljivati i u drugim preludijumima. U formi je malog modulirajućeg perioda. Između dvije melodijske linije u najvišem i najnižem glasu, kompozitor raspisuje pratnju koja predstavlja ranu fazu onoga što će se često pojavljivati u njegovim kompozicijama – neretrogradni ritam. Objе fraze u ovom dijelu završavaju karakterističim kolorističkim momentom za Mesijana – kaskadom akorada.

Dio **A** vraća se u 49. taktu, u istoj formi kao prvi put. Oktavna struktura melodije i akordi u pratnji, kao u dijelu **a**, obogaćeni su unutrašnjim melodijskim kretanjem u šesnaestinama. Dio **b** je u potpunosti isti kao prvi put i vodi u ponovno **a**, koje je ovog puta predstavljeno kao početni **a**, ali sa udvojenim glasovima za oktavu niže u prvoj rečenici. Faktura se pojednostavljuje u drugoj rečenici, kada se tema pojavljuje kao na samom početku, za oktavu niže. Koda od dva takta izgrađena je na harmonijama od tonova modusa br. 2, a preludijum završava akordom Fis-dura sa dodatom sekstom, jednim od glavnih Mesijanovih muzičkih obilježja.

Kada sagledamo fakturu ovog preludijuma kroz njegovu formu, možemo primijetiti neretrogradne aspekte forme – u svakom pravcu gledano prva rečenica je jednostavne fakture koja nadalje postaje složenija. Akord sa dodatom sekstom, upotreba modusa ograničene transpozicije u kombinaciji sa tonalitetom, neretrogradni aspekti, upotreba dodatih tonova, dvoglasni kanon – sve su to elementi koji će se dalje razvijati kroz Mesijanov opus.

### ***Le nombre léger* (Svjetlosni broj)**

Forma ovog preludijuma bila je interesantna mnogima, i različito je tumačena. Robert Džonson (Johnson, 1975) u svojoj knjizi o Mesijanu označava ga kao dvodjelnu formu sa kodom – ABAB+Coda. Mišel Reverdi (Reverdy, 2007) navodi da je ovaj preludijum trodjelne forme ABA', gdje su A i B podijeljeni u dva kontrastna odsjeka. Autor ovog rada takođe smatra da je ovaj preludijum izgrađen

iz tri dijela sa kontrastnim odsjecima unutar njih, pa će se dalja analiza raditi u odnosu na takvo tumačenje. Radi jasnog razlikovanja odsjeka, u radu će se označavati sa: A, A<sub>1</sub>, A<sup>2</sup>, a kontrastne odsjeke u okviru njih malim slovima **a** i **b**.

Ovaj preludijum zasniva se na glavnoj melodijskoj liniji koja je označena dinamikom *mf*, dok je pratnja u akordskoj građi označena *pp*. Melodijska linija je tipična za Mesijana – upotreba tritonusa i hromatskih kretanja. Melodijski slojevi jasno odvojeni dinamičkim oznakama još jedan su od prepoznatljivih elemenata kompozitorovog načina izražavanja. Dio **a** sastoji se od četvorotaktne fraze koja se pojavljuje tri puta, od kojih se prvi i treći put pojavljuje u E-duru, dok se u sredini tonalni centar pomjera, jer kompozitor napušta akord E-dura i gradi melodijsku i harmonsku liniju na akordima G-dura. U ovom preludijumu pojavljuje se preplitanje tonalnosti i modalnosti. Mesijan je u *Tehnici* govorio da je tonalni centar često određen konstantnim povratkom na određeni tonalitet. Međutim, pored utiska tonalnog centra, ovaj E-dur oslabljen je nepojavljivanjem osnovnog oblika u basu i harmonijama koje ne pripadaju ovom tonalitetu. Te harmonije mogu se objasniti u modusu br. 2. Takođe, tema se kreće po tonovima modusa 2<sup>2</sup>.

Dio **b** je fragmentarne građe, bez jasne melodijske linije, sa ponavljanjem ritmičko-melodijskih obrazaca koje čine kvintole i šesnaestine. Ono što je interesantno, i na neki način enigmatično, jeste to da je ovaj osmotaktovni odsjek samostalan, u tom smislu da ne postoji melodijska linija, a kompozitor je upravo početak ovog odsjeka dao u *Tehnici* kao primjer nečega što je nazvao *formule d'accompagnement*, tj. obrazac pratnje (Primjer br. 9).

**Primjer br. 9:** Le nombre leger, iz Tehnike mog muzičkog jezika



A<sub>1</sub> (t. 18–36) je tematski isti kao A, ali sa malim promjenama u trajanju unutrašnjih odsjeka. Dio **a** ovog puta je dva puta ponovljena četvorotaktna fraza, u tonalnoj atmosferi H-dura, dakle bez fraze u sredini koja napušta prvobitni tonalitet. Modulacija A<sub>1</sub> u H-dur, uslovlila je i promjenu transpozicije modusa za tonove teme, pa se sada modus br. 2 pojavljuje u svojoj trećoj transpoziciji.

Dio **b** je produžen razvijanjem motiva harmonskih litanija do akorada u stilu tokate, koje Moreira (Moreira, 2019) naziva pedalom na dominantni. (Primjer br. 10)

**Primjer br. 10:** Le nombre leger (t. 30–33)



Po istom tumačenju kao u prethodnom **b** dijelu, atmosfera tonalnog centra je gis-mol, a upotrebljavaju se tonovi modusa  $2^2$  i  $2^3$ .

$A_2$  (t.36-52) vraća se u tonalitet sa početka: E-dur, sa upotrebom tonova modusa  $2^2$ . Odsjek je komponovan kao kanon. Dok dva spoljna glasa kanonski iznose glavnu melodijsku liniju, unutrašnji glasovi donose kontrasubjekt u ostinato šesnaestinama. Ovaj odsjek ne sadrži dio **b**. Nakon tri izlaganja teme u kanonu, kompozitor kreće u rad sa motivom, uzimajući kraj teme kao motiv koji će do kraja u *accelerandu* dovesti do klimaksa i perkusivnog efekta u visokim registrima u *ff* dinamici. Perkusivnim „razdvajanjem“ akorda E-dura, još jednom se osvrćući na tokatne momente preludijuma, ovaj komad završava na akordu E-dura sa dodatom sekstom.

### ***Instants défunts (Mrtvi trenuci)***

*Mrtvi trenuci* je preludijum koji bolje od bilo kog drugog opisuje Stolpovu (Mareli Stolp) konstataciju o „simboličkom negiranju vremena u potpunosti“. Slušalac, a i izvođač, tokom ovog introvertnog komada, zatvoreni su u „vremenskoj kapsuli“ sporog tempa, sporih harmonskih progresija sa atonalnim prizvucima i upotrebom modusa ograničenih transpozicija, koji kroz neretrogradni ritam „simbolički negira vrijeme“.

Kada je forma ovog preludijuma u pitanju, kao i kod trećeg preludijuma, analize su različite. Mišel Reverdi navodi da je preludijum u formi ronda, gdje je tema „skraćena u svakom pojavljivanju, sve do potpunog razlaganja“. (Reverdy, 1978) Žirones u svojoj analizi takođe navodi formu Kuprenovog ronda sa skraćenim temama, ali sa produženim kupletima (Girones, 2008.) i prikazuje sljedeću shemu:

Refren: taktovi 1 do 8.

Prvi kuplet: t. 9 do 18.

Refren: t. 19 do 22 (samo drugi dio, iako Reverdi navodi da je u pitanju prethodni).

Drugi kuplet (zasnovan na istom materijalu kao i prvi): t. 23 do 35.

Refren: t. 36 do 38.

Završna Koda: t. 39 do 46.

Džonson navodi da ovaj preludijum sadrži dvije udaljene teme koje se smjenjuju. On ovaj preludijum formalno upoređuje sa *Preludijumom* br. 2 i br. 5, ističući da „asimetrija uvedena kroz proširenja i skraćjenja zadržava interesantnost koja nedostaje *Zvonima...*“ (Johnson, 1975:27). On smatra da postoji izrazita sličnost u formi *Mrtvih trenutaka* sa formom koju će Mesijan razviti i koristiti u svojim zrelim djelima, a to je Strofa, Antistrofa i Epoda<sup>4</sup>. Pomenuta forma Strofe, Antistrofe i Epode u periodu nastanka ovog preludijuma još uvijek je neupotrebljavana i nerazvijena od strane Mesijana, iako je od velikog značaja za njen dalji razvoj to što se ovdje najavljuje u nekom svom ranom obliku. S obzirom na to da

<sup>4</sup> Oblik *trijada* u književnosti: u starogrčkoj poeziji, cjelina sačinjena od strofe, antistrofe i epode; kao i *stazimon* u grčkom teatru sačinjen od iste tri cjeline koji pjeva hor.



se trajanje odsjeka ne razlikuje ni u kom od ovih tumačenja, u ovom radu ćemo pristupiti analizi komada kao pisanog u formi Kuprenovog ronda, prema već prikazanoj shemi.

Refren (t. 1–8) sačinjavaju dvije male rečenice, sačinjene iz dva dvotakta kontrastnih ideja. Ove rečenice bi se, eventualno, mogle tretirati kao mali period jer prva rečenica završava na D, a druga na T D-dura. Međutim, snizilica iza ključa upućivala nas je na tonalitet d-mola. Kao što je bio slučaj i u prethodnim preludijumima, tonalitet je poljuljan upotrebom velikog broja „stranih“ tonova. Zbog upotrebe gotovo svakog hromatskog tona, teško je definisati čak i postojanje određenog modusa. Iz toga razloga, Džonson (Johnson, 1975) pretpostavlja da je upotrijebljen modus br. 7, jer on sadrži najviše tonova.

Melodija u lijevoj ruci, kao i kod nekoliko preludijuma do sada, započinje tritonusom (P4) i nastavlja kretanjem koje sadrži male sekunde. Osim tih elemenata koji će se javljati u zreлом kompozitorovom muzičkom jeziku, ova tema sadrži još jedan – neretrogradni ritam.

**Kuplet 1** (t. 9–18) se sastoji od dvije rečenice, od kojih je druga proširena. Utisak tonalnog centra je D-mol, zbog toničnog akorda na početku fraze. Međutim, pojavom tritonusa As-D na kraju prvog takta fraze utisak tonaliteta slabi. Kompozitor se ovdje igra sa vremenom, koristeći *valeur ajutee* na tritonusu, ali i na još nekoliko mjesta u toku ovog kupleta. Vezujući tonove ligaturom i time kreirajući neregularne ritmičke obrasce, Mesijan ovdje prikazuje svoju tehniku dodatih vrijednosti u svom razvojnom obliku.

**Refren 1** pojavljuje se skraćen; samo druga rečenica sa kadencom na T D-dura.

**Kuplet 2** (t. 23–25) donosi istu melodijsku liniju kao prethodni kuplet, transponovanu za sekundu niže. Prvi akord je akord D-mola, ali melodija će biti harmonizovana tonovima modusa br. 6, koji se prvi put pojavljuje u ovom ciklusu. Ovaj kuplet se znatno razlikuje od prvog po kompozicionoj tehnici. Prva dva takta komponovana su kao kanon u inverziji, a nakon njih slijedi dvotakt koji ovog puta nema udvojenju melodijsku liniju, već raspisanu pratnju. Nakon prve fraze slijedi trotaktno proširenje fragmentarne građe. Druga fraza je izmijenjena – pojavljuje se samo jedan takt kanona u inverziji, dok drugi takt donosi sekventno kretanje početnog motiva melodije, sa oznakom za usporavanje *retenu*.

**Refren** (t. 36–38) u ovom pojavljivanju dolazi do, kako Reverdi navodi, potpunog razlaganja. Prvi takt je isti kao u prethodnim. Nakon toga je taj takt transponovan dva puta. Svaka nova transpozicija sa sobom nosi i skraćenje od po jednog otkućaja. Prvi takt je označen *mf*, a nakon toga u svakom sledećem taktu stoji oznaka za „još tiše“. Ovakvom dinamikom postiže se efekat postepenog „nestajanja“ zvuka.

**Koda** (t. 37–49) donosi materijal akordske stukture, u D-duru, sa motivom triole i tritonusa iz kupleta. Uz veliko usporavanje i stišavanje, Koda završava sekventnim ponavljanjem triole i tritonusa, sa fermatom na akordu Fis-dura sa dodatom prekomjernom kvartom.



### *Les sons impalpables du rêve (Nepromjenjivi zvuci sna)*

Ovaj preludijum pisan je u formi složene trodjelne pjesme **ABA**. Dio **A** (t. 1–21) je forme **aba** i na početku, po prvi put, donosi primjer polimodalnosti. U gornjem linijskom sistemu se nalazi ostanantni pokret u akordima koji je izgrađen na tonovima modusa  $3^3$ , dok se melodijska linija iz donjeg linijskog sistema razvija u okviru modusa  $2^1$ . Kretanje ostanantnih akorada u desnoj ruci, i njihovo nepromijenjeno kretanje u toku **a** dijela, donosi začetak još jedne tehnike koju će kompozitor razvijati tokom stvaralačkog života – *groupe pedal* (pedalna grupa). Ova dva modusa kompozitor koristi tako da stvaraju atmosferu *A-dura*, pa se stvara utisak tona **a** kao tonalnog centra, jer oba modusa sadrže akord *A-dura*. Ovom akordu kompozitor dodaje i sekstu, pa se ponovo pojavljuje već prepoznatljiv akord sa dodatom sekstom.

#### Primjer br. 11: *Les sons impalpables du reve* (t. 1–3)

Dio **b** donosi reminiscenciju prethodnog dijela, kretanjem melodije u oktavama, u istom ritmu kao na kraju dijela **a** (t. 5). Ovaj dio započinje u modusu  $2^1$ . Sekventno kretanje i rad sa motivom dovodi do pojave kontrastnog dijela, sa sinkopiranim ritmom u lijevoj ruci. Na kraju **b** dijela pojavljuje se element iz prethodnih preludijuma – suprotno kretanje u akordima po tonovima modusa. U pitanju su tonovi modusa  $6^1$ . Interesantno je da ovaj modus sadrži durski akord na tonu E, pa se time stiče utisak da je tonalitet ovog odsjeka E-dur. Ovaj suprotni pokret predstavlja prelaz u ponovljeni dio **a**.

Dio **B** forme je dvodjelne pjesme **ab**. Dio **a** donosi jedno od Mesijanovih budućih omiljenih kompozicionih elemenata – ritmički kanon. Pisan u petoj transpoziciji šestog modusa, ovaj dio donosi ritmički kanon u inverziji. Nakon njega slijedi **b** koji je izgrađen na motivima iz prvog, **A** odsjeka. Krešendo u visokim registrima dovodi do klimaksa na pedalu na dominantu i fermate, nakon koje slijedi povratak u odsjek **A**. Nakon ponovljenog dijela **A** slijedi trotaktna Koda. „Poslednji akord djela veoma ilustruje Mesijanov rani harmonski stil. Koriste se istovremeno svi tonovi modusa  $3^3$  postavljani na tonični akord, *A-dur*, sa dodatom sekstom.“ (Moreira, 2019:109)

***Cloches d'angoisses et larmes d'adieu (Zvona tjeskobe i suze oprostaja)***

*Zvona tjeskobe i suze oprostaja* već u samom nazivu nose dvodjelnost. Tako je određena i formalna struktura ovog preludijuma. Dva velika odsjeka (*Zvona tjeskobe* i *Suze oprostaja*) predstavljena u trodjelnoj formi, predmet su različitih tumačenja.

Mesijan je u poglavlju XII *Tehnike* govoreći o sonatnoj formi isticao da je sonatni oblik sa reprimom zastario, i da je potrebno omogućiti komponovanje sonatne forme ističući ono što je najinteresantnije u njoj – razvojni dio. Džonson (Johnson, 1975) ovakvu formu naziva „razvojno-ekspozicionom“ i preludijum br. 6 svrstava u ovu formu. U ovoj formi prvi odsjek nosi karakteristike tipične za razvojni dio sonate, a tema se pojavljuje samo u drugoj polovini i služi za utemeljenje tonalnog centra. Melodi Čan (Chan, 2015), Eduardo Moreira (Moreira, 2019) i Adriana Moreira (Moreira, 2008) ovaj preludijum dijele u dva velika odsjeka, ali sa različitim tumačenjima unutar njih. Melodi Čan i Eduardo Moreira navode da su oba odsjeka napisana u trodjelnoj formi (ABA-CDC-Coda), dok Adriana Moreira navodi da je prvi dio dvodjelne, a drugi trodjelne forme (aa<sub>1</sub>-bb<sub>1</sub>b-Coda). Uzimajući u obzir argumente nekoliko analiza koje impliciraju na dvodjelnost ovog preludijuma, a i obzirom na jasnu karakternu podjelu preludijuma na dva dijela, dalja analiza ovog preludijuma prikloniće se takvom tumačenju.

Odsjek A (t. 1–38) započinje karakterističnom ritmičkom formulom ponavljanjem tona G, koja predstavlja zvona. Ova pojava predstavlja pedal na dominantu i upućuje na tonalitet C-mol. Ova ritmička figura dominiraće cijelim A dijelom, kroz različite forme – kao pratnja, kao unutrašnji glas koji konstantno asocira na zvona i kreira atmosferu posmrtnog marša, ili kao tematski motiv. Kao što je ranije pomenuto, ovaj odsjek sadrži tri dijela – **aba<sub>1</sub>**.

Dio **a** sastoji se od dvije rečenice, od kojih prva traje pet taktova, dok druga predstavlja ponovljenu prvu sa proširenjem (t. 6–13). U ovom dijelu pojavljuju se početni oblici Mesijanovih rezonantnih akorada, izgrađenih na kombinovanju modusa 2, 3 i 6. (Primjer br. 12).

**Primjer br. 12:** Chloses d'angoisse et larmes d'adieu, upotreba modusa u dijelu **a**

The image shows a musical score for the piece 'Cloches d'angoisses et larmes d'adieu'. It consists of three staves: a top staff in treble clef, a middle staff in bass clef, and a bottom staff in bass clef. The music is in 3/4 time and features a complex texture with multiple staves. Brackets and labels identify 'Modus 3<sup>1</sup>', 'Modus 6<sup>1</sup>', 'Modus 3<sup>2</sup>', and 'Modus 2<sup>2</sup>'.

Dio **b** (t. 14–20) donosi upotrebu kanona, kojeg je kompozitor upotrijebio u nekoliko prethodnih preludijuma. U tonalitetu D-dura, sa već nekoliko puta korištenim toničnim akordom sa dodatom P4, i upotrebom tonova modusa 2<sup>3</sup>, ovaj dio donosi malo drugačiju atmosferu, nagovještavajući olakšanje u odnosu na tjeskobni dio **a**. Kompozitor i u ovom dijelu melodijsku liniju izgrađuje na tritonusima.

Dio **a**<sub>1</sub> (t. 21–38) proširen je u odnosu na prethodni **a** dio, i uz to donosi drugačiji harmonski plan. Prva rečenica sa tonalnim centrom u Es-molu, kao i u prvom **a** dijelu, sa sobom nosi polimodalnost upotrebom modusa 2, 3 i 6. Na kraju ove rečenice kompozitor nas uvodi u novi tonalitet – G-mol, koji postaje tonalni centar druge rečenice.

Dio **B** sastoji se od tri dijela (**cdc**) koja predstavljaju „suze oproštaja“. Odsjek **c** (t. 39–48) započinje u H-duru i donosi veoma jednostavne harmonske linije u poređenju sa dijelom **A**. Čine ga dvije rečenice. Dok se u srednjem glasu kreće melodijska linija, u prvom i trećem se razlaže pratnja akordima koji se mijenjaju u svakom taktu (t. 1–5), izlažući sljedeće akordske stukture: mali durski septakord, umanjeni septakord, trozvuk sa dodatom prekomjernom kvartom, dodatom sekstom. Ovakvu vrstu pratnje kompozitor je koristio u prethodnom preludijumu – pedalna grupa. I u ovom dijelu, kompozitor ne odstupa od svojih omiljenih intervalskih odnosa. Mekdugal (Macdougall, 1972) na jednom primjeru u svom radu *Olivije Mesijan: Strukturalni aspekti klavirske muzike* izdvaja melodijsko kretanje odsjeka **B** i skreće pažnju na upotrebu tritonusa.

Dio **d** (t. 49–54) sa *rubato* oznakom sastoji se od tri fraze, koje su izgrađene na istom melodijskom motivu kao prethodni dio, ali sa drugačijim odnosom intervala i drugačijom pratnjom. Ovog puta, pratnju čine uzlazna i silazna kretanja. Prva fraza se ponavlja sekventno, za sekundu niže. Treća fraza započinje u 53. taktu i predstavlja dvotaktnu cjelinu. Povratak u dio **c**<sub>1</sub> donosi potpuno istu prvu frazu, dok je druga fraza skraćena i sadrži samo prvi dvotakt. Interesantna je pojava motiva zvona sa početka, koja najavljuje povratak zvona koji će uslijediti u Koda.

**Koda** (t. 63–74) sadrži materijale iz **A** i **B** dijela. Materijal **A** dijela ogleda se u povratku ritmičke figure koja predstavlja motiv zvona, dok se pratnja oslanja na materijal iz dijela **d**. Izgrađena na ponavljanju dvotakta sa poznatim melodijskim kretanjem, dinamički ističući melodiju i zvona, potpunim „nestajanjem“ zvuka, Koda vodi do poslednjeg takta, tri tona sa fermatama, sva tri u odnosu tritonusa.

**Primjer br.13:** Chloses d’angoise et larmes d’adieu, (t. 74)



Symboliku ovog takta, ova tri tona, predstavlja oznaka *adieu* koju je sam kompozitor zapisao – Mesijan se oprašta od svoje majke.

### ***Plainte calme (Tiha žalba)***

Nakon turobnog šestog preludijuma, *Tiha žalba* donosi kontrast, olakšanje nakon *Zvona*. Kratka, melodična minijatura u formi **aba**<sub>1</sub>, donosi prefinjenu melodijsku liniju, bez gustih akordskih i disonantnih struktura. Dio **a** traje do 14. takta i sadrži dvije rečenice podijeljene u dva dvotakta. Melodijska linija počinje u najvišem glasu, a prati je kontrapunktirajuća melodija u srednjem, dok bas dopunjuje harmonije dvozvucima i trozvucima. Koristeći se tonovima modusa 2 u trećoj transpoziciji, kompozitor stvara atmosferu tonaliteta As-dura sa početkom i krajem na tom akordu, ali uvijek sa dodatom septimom, koja učini da se tonalitet oslabi. Harmonski su interesantni krajevi dvije fraze u ovom odsjeku: prva fraza završava malim durskim septakordom na tonu D, dok druga završava malim durskim septakordom na As. Odnos septima ovih akorada, a i sami odnos dva akorda jeste Mesijanov prepoznatljivi interval – tritonus.

Odsjek **b** (t. 16–24) sačinjavaju dvije petotaktne fraze. Odsjek započinje motivom iz 3. i 4. takta. Motiv je izložen kanonski (melodiju iz najvišeg glasa imitira bas) i sekventno ponovljen za sekundu niže. Stiče se utisak G-mola kao tonalnog centra, ali tonalitet je oslabljen na isti način kao u prethodnom odsjeku – dodatim tonom na toničnom akordu. Ovog puta je u pitanju akord sa dodatom kvartom.

**Primjer br. 14:** *Plainte calme* (iznad t. 3–4, ispod t. 16)



U narednim taktovima, pojavljuje se kontrastna, akordska struktura, nakon koje se u 19. taktu potvrđuje tonalitet G-mola, sa oznakom *rallentando*, koji priprema povratak u ponavljanje fraze, u kojoj samo poslednji takt nije doslovno ponovljen.

*Rallentando molto* na kraju **b** dijela priprema povratak u *a tempo* i dio **a**<sub>1</sub>, koji predstavlja ponavljanje druge fraze iz **a** dijela (9. takt), nakon koje se akordi na pedalnom tonu a nižu do visokih registara, sa *diminuendo* koji vodi do „nestajanja“ zvuka na akordu As-dura sa dodatom septimom.

### ***Un reflet dans le vent... (Odras u vjetru...)***

Poslednji preludijum u ciklusu donosi i najveću zrelost u muzičkom jeziku kompozitora. Ovaj preludijum donosi virtuoзитet koji se u prethodnim pojavljivao samo

povremeno. Možda je to razlog zbog kog se on najčešće izvodi kao samostalno djelo, izdvojeno iz ciklusa. Formalno, ovaj preludijum (kao i nekoliko drugih) ima različita tumačenja. Međutim, najčešće tumačenje jeste da je u pitanju sonatna forma. Čan (Chan, 2015) smatra da je u pitanju trodjelna forma, sheme ABA'. Mekdugal o preludijumu kaže da je „najbolji primjer Mesijenovog pokušaja da svoj novootkriveni jezik uobliči u formalne i tonalne zahtjeve tradicionalne forme sonate“ (Macdougall, 1972: 26)

Kao sonatnu formu ovaj preludijum predstavljaju i Eduardo Moreira (Moreira, 2019) i Robert Džonson (Johnson, 1989) koji smatra da je oblik sonate nametnut materijalu ovog djela i da se on ne razvija logično iz tematskih i harmonskih procesa, kao što je slučaj u klasičnoj sonati. Nakon samostalne analize djela i meta-analize koja uključuje radove gore pomenutih autora, autor ovog djela zaključuje da je više argumenata za tumačenje ovog preludijuma kao sonatnog oblika (prva tema na T, druga na D; razvojni dio sa tematskim materijalom prve teme, tonalno nestabilan, sa čestim modulacijama; repriza u kojoj su i prva i druga tema izložene na T) pa će se ovaj rad baviti analizom oblika kao takvog.

Ekspozicija traje od 1. do 74. takta. Prva tema (t. 1–32) sastoji se od tri tematska motiva: uvodne figure u šesnaestinama, sinkopirani ritam u oktavama i harmonske litanije. (Primjer br. 15)

**Primjer br. 15:** *Un reflet dans le vent...* – tematski motivi (t. 1–10)

Interesantna je tonalna osnova ekspozicije. Kompozitor je naznačio predznake D-dura. Međutim, veoma česta pojava tonova F i B, naročito u upečatljivom oktavnom motivu asocira na d-mol, dok s druge strane, česta pojava tona Fis u harmonskim litanijama potvrđuje dur. Kao što je ranije navedeno, pojedini modusi dozvoljavaju koegzistenciju durskih i molskih akorada na istoj osnovi, bez upotrebe tonova iz neke od transpozicija tog modusa.

Prva kadenca je u 14. taktu na dominantu. Nakon nje slijedi ponavljanje motiva koji se dalje razvijaju. Naizmjenične oktave iz drugog motiva se proširuju na još jedan takt. Motiv harmonskih litanija varira i skraćuje se, sa augmentacijom u posljednjem taktu koji je označen sa *rallentando* i predstavlja prelaz u drugu temu koja započinje u 33. taktu.

Druga tema (t. 33–74) je trodjelnog oblika. Mesijan u *Tehnici* navodi (primjer br. 16) da je ova tema inspirisana Grigovom *Solveginom pjesmom* (Grieg – *Solveig's song*) iz orkestarske svite *Per Gynt*.

**Primjer br. 16:** Motiv Solvegine pjesme u Odrazu vjetra (Messiaen, 1956)

Druga tema je pisana na tonovima modusa  $3^3$ , ali u atmosferi A-dura – dominantog tonaliteta u odnosu na prvu temu. Pratinja u ovom dijelu predstavlja reminiscenciju prvog tematskog motiva u kompoziciji. Prva fraza u drugoj temi se ponavlja (t. 39–44). Nakon toga slijedi središnji dio koji donosi sličan materijal, sa isticanjem tritonusa u melodiji i ostanom u sekundama u tridesetdvojkama. Mesijan u *Tehnici* navodi takt 49 i 50 kao primjer izgrađen na fragmentima Debisijevog *Peleasa i Melisande*, koji je ranije upotrijebio u preludijumu br. 4.

Na kraju ove fraze pojavljuju se klasteri koji su proizišli iz tonova pratnje, dok pratnja donosi pokret u kvintolama (t. 51). Cijela prva fraza središnjeg odsjeka se ponavlja, a takt sa klasterima se proširuje (t. 52–60). Nakon ovog dijela, slijedi ponavljanje prvog dijela druge teme (t. 61–74), sa kratkim proširenjem od dva takta koje dalje vodi u razvojni dio.

Razvojni dio (t. 75–108) predstavlja tipičan razvojni dio u sonatnoj formi. Građen je uglavnom na tematskom materijalu prve teme, ali započinje materijalom druge teme na tonovima modusa  $3^3$ . Ubrzo nakon toga kao tonalni centar pojavljuje se b-mol i pasaž u razloženom trozvuku koji ga potvrđuje. Ovaj pasaž nakon toga preuzima tonove modusa  $3^4$ .

Moreira (Moreira, 2019) ističe jedan dio razvojnog dijela (t. 92–97) kao „uzvišen i pun ekstaze“. U ovom dijelu ističu se razlomljene oktave, praćene melodijom lijeve ruke u akordskom i oktavnom kretanju. Ovaj dio ima atmosferu Fis-dura, a koristi se tonovima modusa  $2^1$ . Pedalni ton koji donosi razlomljene oktave neodoljivo podsjeća na Debisijev preludijum *Šta je vidio zapadni vjetar*.

**Primjer br. 17:** a) Un reflet dans le vent... ; b) Debussy: Ce qu'a vu le vent d'ouest



Nakon zastoja označenog poslije virtuoznog prelaza, repriza započinje na pedalu na dominantni, koji ritmičkom figurom podsjeća na motiv zvona iz preludijuma br. 6.

## Interpretacija

*Preludijumi* su nastali 1929. godine, dvije godine nakon smrti Mesijanove majke koja je preminula od posljedica tuberkuloze. Tri godine nakon toga je komponovao ciklus za sopran i klavir *Tri melodije (Trois melodies)*, na tekstove poema koje je njegova majka napisala.

*U razgovoru sa muzičkim kritičarem Hoze Brujrom [Jose Bruyr], Mesijan kaže da su njegovi Preludijumi 'kolekcija duševnih stanja i ličnih osjećanja. Sada mi izgleda kao da je moja majka, nakon njene smrti, ta koja vodi moju ruku ili moj duh'. (Moreira, 2019:9)*

Da bi što vjernije prikazao sadržaj djela, izvođač bi trebalo da osim muzičke analize djela i njegovih tehničkih zahtjeva, istraži i sagleda kontekst nastanka djela. Za ovaj ciklus od izuzetnog značaja je vrijeme njegovog nastanka. To se odnosi na period u kom se kompozitor u tom trenutku nalazio – kako u smislu profesionalnog razvoja (rano djelo, početak formiranja sopstvenog muzičkog jezika, istraživanje i razvijanje karakterističnih elemenata, uticaji drugih kompozitora), tako i u smislu životnih okolnosti u kojima se nalazio (bolest i smrt majke).

## Atmosfera i interpretativni zahtjevi u *Preludijumima*

Kao što je već navedeno, pod velikim uticajem Debisijeve muzike i njegovih preludijuma, kompozitor u ovom ciklusu prikazuje fascinaciju blistavim, sjajnim zvucima u visokim registrima, eksperimente sa bojama zvuka, koristeći klavirski zvuk veoma često u *piano* i *pianissimo* dinamikama, zadajući izvođačima veliki tehnički zadatak da te „boje“ koje je na neki način označio u partiturama i koje je opisao u zapisanim razgovorima, osjete i ožive. Mesijan je često navodio da je svjestan subjektivnosti doživljaja i da izvođač ne mora doživljavati boje onako kako ih on doživljava.

Poneki od preludijuma svojim naslovima simbolički opisuju kompozitorovu tugu (*Pjesma ekstaze u tužnom pejzažu, Mrtvi trenuci, Zvona tjeskobe i suze oproštaja, Tiha žalba*), iako on nikada nije javno rekao da je ovaj ciklus posvećen njegovoj majci, niti da opisuje njegov gubitak. Kompozitor veoma jasno dinamički označava slojeve melodijskog kretanja, često opisujući i boju zvuka koju određena melodija ili odsjek treba da donese. Svaki preludijum donosi atmosferu koja je najavljena u naslovu:

*Golubica*, prvi preludijum koji je ujedno i najkraći, prikazuje nježno i donekle melanholično gugutanje golubice. Predstavljen je narandžastom bojom, sa ljubičastim žilama. *Pjesma ekstaze u tužnom pejzažu* donosi duboko misaonu temu koja prikazuje osjećaj tegobe, tuge. Takvim je bojama i opisana – siva, mauve, prusko plava. Srednji dio koji donosi dijamantsku i srebrnu boju donosi



i melodijsko kretanje koje predstavlja bljesak nade, ali se vraća i završava temom koja u sebi nosi tugovanje i bol zbog gubitka voljenih. *Svjetlosni broj* donosi malo drugačiju energiju, prvenstveno zbog živahnijeg tempa, ali ne narušavajući eteričnu atmosferu koju je slušalac iskusio u prethodnim preludijumima. Kompozitor ovaj preludijum doživljava jednakim bojama kao *Golubicu*. *Mrtvi trenuci* sa sobom donose nove boje i drugačiju strukturu. Zasnovani na kratkim motivima koji su baršunasto sivi, sa odsjajima ljubičaste i zelene, unose u ciklus pomalo zloslutnu atmosferu. *Nepromjenjivi zvuci sna* donose „polimodalan, superponirajući plavo-narandžasti modus u ostinatu kaskade akorada do ljubičasto-purpurnog modusa tretiranog u boji zvuka poput limenog duvačkog instrumenta.“ (Moreira, 2019: 37)

*Zvona tjeskobe i suze oproštaja* već sa prvim taktovima donose tugu. U ovom preludijumu prvi put jasno možemo osjetiti patnju kompozitora – ponavljanje tona G u ritmičkoj figuri koja predstavlja zvono, pomalo asocira i na posmrtni marš. Kraj kompozicije oslikava oproštaj, koji sa sobom nosi purpurnu, narandžastu i ljubičastu boju. *Tiha žalba* nosi boje kao i preludijumi br. 2 i br. 4. U njemu se osjeća usamljenost, jadikovanje, ali istovremeno mnogo manje tegobe nego što je sadržana u preludijumima br. 2 ili br. 4. *Odras u vjetru* u sebi nosi oluju, ali i svjetlost. Atmosfera ovog preludijuma biće bliže opisana u nastavku kroz analizu interpretacija pojedinih izvođača.

### Komparativna analiza izvođača i njihovih interpretacija

Iako su *Preludijumi* u odnosu na ostala, uglavnom zrela, Mesijanova djela na neki način zapostavljeni, za određeni broj izvođača su neizostavni dio repertoara.

U ovom dijelu analiza će biti usmjerena na poslednji preludijum u ciklusu, koji je možda najreprezentativniji primjer Mesijanovog muzičkog i pijanističkog jezika. Zbog elemenata virtuoziteta o kojima se govorilo u analizi iz prethodnog poglavlja, često se izvodi i kao samostalno djelo, ne samo kao dio ciklusa. U nastavku rada analiziraće se interpretacije pijanista različitih podneblja i generacija – Anđele Hjuvit (Angela Hewitt), kanadske pijanistkinje rođene 1958. godine i Hakona Austba, norveškog pijaniste rođenog 1948.

Već u odabiru tempa, ovo dvojice pijanista pokazuju različita tumačenja. Dok je kod Austba tumačenje tempa prilično striktno, Hjuvit u svom izvođenju daje prednosti fleksibilnosti tempa. Pokušavajući da približi „nalete vjetra“, Hjuvit u nizanju oktava u (t. 7–8) koristeći *accelerando* postiže veći kontrast u odnosu na Austbovo izvođenje koje karakterišu minimalna odstupanja u tempu.

*U frazi b koja slijedi (taktovi 9–13 i gdje se ponovo pojavljuje u toku djela) Hjuvit to tretira vrlo efektivno, jer malo diše između taktova 10 i 11, zatim oblikuje hromatske terce prema načinu na koji se penju i spuštaju što prikazuje vrtložne efekte vjetra. (Chan, 2015:14)*

U dijelu od 25. do 32. takta, Hjuvit pojačava dinamiku kako bi istakla transpoziciju prva dva takta, a nakon toga postepeno stišavanje pod pedalom koristi kao način da osnaži efekat nestajanja „vrtloga“ izazvanog vjetrom. Kod Austba se efekat nestajanja postiže dužim *diminuendom* i tretiranjem oznake *tenuto* u poslednjem taktu ne bukvalno, već kao „rastezanje“ vremena, trenutka.

Lirska melodija u drugoj temi sadrži dva elementa: melodijsku liniju izgrađenu na tritonusima i pratnju u tridesetdvojkama koja uzlaznim i silaznim kretanjem odražava karakteristično hujanje vjetra. S obzirom da je ovaj odsjek sačinjen od dvije fraze, Hjuvit u prvoj frazi ističe melodijsku liniju i prilično statično tretira tempo – jasno i ritmički precizno. Međutim, već u narednom izlaganju fraze tempo tretira sa mnogo više slobode i melodiju svira više *rubato*, sa tendencijom da stišavanjem nagovijesti da se odsjek približava kraju. Austbo, za razliku od nje, počinje sa blago bržim tempom, i u drugom izlaganju fraze koristi se dinamičkim kontrastima. Prednost takođe daje melodijskoj liniji u odnosu na pratnju jasno je ističući, ali pratnja je prisutnija u odnosu na Hjuvit i koristi se sa manje pedala, kako bi melodijska linija ostala jasna. Na pojedinim mjestima svira u potpunosti bez pedala kako bi postigao efekat odvojenih tridesetdvojki.

Razvojni dio donosi novi karakter, sa puno modulacija, bez obzira na sličnost sa materijalom iz ekspozicije. Hjuvit pravi jasan kontrast tako što u ovom odsjeku više pažnje usmjerava na oblikovanje pratnje nego što je bio slučaj sa prethodnim odsjekom. Pratnja sada nije šaputanje i „mrmrljanje“, već je jasna, *staccato* i *secco*. Takođe, u ovom odjeku daje više vremena akcentovanim tonovima, pauzama između taktova, i koristeći se krešendom produžava tenziju koja traje sve do 91. takta. Reprizu započinje sporijim tempom od ekspozicije, koristeći *rallentando* u taktovima 140–142. Drugi dio teme izvodi karakterno jednako kao i u ekspoziciji. Kodu takođe započinje sporijim tempom, iz piano dimanike, nakon koje velikim krešendom stiže do 192. takta, u kom kratko zaustavlja tenziju kako bi do kraja napravila dramatičan efekat krešenda do fortisima.

Austbo drugačije tretira kompozitorove oznake. *Rallentando* označen u pojedinim taktovima, zatim koronu označenu na kraju razvojnog dijela ne izvodi, već prelazi u reprizu bez uzimanja previše vremena između odsjeka. Takođe, u razvojni dio ulazi bez usporavanja i postepenog ulaska u odsjek. Za razliku od Hjuvit, *secco* pratnja nije toliko suva i istaknuta, a i *mf* dinamiku izvodi znatno tiše. U reprizu kreće *a tempo*. Dinamiku po frazama izvodi obrnuto u odnosu na ekspoziciju. Kodu započinje kao i razvojni dio, bez zastajanja između odsjeka, bez prethodne pripreme prelaza. Njegov način izgradnje tenzije u Kodi ogleda se kroz rast dinamike i tempa. Zbog konstantnog ubrzavanja, Austbo ne izvodi *rallentando* oznaku u 198. taktu.

Nakon analize navedenih interpretacija moglo bi se zaključiti da kompozitor možda i nije stavio dovoljno oznaka u pojedinim odsjecima – npr. ponavljena fraza najčešće nije označena drugačijom dinamikom, a izvođači imaju tendenciju da na taj način prave kontraste. S druge strane, upravo to je ono što daje draž pri izvođenju – sloboda tumačenja i doživljaja svakog odsjeka u kompoziciji, istovremeno ne odstupajući od ideje kompozitora. Upravo tamo gdje ima najmanje oznaka za interpretaciju, uočavaju se razlike u tumačenju od izvođača do izvođača: primjećuje se veoma drugačija percepcija tempa, *rallentando* oznaka i tretiranja pratnje, kao i upotrebe pedala. Takođe, različito se doživljavaju i tumače krajevi odsjeka i ulasci u nove odsjeke. Tretman tridesetdvojki u pratnji, oscilacije u tempu i dinamiци oslikavaju subjektivnost doživljaja „odraza u vjetru“, vjetra kao prirodne pojave, njegove moći i energije. Sve ovo upućuje na suštinu Mesijanovih tvrdnji o subjektivnosti, iako je on o tome govorio u smislu upotrebe boja. Komparacija ova dva izvođenja u potpunosti potvrđuju utemeljenost takvih tvrdnji.

## LITERATURA

- Austbø, H. (2015). *Visualizing visions: The Significance of Messiaen's Colours*. Music & Practise, 2, 1901-1985.
- Beckman, K. L. (2016). *Sonority and Linear Structure in Three Early Works of Olivier Messiaen*. Denver, Colo. University of Denver.
- Bernard, J. W. (1986). *Messiaen's synaesthesia: The correspondence between color and sound structure in his music*. Music Perception, 4(1), 41-68.
- Chan, M. (2015). *A Study of Influence, Structure, and Performance in Messiaen's "Préludes" (1928-29)*. University of Toronto (Canada).
- Dukes, L. D. (1998). *An exploration of Olivier Messiaen's piano style and application of color in "Le baiser de l'Enfant-Jesus" and "Le courlis cendre"*. The University of Arizona.
- Girones Cervera, M. (2008). *Préludes rééludes pour Piano, de Olivier Messiaen: un acercamiento desde el Análisis de Conjuntos*, Valencia: Universidad politecnica de Valencia.
- Lee, J. M. (1983, April). *Harmony in the Solo Piano Works of Olivier Messiaen: The First Twenty Years*. In College Music Symposium (Vol. 23, No. 1, pp. 65-80). College Music Society.
- Macdougall, I. C. (1972). *Oliver Messiaen: Structural aspects of the pianoforte music* (Doctoral dissertation, Durham University).
- Meier, M. A. (1993). *Chopin twenty-four preludes opus 28*, Wollongong: University of Wollongong.
- Messiaen, O. (1956). *Technique de mon langage musical*, Paris: Alphonse Leduc.
- Messiaen, O. (1930). *Préludes pour piano*, Paris: Durand.
- Moreira, A. L. D. C. (2010). *Musical analysis of the Prelude n. 1, La Colombe*, by Olivier Messiaen. Musica Hodie, 10(1), 21-30.
- Moreira, A. (2008). *Olivier Messiaen: inter-relação entre conjuntos, textura, rítmica e movimento em peças para piano*, Campinas: s.n.
- Moreira, E. (2019). *Messiaen's 8 Préludes for piano: The rise of a new voice in 20th century music*, s.l.: s.n.
- Moreira, E. (2018). *Messiaen's 8 Preludes: Origins of a style*, Eugene, Oreg.: University of Oregon.
- Norcross Flynn, E. (2014). *Liberation of the Senses: An Exploration of Sound-Color Synesthesia in the Music of Alexander Scriabin and Olivier Messiaen*, Lawrence, Kans.: University of Kansas.
- Reverdy, M. (1978). *L'oeuvre pour piano d'Olivier Messiaen*, Paris: Alphonse Leduc.
- Samuel, C. (1994). *Olivier Messiaen: Music and Color: Conversations with Claude Samuel*, Portland, Oreg.: Amadeus Press.
- Schreiner, D. (2014). *Atmospheres of sound: Debussy's impressionism and the music of Beethoven and Messiaen*, Williamstown, Mass.: Williams College.
- Stolp, M. (2007). *Messiaen's approach to time in music* (Doctoral dissertation, University of Pretoria).

**Slađana BUBANJA****SYNESTHESIA AS A FOUNDATION OF MUSICAL LANGUAGE AND INTERPRETATION IN  
MESSIAEN'S PRELUDES FOR THE PIANO (1928-1929)**

**Abstract:** As an influential French composer of the 20th century, Olivier Messiaen often spoke about his music, and he was even the author of tracts in which he wrote about the characteristic elements of his musical language. Since the focus of performers and theoreticians are, most often, the works from his mature oeuvre, such as *Twenty Contemplations on the Infant Jesus*, *Vision of Amen*, *Quartet for the End of Time*, while earlier works are less performed and analyzed, the purpose of this work is to research the development of the composer's musical language by analyzing one of his first works - a cycle of eight preludes for the piano. After a brief overview of Messiaen's means of expression in the second chapter and the influence of synesthesia on his creativity, the third chapter presents a review of the composer's development under the influence of French impressionism, especially Debussy. Relying on the legacy of his predecessors, but at the same time pushing the boundaries of Western music and enriching it with elements of other traditions, Messiaen creates a unique musical expression. The individual formal analysis of the preludes from the cycle shows the influences of Debussy, but also the beginnings of the development of Messiaen's mature musical language through the use of harmonic progressions, modes of limited transpositions, as well as the treatment of rhythm. At the very end, a comparative analysis of interpretations of the last prelude *Reflection in the Wind* shows the subjectivity of the experience of the work and its context.

**Key words:** piano music of the 20th century, Olivier Messiaen, synaesthesia, preludes, modes of limited transpositions



## Muzička akademija

**SLAĐANA BUBANJA** rođena je 1994. godine u Beranama, gdje stiče osnovno muzičko obrazovanje. Školovanje nastavlja u Umjetničkoj školi za muziku i balet „Vasa Pavić“ u Podgorici. Studije završava na Muzičkoj akademiji na Cetinju, u klasi prof. Bojana Martinovića. Kao dobitnica stipendije *Erasmus+ programa*, tokom 2016, usavršavala se na *Konzervatorijumu Giuseppe Tartini*

u Trstu, kod prof. Đuzepea Albanezea. Godine 2022. stiče zvanje master izvođačkih umjetnosti. Dobitnica je brojnih nagrada na republičkim i međunarodnim takmičenjima. Kao solista i član kamernih ansambala nastupala je u Crnoj Gori, Hrvatskoj, Srbiji, Makedoniji i Italiji, od kojih se izdvajaju nastupi na festivalu *Espressivo, Purgatorije, Fortepiano*.



**Ilija KNEŽEVIĆ**

Pomorski fakultet

ilijak@ucg.ac.me

Mentor: prof. dr Tatijane Dlabač

## PRIMJENA KONCEPTA VIRTUELNE INSTRUMENTACIJE U MJERENJU PROCESNIH VELIČINA

UDK 621.317

**Sažetak:** U radu su dati jednostavni primjeri laboratorijskih vježbi koje predstavljaju unapređenje praktične nastave u okviru predmeta Brodska mjerenja na Pomorskom fakultetu Kotor. Prikazane su šeme veze i eksperimentalna postavka za četiri laboratorijske vježbe koje se odnose na: mjerenje napona, mjerenje jačine struje, mjerenje temperature pomoću termopara i mjerenje mase sa prethodnom kalibracijom mjerne ćelije, kao i simulacija kontrole nivoa tečnosti u brodskom tanku. Kreirane laboratorijske vježbe prikazane u ovome radu će doprinijeti boljem razumijevanju savremenih metoda mjerenja procesnih veličina i ovladavanju praktičnim znanjima, neophodnim u procesu obrazovanja u pomorstvu.

**Ključne riječi:** virtuelna instrumentacija, procesna mjerenja, softver LabVIEW

### UVOD

Na brodu se za potrebe vođenja brodskih procesa i samog broda vrši mjerenje velikog broja fizičkih veličina (procesnih veličina) koje su neelektrične prirode. Među tim mjerenjima posebno mjesto pripada mjerenjima temperature, pritiska, protoka i nivoa. U nešto manjem obimu mjere se pomjeraj, položaj, brzina, ubrzanje, masa, težina, gustina, sila, moment, vlažnost, pH vrijednost, razni oblici energija i drugo [1]. Zbog važnosti mjerenja procesnih veličina postoji stalna potreba za unapređenjem tehnologija za njihovo mjerenje.

Da bi se primijenio koncept virtuelne instrumentacije, neophodno je istraživanje usmjeriti ka sistemima za akviziciju podataka, odnosno istražiti vrste i princip rada akvizicionih kartica, tehnike povezivanja akvizicionih sistema i slično, kao i princip rada senzora i njihovu kalibraciju. Da bi se mogli realizovati virtuelni instrumenti neophodno je istražiti kako osnovne, tako i napredne funkcije u okviru *LabVIEW* softvera koji je upravo i kreiran za ovu namjenu. Primjena koncepta virtuelne instrumentacije u procesu mjerenja, koja podrazumijeva korišćenje senzora (mjernih pretvarača), akvizicionih kartica i računara sa odgovarajućim softverom, omogućava da se mjerenja vrše tačno, pouzdano i bez korišćenja skupih mjernih instrumenata [2].



Autori [2] definišu virtuelnu instrumentaciju kao metodologiju za projektovanje mjernih instrumenata koja koristi standardni računar opšte namjene, specijalne hardverske uređaje za prikupljanje podataka i digitalnu konverziju signala, kao i kompjuterske programe koji obezbjeđuju prikupljanje, prikaz i obradu signala na računaru. Ova univerzalnost uvodi jedno osnovno svojstvo virtuelnog instrumenta, omogućavajući korisniku da modifikuje funkcije po želji kako bi odgovarao širokom spektru aplikacija.

Pregledi literature pokazuju da je *LabVIEW* jedan od primarnih softvera u dizajniranju aplikacija i analitičkih rješenja u raznim oblastima inženjerske tehnologije i obrazovanja, kao što su biomedicinsko inženjerstvo [3], elektrotehnika [4]–[6], hemija i hemijsko inženjerstvo [7], fizika [8], mašinstvo [9], i druge.

Temperatura je jedna od najznačajnijih fizičkih veličina koja se mjeri. Uprkos sve većem broju temperaturnih senzora, termopar ostaje najčešće korišćeni senzor za mjerenje temperature zbog niske cijene, širokog opsega mjerenja, jednostavnosti i lake primjene [10], [11], kao i zbog široke primjene u elektrotehnici [12]–[14]. Autori [15] su predstavili jednostavan pristup kompezaciji hladnog spoja termopara, kada je tip termopara nepoznat. Primjenom ovog pristupa snimljena je naponsko-temperaturna karakteristika termopara, dobijena karakteristika je upoređena sa standardnim karakteristikama i određen je tip termopara. Rješenja koje se predlažu u radovima [16]–[21] za mjerenje temperature korišćenjem sistema za akviziciju podataka, softvera *LabVIEW* i termopara, nudi modernu alternativu tradicionalnim sistemima mjerenja.

Masa opisuje količinu materije koju tijelo sadrži. Mjerne ćelije su najčešći instrument koji se koristi za mjerenje mase, posebno u industrijskim primjenama. U radu [22] se predstavlja virtuelni instrument za mjerenje opterećenja. Ovaj virtuelni instrument je korišćen za kalibraciju mjerne ćelije i za mjernje mase.

Virtuelna instrumentacija ima veliku ulogu u nastavnom procesu [23]–[27], u različitim oblastima nauke: matematike, fizike, hemije, biologije i druge, poboljšava istraživanja i uvećava baze znanja u drugim oblastima [28]. Unapređuje učenje u laboratoriji, smanjuje troškove laboratorijske opreme i omogućuje pristup skupim laboratorijama preko interneta [37], [38]. Sa aspekta učenja na daljinu [29]–[31], virtuelna instrumentacija može biti korišćena da poboljša inženjerske kurseve, a najvažnija korist je činjenica da se može iskoristiti sa ciljem da simulira fizički fenomen, da generiše signal i javlja u realnom vremenu [32]–[34].

Rad se sastoji od pet poglavlja. U Uvodu je dat motiv istraživanja i pregled literature. Drugo poglavlje objašnjava koncept virtuelne instrumentacije. Treće poglavlje obuhvata senzore za mjerenje procesnih veličina. Četvrto poglavlje se fokusira na akviziciju podataka i *LabVIEW* programski paket. Peto poglavlje prikazuje primjere virtuelnih instrumenata za simulaciju i mjerenja. Zaključak analizira istraživanje i daje smjernice za buduća istraživanja. Spisak literature je na dat kraju rada.

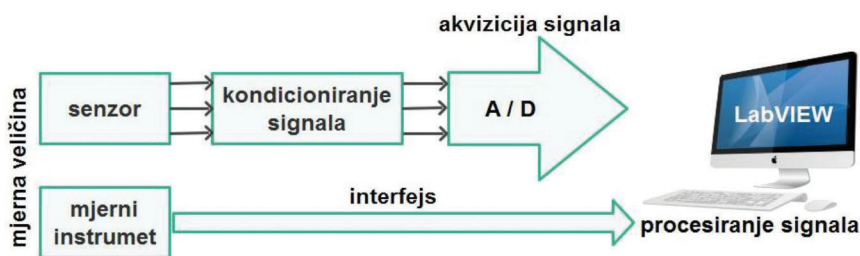
## VIRTUELNA INSTRUMENTACIJA

Virtuelna instrumentacija kombinuje glavne komercijalne tehnologije, kao što je računar, sa fleksibilnim softverom i širokim spektrom mjernog i kontrolnog hardvera, tako da inženjeri i naučnici mogu da kreiraju korisnički definisane sisteme koji zadovoljavaju njihove tačne potrebe primjene. Dakle, virtuelna instrumentacija se odnosi na korišćenje računara i radnih stanica opšte namjene, u kombinaciji sa hardverskim uređajima za prikupljanje podataka i softverom za virtuelnu instrumentaciju, za konstruisanje integrisanog instrumentacionog sistema [10], [48]. U takvom sistemu, hardverski uređaji za prikupljanje podataka se koriste za ugradnju raznih senzora. Rad senzora kontroliše kompjuterski softver a izlaz uređaja za prikupljanje podataka (akvizicionih kartica) se prikazuje na ekranu računara [2], [35], [36].

Kreirane aplikacije virtuelnih instrumenata obično prate redosljed operacija tokom eksperimenta mjerenja, kao u nastavku [36], [37]:

- 1) prijedlog fizičko-matematičkog modela posmatranog procesa,
- 2) pretvaranje izmjerenih vrijednosti u električne veličine,
- 3) kondicioniranje signala (linearizacija, pojačanje, filtriranje, itd.),
- 4) akvizicija podataka (multipleksiranje i analogno/digitalna konverzija),
- 5) obrada podataka, i
- 6) prezentacija rezultata.

Blok dijagram mjerno-akvizicionog sistema baziranog na PC računaru je dat na Slici 1. Senzorski modul detektuje fizički signal i transformiše ga u električni oblik, vrši se kondicioniranje signala, a zatim se pretvara u digitalni oblik i moguće je vršiti dalju obradu.



Slika 1: Blok dijagram mjerno-akvizicionog sistema baziranog na PC računaru [36], [37]

Tradicionalni instrumenti kao što su osciloskopi i generatori talasnih oblika su veoma moćni, skupi i dizajnirani da obavljaju jedan ili više specifičnih zadataka koje je definisao proizvođač, s tim da ih korisnik uglavnom ne može proširiti ili izmijeniti. Za izradu ovih instrumenata mora se razviti posebna tehnologija i skupe komponente, što ih čini veoma skupim i sporim za prilagođavanje [2].

Virtuelni instrument (VI) je definisan kao industrijski standardni računar opremljen aplikativnim softverom prilagođenim korisniku, isplativim hardverom i upravljačkim softverom koji zajedno obavljaju funkcije tradicionalnih instru-

menata. Dobio je naziv virtuelni instrument jer simulirana fizičke instrumente. Softver virtuelne instrumentacije zasnovan na zahtjevima korisnika definiše funkcionalnost hardvera za mjerenje i kontrolu opšte namjene. Sa virtuelnim instrumentima, inženjeri i naučnici smanjuju vrijeme razvoja, dizajniraju proizvode višeg kvaliteta i smanjuju troškove dizajna [36].

## Senzori

Mjerni pretvarač ili transmiter je uređaj pomoću kojeg se vrši pretvaranje signala jedne fizičke veličine najčešće neelektrične u odgovarajući signal druge fizičke veličine-električne. Mjerni pretvarači se odlikuju ulaznim karakteristikama, prenosnim i izlaznim karakteristikama. Američki nacionalni institut za standarde (ANSI) MC6.1 definiše pretvarač kao „uređaj koji obezbjeđuje upotrebljiv izlaz kao odgovor na određenu mjerenu veličinu“. Izlaz je definisan kao „električna veličina“, a mjerna veličina je „fizička veličina, svojstvo ili stanje koje se mjeri“. Međutim, naučna literatura generalno nije usvojila ANSI definicije, tako da je trenutno „senzor“ najčešće korišćeni termin [1], [38].

Riječ senzor potiče od latinske riječi „sensus“ koja znači „osjećanje“ i predstavlja dio mjernog sistema. Senzor je uređaj pomoću kojeg se fizička pojava pretvara u električni signal. U tom smislu, senzori karakterišu dio interfejsa između fizičkog svijeta i svijeta električnih uređaja kao što su računari. Koristi neki fizički fenomen da osjeti promjenljivu koja se mjeri. Pretvarač ili aktuator koji preostaje na drugom dijelu interfejsa konvertuje dobijenu informaciju (električni signal) u signal koji se može detektovati (fizičke pojave). Senzor karakteriše niz parametara kao što je osjetljivost, linearnost, šum, rezolucija, selektivnost i opseg. Neelektrične ulazne promjenljive koje se mjere pretvaraju se u električni izlazni signal u senzorskom elementu prema prirodnim naučnim zakonima [1], [2], [38], [39].

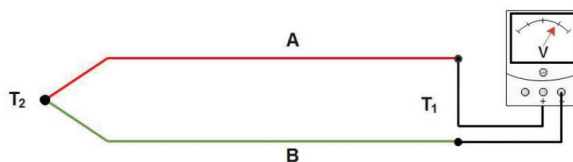
Najčešće praćene procesne mjerne veličine su temperatura, pritisak protok i nivo. Mjerenje neelektričnih veličina podrazumjeva korišćenje odgovarajućeg osjetljivog elementa-senzora pomoću koga se vrši kvalitativno i kvantativno određivanje fizičke veličine. Senzori indetifikovanja fizičke veličine mogu biti veoma složene prirode. Klasifikacije senzora kreću se od veoma jednostavnih do složenih.

## Primjena senzora za mjerenje temperature

Od praistorije ljudi su svjesni toplote i pokušavaju da procijene njen intenzitet mjerenjem temperature. Možda najjednostavniji, i svakako najšire korišćeni, fizički fenomen za detekciju temperature je toplotna ekspanzija. Ovo čini osnovu termometara tečnosti u staklu. Za električnu transdukciju koriste se različite metode senzora. Među njima su: otporni, termoelektrični, poluprovodni, optički, akustični i piezoelektrični detektori. Za mjerenje temperature senzor mora biti termički spojen sa objektom. Spoj može biti fizički (kontakt) ili daljinski (beskontakt), ali termalna sprega uvijek mora biti uspostavljena da bi senzor proizveo mjerljiv električni odgovor. Svi temperaturni senzori se mogu podijeliti u dvije klase: ap-

solutni senzori i relativni senzori. Primjeri apsolutnih senzora su termistori i RTD, dok je primjer za relativni senzor termopar [1], [2].

Postoji mnogo različitih tipova temperaturnih senzora, ali termopar je onaj koji se najčešće koristi jer je jeftin, ima veliki mjerni opseg, jednostavan za ugradnju i rukovanje. Termoparovi (engl. *thermocouples*) predstavljaju posebnu familiju temperaturnih senzora baziranih na termoelektričnom efektu. Godine 1821, Thomas Johann Seebeck je otkrio da se električna energija može proizvesti na primjeru dva različita metala temperatura  $T_1$  i  $T_2$  koja su spojena u jednoj tački [1], [23], prikazano na Slici 2.



Slika 2: Termoelektrično kolo

Termopar je pasivni senzor, što znači da generiše napon kao odgovor na temperaturu i ne zahtjeva nikakvu spoljašnju snagu pobude. Drugim riječima, termoelement je direktan pretvarač toplotne energije u električnu energiju i pošto je senzor za generisanje napona, ponekad se termopar naziva „termičkom baterijom“.

Otpornički termometri (eng. *Resistance Thermometer Devices* – RTD) rade na principu zavisnosti otpornosti od temperature [1], [2]. Električna otpornost čistih metala je pozitivan, raste linearno sa temperaturom. Kako temperatura raste, električna otpornost metala se povećava, kako temperatura pada, električna otpornost se smanjuje. RTD koriste ovu karakteristiku kao osnovu za mjerenje temperature. Osjetljivi dio RTD-a, koji se zove element, je kalem od žice malog prečnika, visoke čistoće, obično napravljen od platine, bakra ili nikla. Platina je uobičajen izbor za RTD senzore jer je poznata po svojoj dugotrajnoj stabilnosti tokom vremena na visokim temperaturama. Platina je bolji izbor od bakra ili nikla jer je hemijski inertna, dobro podnosi oksidaciju, a radi i u većem temperaturnom opsegu [1], [2], [38]. Godine 1887. Hugh Callendar je objavio rad [40] gdje je opisao kako se praktično koriste temperaturni senzori od platine.

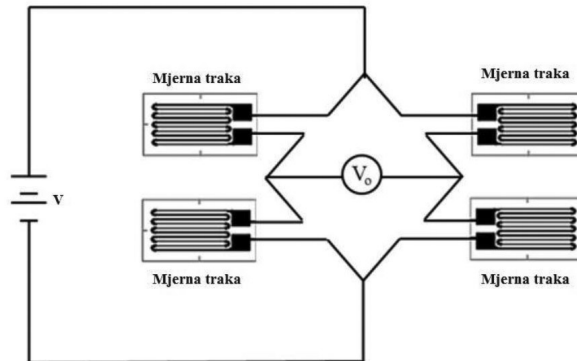
Osnovni nedostatak RTD senzora temperature je mali temperaturni koeficijent otpornosti. Poluprovodnički senzori poznati pod imenom termistori (eng. *Thermally Sensitive Resistor*), imaju znatno veći temperaturni koeficijent od RTD otpornika, ali nažalost i mnogo izraženu nelinearnost. Najčešće se koriste materijali u obliku smješe sulfida, selenida ili oksida metala, kao što su magnezijum, nikl, koblat, bakar, gvožđe. Sa gledišta statičkih karakteristika poznate su dvije vrste termistora: termistori sa pozitivnim temperaturnim koeficijentom prikazan i termistori sa negativnim temperaturnim koeficijentom. Najčešće su u upotrebi NTC termistori, kod njih vrijednost otpornosti opada sa porastom temperature. Mjerni opseg PTC termistora je mali, ali im je osjetljivost oko 10 puta veća nego kod NTC termistora [2].

## Primjena senzora za mjerenje sile

Masa opisuje količinu materije koju tijelo sadrži. Senzori sile se mogu podijeliti u dvije klase: kvantitativne i kvalitativne. Kvantitativni senzor zapravo mjeri silu i predstavlja njenu vrijednost u smislu električnog signala. Primjeri ovih senzora su mjerne trake (engl. *strain gauge*) i mjerne ćelije koje se koriste zajedno sa odgovarajućim kolima interfejsa. Kvalitativni senzori su granični uređaji koji se ne bave dobrom tačnošću prikaza vrijednosti sile. Njihova funkcija je samo da pokažu da li je primijenjena dovoljno jaka sila ili ne. To jest, izlazni signal pokazuje kada veličina sile pređe unaprijed određeni nivo praga. Najpopularniji elementi korišćeni u mjerenju sile su metalne i poluprovodničke mjerne trake. Prvi mjerni mostovi su rađeni na bazi tanke otporne žice, a danas se proizvode od tankog filma, folije ili poluprovodnika [23], [38].

Mjerna traka je otpornik koji se koristi za mjerenje naprezanja na predmetu. Kada se na predmet primjeni spoljna sila dolazi do deformacije oblika predmeta. Kada se predmet deformiše u granicama elastičnosti, ili postaje sve uži i duži ili postaje kraći i širi. Kao rezultat toga, dolazi do promjene otpornosti kraja na kraj. Mjerenjem promjene otpornosti predmeta može se izračunati količina indukovano napona. Prilikom primjene mjernih traka neophodno je voditi računa o uticaju promjene temperature na tačnost mjerenja. Mjerni most može biti sa jednom aktivnom trakom, sa dvije aktivne trake i sa četiri aktivne trake.

Kada je mjerac nenapregnut, most je uravnotežen, a voltmetar pokazuje nultu vrijednost. Kako dolazi do promjene otpornosti mjeraca naprezanja, most postaje neuravnotežen i indukuje napon koji se prikazuje na voltmetru (Slika 3). Izlazni napon sa mosta može se dodatno pojačati diferencijalnim pojačavačem.



Slika 3: Pun mjerni most sa mjernim trakama [41]

## Primjena senzora za mjerenje nivoa

Postoji mnogo različitih metoda za mjerenje nivoa tečnosti. Mjerenje nivoa tečnosti se vrši da bi se utvrdila količina tečnosti koja se nalazi u tanku. Nivo tečnosti utiče na pritisak i brzinu protoka u tanku i stoga njegovo mjerenje i/ili kontrola postaje veoma važno u različitim procesima koji se sreću u savremenim proizvod-

nim pogonima. Uređaji za mjerenje nivoa treba da imaju lak pristup za pregled, održavanje i zamjenu, nazivamo ih nivometrima [38].

Osnovna svrha mjerenja nivoa je mjerenje i regulacija količine materijala u skladištu za teret ili tanku kako bi se obezbijedio normalan tok tehnološkog procesa kao što je zaštita od prekida ili zaštita od izlivanja. Brodovi imaju različite tankove kao dio svoje strukture. Upotreba može varirati od svrhe balasta do zadržavanja mulja. Svi ovi tankovi čuvaju određene tečnosti čiji nivo (količinu) treba svakodnevno mjeriti i provjeravati. Ako se to ne radi, to će rezultirati ogromnom devastacijom, u rasponu od incidenta zagađenja do problema sa stabilnošću.

Neke metode pomoću kojih se direktno pokazuje stvarni nivo tečnosti su pomoću jednostavnog mehaničkog uređaja. Plovak djeluje kao primarni pretvarač koji pretvara varijaciju nivoa tečnosti u odgovarajući pomjeraj. To pomjeranje registruje sekundarni pretvarač, kao što je tip otpornosti potencimetrijskog uređaja, induktivni tip *LVDT*-a (engl. *Linear Variable Differential Transformer*), itd. Pomjeranje plovka pokreće krak koji uzrokuje da se klizač pomjera preko otpornog elementa reostata. Otpornost kola se mijenja i ova promjena otpornosti je direktno proporcionalna nivou tečnosti u rezervoaru [1], [38].

Kapacitivni senzori nivoa prave se kao pločasti ili cilindrični kondenzatori. Jednostavan kondenzator se sastoji od dvije elektrodne ploče razdvojene malom debljinom izolatora (koji može biti čvrst, tečan, gasovit ili vakuum) koji se naziva dielektrik. Promjena nivoa tečnosti izaziva varijaciju u dielektriku između dvije ploče, što zauzvrat izaziva odgovarajuću promjenu u vrijednosti kapacitivnosti kondenzatora. Zbog toga se takav mjerač naziva i dielektrični mjerač nivoa.

Ultrazvučni nivometri su beskontaktni nivometri predviđeni za mjerenje nivoa tamo gdje nije pogodno ostvariti fizički kontakt sa sadržajem rezervoara (tanka) zbog temperature, pritiska, agresivnosti materijala, itd. Zvučni talasi su usmjereni ka slobodnoj površini tečnosti koja se ispituje iz ultrazvučnog predajnika. Ovi talasi se reflektuju od površine tečnosti i prima ih prijemnik. U ovoj tehnici, varijacije nivoa tečnosti se prilično precizno određuju otkrivanjem ukupnog vremena potrebnog talasu da putuje do površine tečnosti, a zatim nazad do prijemnika. Ultrazvučne impulse emituje piezoelektrični pretvarač. Pretvarač (eng. *transducer*) istovremeno vrši funkciju predajnika i prijemnika impulsa. Emitovani talas nailaskom na nivo biva raspršen, dio zračenja se vraća do izvora koji sada igra ulogu prijemnika [38].

## Akvizicija podataka i LabVIEW programski paket

Sistemi za prikupljanje podataka (engl. *DAQ – data acquisition*) prikupljaju izuzetno precizne, ponovljive, pouzdane podatke i podatke bez grešaka pod uslovom da su povezani i da rade u skladu sa preporukama proizvođača. Upravljanje akvizicionim karticama se vrši pomoću programskog paketa *LabVIEW*. *DAQ* kartice sadrže različite opcije analognih i digitalnih ulaza i izlaza [42].

U većini aplikacija, sistem za prikupljanje podataka je dizajniran ne samo da prikuplja podatke, već i da djeluje na njih. Kontrola je proces kojim se digitalni kontrolni signali sa hardvera dovode u format signala za upotrebu od strane kon-



trolnih uređaja kao što su aktuatori i releji. Osnovni elementi sistema za prikupljanje podataka su sljedeći [42]: senzori i pretvarači, kondicioniranje signala, *DAQ hardver*, *PC* (operativni sistem), *DAQ softver*.

Električni signali koje generišu pretvarači često moraju da se konvertuju u oblik koji je prihvatljiv za *DAQ hardver*, posebno *A/D pretvarač* koji konvertuje podatke signala u potreban digitalni format. Pored toga, mnogi pretvarači zahtijevaju neki oblik pobude ili premošćavanja za pravilan i tačan rad. Kondicioniranje signala uključuje: filtriranje, pojačanje, linearizacija, izolacija, i pobuda. Kada je šum istog ili većeg reda veličine od zahtjevanog signala, šum se prvo mora filtrirati. Oprema za kondicioniranje signala često sadrži niskopropusne filtere dizajnirane da eliminišu šum visoke frekvencije koji može dovesti do netačnih podataka.

*LabVIEW* (engl. *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) je grafičko programsko okruženje koje se široko koristi u industriji za akviziciju podataka, mjerenje signala i zadatke automatizacije, kao i u istraživačkim laboratorijama. Godine 1986. firma *National Instruments* predstavila je programski paket *LabVIEW* za *Macintosh*. On je privlačio inženjere i naučnike koji su tražili produktivan, moćan softver za upotrebu u aplikacijama testiranja, kontrole i dizajna raznih virtuelnih instrumentata. Danas je *LabVIEW* preferirano grafičko razvojno okruženje za hiljade inženjera i naučnika. Sa pravim softverskim alatom, inženjeri i naučnici mogu efikasno kreirati sopstvene aplikacije, tako što će dizajnirati i integrisati rutine koje zahtijevaju određeni procesi [2], [43].

Posjeduje bogatu biblioteku kontrola i indikatora kao što su termometri, horizontalne i vertikalne skale, grafici, digitalni displeji, prekidači i dr., a moguće je kreirati kontrole po svojoj želji ili izmjene postojećih kontrola. Sa softverom *LabVIEW* korisnik može da dizajnira prilagođene virtuelne instrumente kreiranjem grafičkog korisničkog interfejsa na ekranu računara preko kojeg se može vršiti [35]: upravljanje programom instrumentacije, kontrola izabranog hardvera, analizirata dobijenih podatka i prikazivanje rezultata.

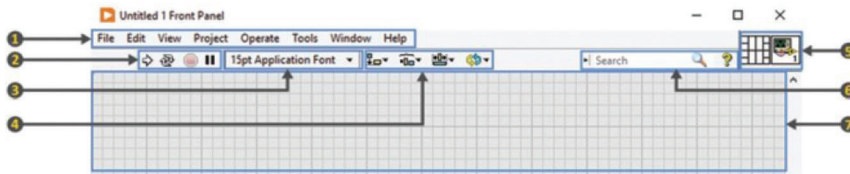
Iako *LabVIEW* pruža alate potrebne za većinu aplikacija, *LabVIEW* je takođe otvoreno razvojno okruženje. Grafički korisnički interfejsi (engl. *Graphical user interface* – GUI) takođe su igrali vitalnu ulogu u razvoju VI. Grafičko programiranje je lakše za korišćenje od tradicionalnog tekstualnog programiranja, i daje vizuelno orijentisan pristup porogramiranju. Glavna prednost tekstualnih jezika poput C, C++ ili Java je u tome što imaju brže vrijeme izvršavanja grafičkog pristupa i bolje performanse od grafičkih programa [2], [44]

Programski paket *LabVIEW* sa svim funkcijama ima iste konstrukcije koje imaju tradicionalni jezici, kao što su promjenljive, tipovi podataka, objekti, strukture petlje i sekvenciranja. VI ima tri glavne komponente, a to su: prednji panel, blok dijagram i ikona/konektor.

Prednji panel je interaktivni korisnički interfejs izgrađen sa kontrolama i indikatorima. Prednji panel je prozor kroz koji korisnik komunicira sa programom. Ulazni podaci u program koji se izvršava se unose preko prednjeg panela, a izlaz se takođe može vidjeti na prednjem panelu, što ga čini nezamjenljivim. Sadrži dugmad, grafikone i razne druge kontrole (koje su korisnički ulazi) i indikatore (koji su programski izlazi). Kontrole su ulazi koji se koriste za simulaciju ulaznih



uređaja instrumenta i snabdjevanje podacima blok dijagramu VI, a indikatori su izlazi, displeji koji se koriste za simulaciju izlaznih uređaja instrumenta i prikaz podataka koje blok dijagram dobija ili generiše. Prednji panel (Slika 4) je prilagođen da oponaša kontrolne table tradicionalnih instrumenata, kreira prilagođene test panele ili vizuelno predstavlja kontrolu i rad procesa [44], [45].



Slika 4: Prednji panel različite opcije (odjeljci) [45]

Kada se kreira novi VI, on će se pojaviti sa nekim unaprijed određenim odjeljcima kao što je prikazano na Slici 5.1, gdje su brojevima od 1 do 7 označeni respektivno [45]: 1 – Meni ovaj odjeljak se sastoji od drugih pododjeljaka: *File*, *Edit*, *View*, *Project*, *Operate*, *Tools*, *Window*, i *Help*. 2 – Izvršenje programa (eng. *Program execution*), 3 – Osobine fontova (eng. *Font properties*), 4 – Organizacija objekta (eng. *Object organization*), 5 – VI ikona i konektor, 6 – Traka za pomoć (eng. *Help bar*), 7 – Radni prostor (eng. *Workspace*).

Blok dijagram sadrži grafički izvorni kod sastavljen od čvorova, terminala i veza. Blok dijagram je stvarni izvršni program. Komponente blok dijagrama su VI nižeg nivoa, ugrađene funkcije, konstante i strukture kontrole izvršavanja programa. Objekti na prednjem panelu se pojavljuju kao terminali na blok dijagramu [44].

## PRIMJERI REALIZOVANIH VIRTUELNIH INSTRUMENTATA ZA SIMULACIJU I MJERENJA

Virtuelni instrumenti za simulaciju i mjerenja predstavljeni u ovom poglavlju prikazuju na jednostavan način primjenu virtuelne instrumentacije. Omogućeno je da se na jednostavan način kreiraju virtuelni instrumenti koji omogućavaju mjerenje osnovnih električnih i neelektričnih veličina.

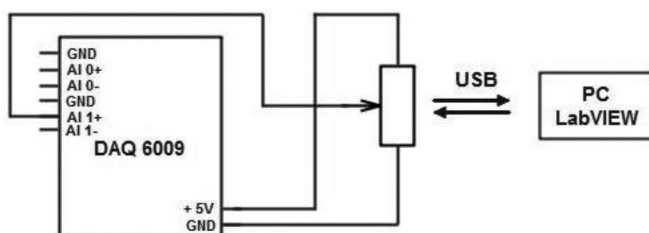
U ovom poglavlju prikazani su rezultati koji su objavljeni u radu [34]. Za realizaciju ovih instrumenata neophodno je imati računar na kojem je instaliran softver *LabVIEW*, izvor napajanja, razne senzore, akvizicione kartice i drugo. Prednost ovakvih VI je jednostavnost hardvera (*DAQ*, senzori, napajanje) i mogućnost pravljenja kreativnih rješenja u programu *LabVIEW*. Sistem za prikupljanje podataka (razne akvizicione kartice) kontrolišu se preko *LabVIEW*-a za generisanje i dobijanje fizičkih signala. Dobijeni rezultati se mogu obraditi na različite načine unutar programskog paketa *LabVIEW*.

U ovom poglavlju prikazana su četiri eksperimenta, od kojih se dva odnose na mjerenje električnih veličina (napona i struje), a dva na mjerenje neelektričnih veličina (temperature i mase). Cilj ovih laboratorijskih vježbi je da se kroz osnovna mjerenja u elektrotehnici, koja podrazumijevaju mjerenje jačine struje i napo-

na, studenti postepeno uvedu u korišćenje virtuelne instrumentacije, povezivanje svih elemenata u mjernom sistemu, a posebno korišćenje akvizicionih kartica i kreiranje virtuelnih instrumenata. Laboratorijska vježba 3 se odnosi na mjerenje temperature. Cilj ove laboratorijske vježbe je da studenti realizuju mjerenje signala sa termopara primjenom mjernog sistema baziranog na PC računaru. Mjerenje mase uključujući i kalibraciju mjerne ćelije je prikazano u laboratorijskoj vježbi 4.

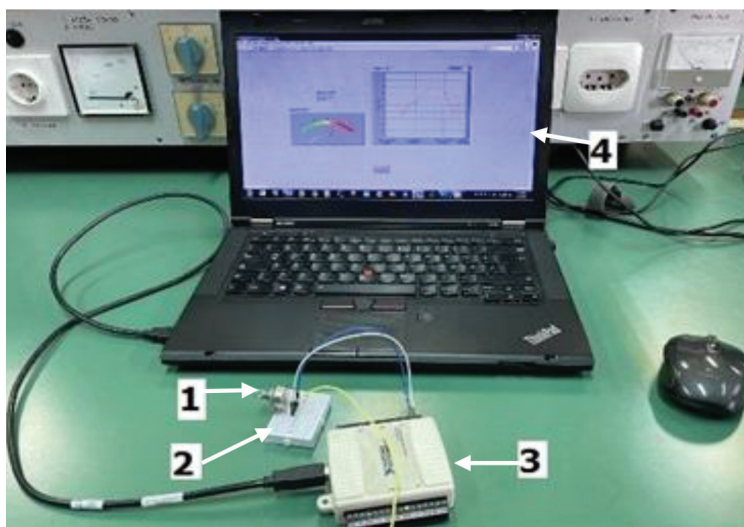
### Virtuelni instrument za mjerenje napona

U ovoj sekciji je prikazan je VI koji se odnosi na mjerenje napona. Za realizaciju ove laboratorijske vježbe potreban pribor se sastoji od: akvizicione kartice NI 6009, potencijometra (BK5) i eksperimentalne pločice. Šema veze ove laboratorijske vježbe prikazana je na Slici 5.



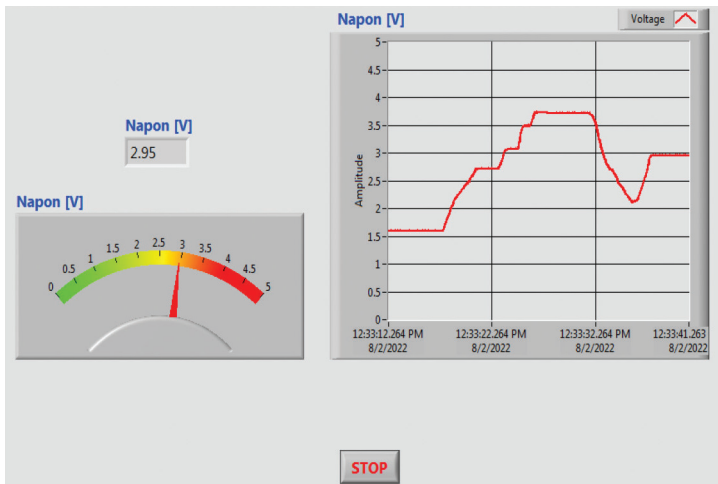
Slika 5: Šema veze laboratorijske vježbe mjerenje napona

Prvo je potrebno akvizicionu karticu NI 6009 preko USB kabela priključiti na računar. Kao što je prikazano na Slici 6 potencijometar se spaja na eksperimentalnu pločicu. Jedan kraj potencijometra se dovodi na digitalni ulaz akvizicione kartice (GND), dok se drugi kraj vodi na digitalni ulaz (+5 V). Srednji izvod potencijometra se vezuje na jedan od analognih ulaza.



Slika 6: Eksperimentalna postavka laboratorijske vježbe mjerenje napona

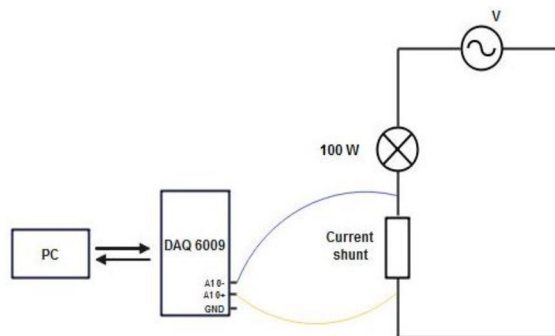
Na Slici 6 su brojevima označeni: 1 – potenciometar; 2 – eksperimentalna pločica; 3 – akviziciona kartica NI 6009, i 4 – računar sa instaliranim softverom *LabVIEW*. Prikaz prednjeg panela laboratorijske vježbe vezane za mjerenje napona u softveru *LabVIEW* prikazan je na Slici 7. Blok dijagram VI za mjerenje napona je dat u Prilogu 1.



Slika 7: Prednji panel virtuelnog instrumenta za mjerenje napona

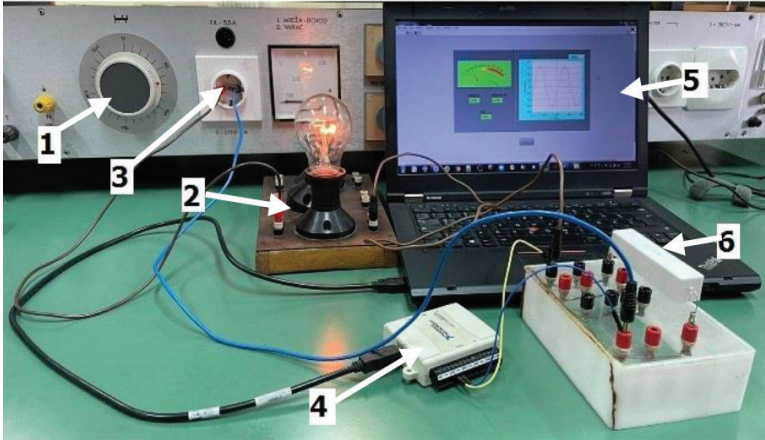
### Virtuelni instrument za mjerenje napona

U ovoj sekciji je prikazan VI koji se odnosi na mjerenje jačine struje preko šant otpornika. Za realizaciju ove laboratorijske vježbe potreban pribor je: akviziciona kartica NI 6009, šant otpornik 40W 1  $\Omega$  i sijalica snage 100W. Šema veze prikazana je na Slici 8.



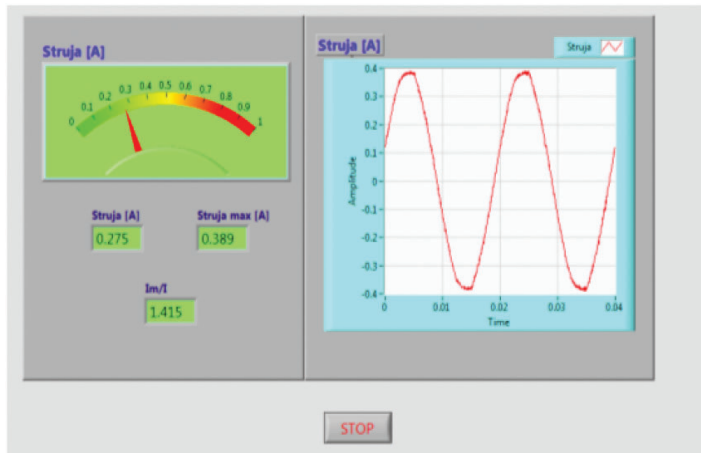
Slika 8: Šema veze laboratorijske vježbe Mjerenje struje

Na rednu vezu sijalice i šant otpornika (male otpornosti) doveden je napon sa autotransformatora. Paralelno sa šantom je vezana akviziciona kartica NI 6009, koja je spojena preko USB kabela sa računarom, kao što je prikazano na Slici 9.



Slika 9: Eksperimentalna postavka mjerno-akvizicionog sistema za mjerenje struje

Na Slici 9 su brojevima označeni: 1 – autotransformator; 2 – tabla sa sijalicom; 3 – utičnica (napajanje); 4 – akviziciona kartica NI 6009; 5 – računar sa instaliranim softverom *LabVIEW*, i 6 – šant. Kreirani program u softveru *LabVIEW* za mjerenje jačine struje prikazan je na Slici 10. Blok dijagram VI za mjerenje struje je dat u Prilogu 2.

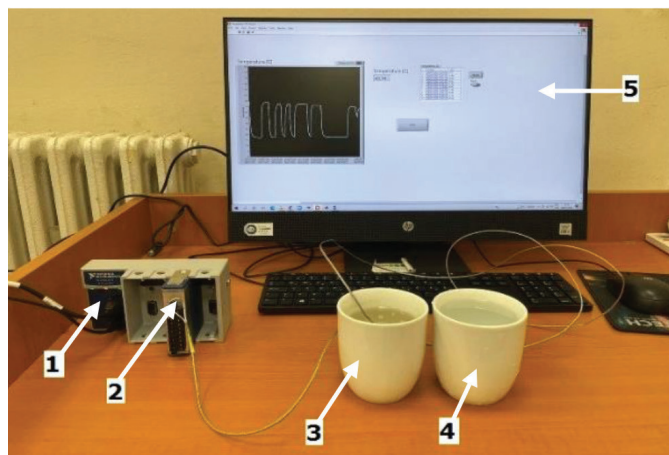


Slika 10: Prednji panel virtuelnog instrumenta za mjerenje struje

### Virtuelni instrument za mjerenje temperature

Na brodu se za potrebe vođenja brodskih procesa vrši mjerenje velikog broja neelektričnih veličina među kojima posebno mjesto pripada mjerenju temperature. U ovoj sekciji je prikazan VI koji se odnosi na mjerenje temperature termoparom.

Za realizaciju laboratorijske vježbe mjerenje temperature termoparom potreban je sljedeći pribor: termopar (J tip), akviziciona kartica (NI 9211) zajedno sa kućištem (cDAQ-9174) i dvije posude (sa toplom i sa hladnom vodom), Slika 11.



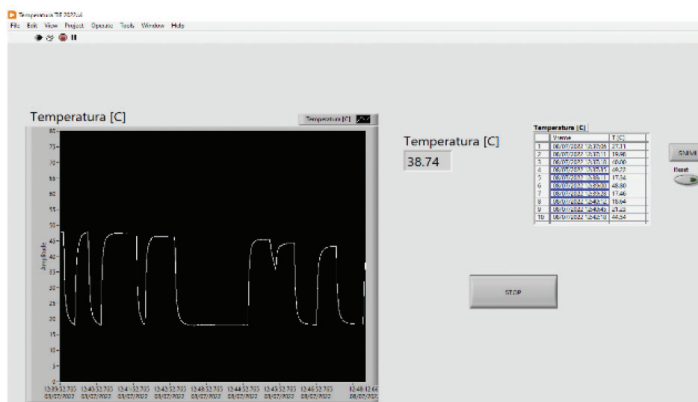
Slika 11: Eksperimentalna postavka mjerno-akvizicionog sistema za temperature

Na Slici 11 su brojevima označeni: 1 – kućište za kartice NI cDAQ-9174; 2 – akviziciona kartica NI 9211; 3 – posuda sa toplom vodom; 4 – posuda sa hladnom vodom, i 5 – računar sa instaliranim softverom *LabVIEW*. Krajevi termopara spajaju se sa akvizicionom karticom NI 9211 kao na Slici 6. 19.



Slika 11: Vezivanje termopara sa akvizicionom karticom

Postupak povećanja i smanjenja temperature, dok se sonda termopara prenosi iz jedne posude u drugu prati se na prednjem panelu, prikazano na Slici 12. Podaci izmjerene temperature se čuvaju u *Excel*-u i moguće je vršiti dalju obradu rezultata. Blok dijagram VI za mjerenje temperature je dat u Prilogu 3.



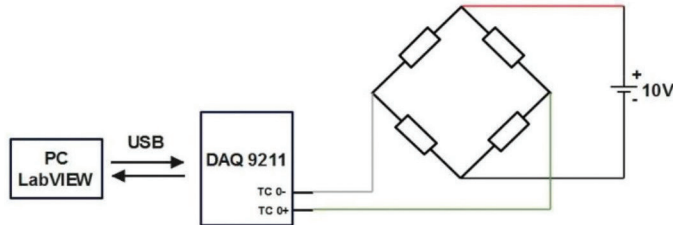
Slika 12: Prednji panel virtuelnog instrumenta za mjerenje temperature



## Virtuelni instrument za mjerenje mase

U ovoj sekciji je prikazana laboratorijska vježba koja se odnosi na mjerenje mase, uključujući prethodnu kalibraciju mjerne ćelije.

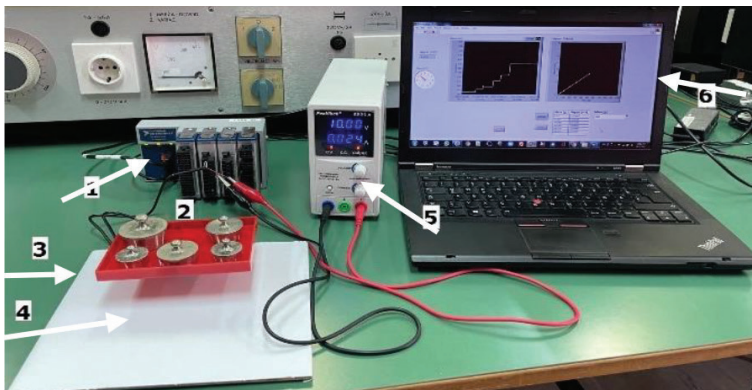
Mjerna ćelija pripada grupi otporničkih senzora za mjerenje opterećenja. Napravljena je od aluminijuma koja je oslabljena na srednjem dijelu, što omogućava elastično savijanje. Sa gornje i donje strane postavljeni su mjerači naprezanja. Oni su raspoređeni tako da su dva postavljena pri vrhu otvora mjerne ćelije, a dva pri dnu [22], [34]. Ovaj raspored omogućava povezivanje mjerača naprezanja u električno kolo Vitstonovog mosta kao što je prikazano na Slici 13.



Slika 13: Šema veze mjerne ćelije sa akvizicionom karticom

Kada se mjerna ćelija optereti, dolazi do njenog savijanja, odnosno zatezanje mjerača naprezanja, što dovodi do promjene njene otpornosti. Prije početka mjerenja mase mjernom ćelijom, potrebno je odrediti njenu karakteristiku, odnosno, zavisnost izlazne od ulazne veličine. Ova karakteristika mjerne ćelije sa mjeračem naprezanja predstavlja zavisnost izlaznog napona mjerne ćelije od samog opterećenja. Da bi se odredila ova karakteristika potrebno je izvršiti kalibraciju mjerne ćelije. Ona se vrši mjerenjem izlaznog napona  $U$  mjerne ćelije za različite vrijednosti poznate mase  $m$ . Na ovaj način se dobija karakteristika mjerne ćelije kao skup tačaka  $(m, U)$ .

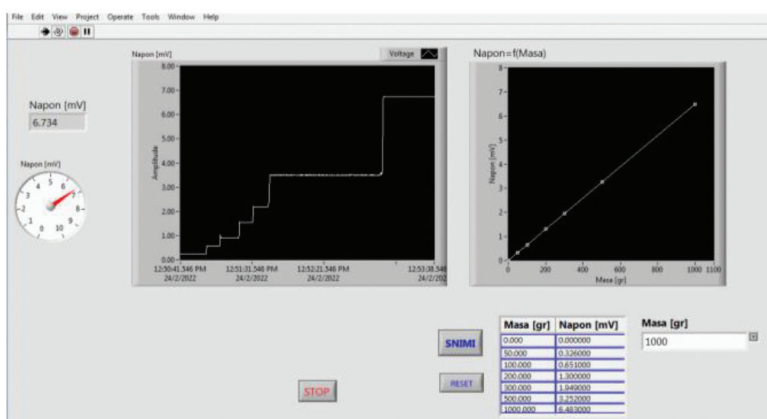
Na Slici 14 prikazana je eksperimentalna postavka sistema za kalibraciju mjerne ćelije. Za realizaciju ovog sistema potreban je sljedeći pribor: mjerna ćelija (CZL608 3 kg), izvor jednosmjernog napona od 10 V, tegovi i akviziciona kartica NI 9211.



Slika 14: Eksperimentalna postavka mjernog sistema za mjerenje mase

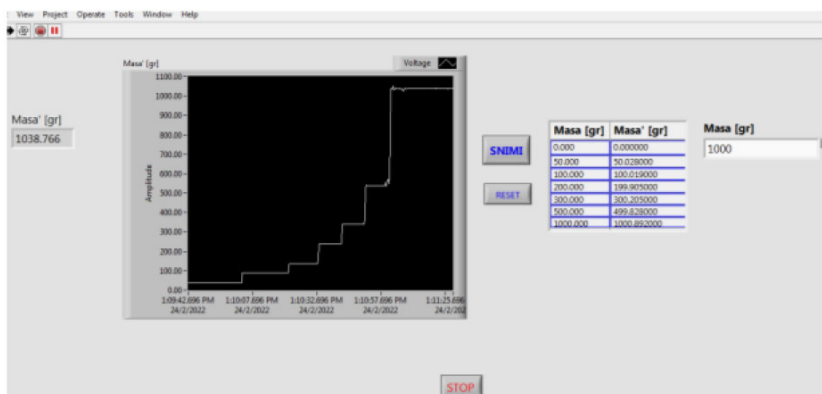
Na Slici 14 su brojevima označeni: 1 – kućište za kartice NI cDAQ-9174; 2 – akviziciona kartica NI 9211; 3 – tegovi 50–500 g; 4 – mjerna ćelija CZL608 3 kg; 5 – izvor jednosmjernog napona, i 6 – računar sa instaliranim softverom *LabVIEW*.

Na Slici 15 je prikazan postupak sprovođenja kalibracije. Početak kalibracija započinje sa mjernom ćelijom bez opterećenja i ovo početno stanje je potrebno snimiti, odnosno izmjeriti izlazni napon. Izlazni napon će biti različit od nule zbog nesavršenosti sistema. Moguće je poništiti ovaj napon softverski. Nakon poništenja potrebno je u prednjem panelu virtuelnog instrumenta zapisati početne vrijednosti u tabeli koje će istovremeno biti prikazane i grafički. Nakon ovog prvog koraka potrebno je dodatno opteretiti mjernu ćeliju za 50 g i sačuvati dobijene rezultate u tabeli. Svako sljedeće opterećenje stavljeno na mjernu ćeliju treba da bude veće od prethodnog, sve dok se ne postigne nominalno opterećenje. Kada se kalibracija završi (klikom na dugme „Stop“) zaustavlja se program za kalibraciju. Blok dijagram VI za kalibraciju mjerne ćelije, kao i mjerenje mase je dat u Prilogu 4.



Slika 15: Prednji panel sistema za kalibraciju mjerne ćelije u softveru LabVIEW

Nakon kalibracije kreirana je aplikacija za mjerenje nepoznatih masa, prikazana na Slici 16.



Slika 16: Prednji panel virtuelnog instrumenta za mjerenje nepoznate mase



Numerički podaci o kalibraciji mjerne ćelije dati su u Tabeli 1. Kalibracija je izvedena za različita opterećenja do 1000 g.

R. br.	Masa [g]	Napon [mV]
1	0	0
2	50	0.326
3	100	0.651
4	200	1.300
5	300	1.949
6	500	3.252
7	1000	6.483

**Tabela 1:** Numerički podaci o kalibraciji mjerne ćelije

Sa Slike 15 se vidi da je karakteristika mjerne ćelije linearna. Za svako mjerenje se može odrediti koeficijent  $k$ , koji predstavlja odnos izmjerenog napona  $U$  i zadate mase  $m$ , prikazano relacijom (1)

$$k_i = \frac{U_i}{m_i}; i = 1, 2, \dots, 7 \quad (1)$$

Srednja vrijednost ovog koeficijenta može se koristiti kao osjetljivost  $S$  mjerne ćelije i računa se pomoću relacije (2)

$$S = \frac{\sum_{i=1}^7 k_i}{7} \approx 2 \left[ \frac{mV}{kg} \right] \quad (2)$$

$m$	$m'$	$\Delta m =  m' - m $	$\delta m = \frac{\Delta m}{m} \cdot 100$ [%]
0	0	0	0
50	50.028	0.028	0.056
100	100.019	0.019	0.019
200	199.905	0.095	0.047
300	300.205	0.205	0.068
500	499.828	0.172	0.034
1000	1000.892	0.892	0.089

**Tabela 2:** Rezultati mjerenja, apsolutna i relativna greška

Poznato je da osjetljivost zavisi od napona napajanja, u ovom slučaju je napon napajanja 10 V, dok bi za napon od 5 V osjetljivost bila dva puta manja. Pomoću kreiranog programa izvršena su mjerenja sa poznatim masama i dobijena odstupanja su prikazana u Tabeli 2, gdje je:  $m$  [g] – poznata masa,  $m'$  [g] – izmjerena masa,  $\Delta m$  [g] – apsolutna greška i  $\delta m$  [g] – relativna greška.

## ZAKLJUČAK

Koncept virtuelne instrumentacije predstavlja novi pristup u mjernoj tehnici, a odnosi se na prelaz sa tradicionalnih hardverski mjernih uređaja, na moderne softverski orijentisane mjerene sisteme. Virtuelna instrumentacija je termin koji se odnosi na integraciju hardvera i softvera, uključujući mjerenje, prikupljanje podataka (akviziciju), obradu i prikaz dobijenih podataka.

Istraživanje ovog master rada bilo je motivisano nizom problema sa kojima se suočavamo kod tradicionalnih mjerenja. Tradicionalni mjerni instrumenti (multimetar, osciloskop, generator signala, analizator frekventnog spektra i drugo) su veoma snažni i skupocjeni autonomni uređaji, napravljeni od strane proizvođača. Jedan od problema je taj što korisnik generalno, ne može da ih proširi i izmijeni. Imaju definisane ulazne i izlazne signale koji se na njega mogu priključiti, fiksne karakteristike koje se odnose na njegovo korišćenje: raspored i oblik tastera, prekidača, preklopnika opsega i ostalog.

Cilj istraživanja koji je bio u ovom master radu jeste, sa jedne strane da se prikaže koncept virtuelne instrumentacije kroz detaljan opis hardvera i softvera mjernog sistema i uloge pojedinačnih dijelova sistema u procesu mjerenja. Sa druge strane, cilj istraživanja sprovedenih u okviru rada je da se razviju aplikacije u programskom paketu *LabVIEW* za realizaciju mjerenja određenih procesnih veličina, kao i sama mjerenja.

Dakle, realizovani su mjerni sistemi za mjerenje temperature pomoću termoparova, za mjerenje mase opterećenja, uključujući i kalibraciju mjerne ćelije, kao i virtuelni instrument za kontrolu nivoa tečnosti u brodskom tanku. Zbog važnosti mjerenja procesnih veličina u pomorstvu, u školovanju pomoraca je neophodno unaprijediti predmete koji se bave brodskim mjerenjima, kako bi se studenti upoznali sa savremenim metodama mjerenja i kako bi stekli dovoljna znanja i vještine za samostalan rad i buduću karijeru. Ovaj dodatni motiv za pomenuta istraživanja je doveo do realizacije virtuelnih instrumenta, a mjerni sistemi su prikazani u vidu laboratorijskih vježbi koje su namjenjene studentima Pomorskog fakulteta.

Međutim, važno je napomenuti da je realizacija praktične nastave i konkretnih mjerenja na fakultetima često usko povezana sa novčanim sredstvima kojima te ustanove raspolažu za nabavku opreme i osavremenjavanje nastave. Za nabavku akvizicionih kartica, PC računara i druge dodatne opreme neophodno je odvojiti ne mala sredstva što predstavlja izvjesno ograničenje u istraživanjima i praktičnim realizacijama.

Tokom izrade ovog master rada otvorile su se mnoge mogućnosti za buduća istraživanja koja će biti usmjerena ka kreiranju novih virtuelnih instrumenata mjernih sistema. Jedna od ideja koja je razmatrana je i mogućnost postavljanja udaljenih eksperimenata, da bi se omogućila njihova veća dostupnost. Udaljeni eksperimenti bi naročito koristili studentima koji su spriječeni da praktičnu nastavu prate na fakultetu, kao što je slučaj sa studentima aktivnim-pomorcima. Rezultati istraživanja prezentovani u ovom master radu su publikovani na međunarodnoj konferenciji, a procjenjuje se da će biti veoma korisni akademskoj zajednici i to ne samo na Pomorskom fakultetu, već i svim istraživačima koji se bave procesnim mjerenjima.

## LITERATURA

- [1] N. Barjamović, *Brodaska mjerenja*. Kotor: Fakultet za pomorstvo, Univerzitet Crne Gore, 2006.
- [2] A. Milovanović, M. Bjekić, and B. Koprivica, *Virtuelna instrumentacija*. Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu, 2010.
- [3] H. A. Modran, D. Ursuțiu, C. Samoila, and T. Chamunorwa, "Intelligent IoT Biomedical Bluetooth Data Acquisition System," in *New Realities, Mobile Systems and Applications*, M. E. Auer and T. Tsiatsos, Eds., in Lecture Notes in Networks and Systems. Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 970–979. doi: 10.1007/978-3-030-96296-8\_88.
- [4] B. Koprivica and A. Milovanovic, "Application of virtual instrumentation in determination of AC magnetic properties of electrical steel sheet under DC-biased magnetization," presented at the International Scientific Conference "UNITECH 2014," Gabrovo, Bulgaria, Nov. 2014.
- [5] B. Koprivica, M. Sucurovic, N. Jevtić, and A. Milovanovic, "Measurement of magnetic flux density of large-diameter multilayer solenoid," presented at the 13th International Conference on Applied Electromagnetics – IIEC 2017, Nis, Serbia, Aug. 2017.
- [6] G. Ramachandiran, J. Kandhasamy, and A. Saminathan, "Virtual Instrumentation in Electrical Engineering Applications," *J. Inst. Eng. India Ser. B*, vol. 101, no. 2, pp. 193–199, Apr. 2020, doi: 10.1007/s40031-020-00437-w.
- [7] E. E. Tereshatov *et al.*, "Compact automated apparatus for rapid astatine recovery from nitric acid media: Design, application, and impurity characterization," *Chemical Engineering Journal*, vol. 442, p. 136176, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.cej.2022.136176.
- [8] C. L. Rat, C. I. Ichim-Burlacu, and C. Panoiu, "Modeling the synchronous permanent magnet generator with RLC load," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 2212, no. 1, p. 012019, Feb. 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2212/1/012019.
- [9] J. W. Frazer, A. Karimi, A. C. Rogers, and T. J. Connolly, "Computer-assisted Laboratory Experience in an Undergraduate Mechanical Engineering Program," presented at the 2002 GSW, Mar. 2022. Accessed: May 24, 2022. [Online]. Available: <https://peer.asee.org/computer-assisted-laboratory-experience-in-an-undergraduate-mechanical-engineering-program>
- [10] J. G. Webster, *The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook*, 1st edition. Boca Raton, Fla: CRC Press, 1998.
- [11] P. R. N. Childs, J. R. Greenwood, and C. A. Long, "Review of temperature measurement," *Review of Scientific Instruments*, vol. 71, pp. 2959-2978, 2000.
- [12] A. Floriduz, E. Bassi, F. Benzi, G. Secondo, and P. S. Termini, "Wireless temperature sensing in electrical motors with XBee modules," in *2015 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD)*, Mar. 2015, pp. 304-308. doi: 10.1109/WEMDCD.2015.7194544.

- [13] R. Mocanu and A. Onea, "Determination of stator temperature for thermal protection in a Permanent Magnet Synchronous Machine," in *2017 25th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, Jul. 2017, pp. 1321-1325. doi: 10.1109/MED.2017.7984301.
- [14] M. Daghrah, Z. D. Wang, Q. Liu, D. Walker, Ch. Krause, and G. Wilson, "Experimental investigation of hot spot factor for assessing hot spot temperature in transformers," in *2016 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Sep. 2016, pp. 948-951. doi: 10.1109/CMD.2016.7757981.
- [15] B. Koprivica, A. Milovanovic, and T. Dlabac, "An approach to cold junction compensation and identification of unknown thermocouple type," *Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Électrotechnique et Énergétique*, vol. 63, pp. 277-282, Sep. 2018.
- [16] H. Prajapati and N. Deshmukh, "Design and Development of Thin Wire Sensor for Transient Temperature Measurement," *Measurement*, vol. 140, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.measurement.2019.04.020.
- [17] C.-F. Ocoleanu and G. Manolea, "Design of a virtual instrument in LabVIEW for crimped connection temperature measurement," in *2016 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE)*, Oct. 2016, pp. 1-4. doi: 10.1109/ICATE.2016.7754672.
- [18] W. Zhu, J. Liu, H. Yang, and C. Yan, "Design of high precision temperature measurement system based on LabVIEW," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 6, pp. 153-5, 2015.
- [19] H. C. Pacco, "Simulation of temperature control and irrigation time in the production of tulips using Fuzzy logic," *Procedia Computer Science*, vol. 200, pp. 1-12, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.01.199.
- [20] D. Zivanovic and M. Simic, "Two-stage segment linearization as part of the thermocouple measurement chain," *Measurement and Control -London- Institute of Measurement and Control-*, vol. 54, Jan. 2021, doi: 10.1177/0020294020986833.
- [21] R. Niu and J. Ren, "Design of Fuzzy Temperature Control System Based on LabVIEW," *IJEME*, vol. 1, no. 6, pp. 21-27, Dec. 2011, doi: 10.5815/ijeme.2011.06.04.
- [22] S. Milosavljević, A. Milovanovic, and B. Koprivica, "Virtual Instrumentation for Load Cell - Calibration and Measurements," presented at the International Scientific Conference Technics and Informatics in Education, May 2018.
- [23] A. Milovanović and B. Koprivica, *Laboratorijski praktikum iz električnih merenja: Merenje neelektričnih i magnetskih veličina- I deo*. Čačak: Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu, 2021.
- [24] M. Y. I. Zia and M. Rashid, "A Novel Laboratory Experimental Platform Using LabVIEW and Multisim Environments," in *2021 National Computing Colleges Conference (NCCC)*, Mar. 2021, pp. 1-6. doi: 10.1109/NCCC49330.2021.9428796.
- [25] T. R. Melo, J. S. D. R. Neto, and J. J. Silva, "Integration of Virtual Instrumentation in the Teaching of Data Acquisition and Interface Systems

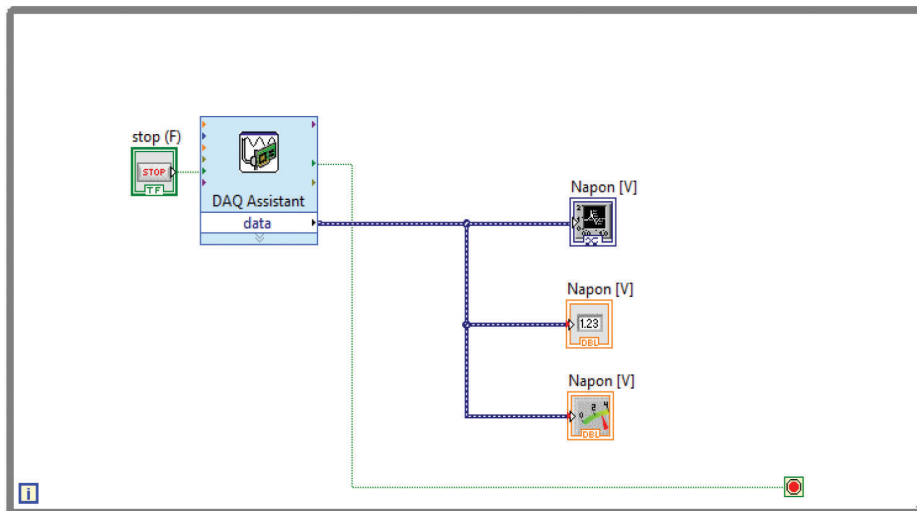
- Course,” *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 16, no. 2, pp. 154-160, May 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3089928.
- [26] D. Grimaldi and S. Rapuano, “Hardware and software to design virtual laboratory for education in instrumentation and measurement,” *Measurement*, vol. 42, no. 4, pp. 485-493, May 2009, doi: 10.1016/j.measurement.2008.09.003.
- [27] V. Potkonjak *et al.*, “Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review,” *Computers & Education*, vol. 95, pp. 309–327, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.compedu.2016.02.002.
- [28] L. V. Alexeychik, M. P. Zhokhova, D. V. Mikheev, and M. V. Karpunina, “Electrotechnical Laboratory: From Physical Experiment to Virtual Scenario,” in *2018 IV International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)*, Oct. 2018, pp. 1–4. doi: 10.1109/INFORINO.2018.8581853.
- [29] P. Chen, Y. Huang, J. Mou, and P. H. A. J. M. van Gelder, “Probabilistic risk analysis for ship-ship collision: State-of-the-art,” *Safety Science*, vol. 117, pp. 108-122, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.ssci.2019.04.014.
- [30] B. Gergič, D. Hercog, L. Mikola, and V. Matko, “Using the Internet and Virtual Instrumentation to enhance the learning of Electrical Measurements,” Jan. 2004.
- [31] P. Trentsios, M. Wolf, and S. Frerich, “Remote Lab meets Virtual Reality – Enabling immersive access to high tech laboratories from afar,” *Procedia Manufacturing*, vol. 43, pp. 25-31, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.104.
- [32] Y. Ugurlu, “Measuring the impact of virtual instrumentation for teaching and research,” in *2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Apr. 2011, pp. 152-158. doi: 10.1109/EDUCON.2011.5773129.
- [33] C. Dumitrescu, R. L. Olteanu, L. M. Gorghiu, G. Gorghiu, and G. State, “Using virtual experiments in the teaching process,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 776-779, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.sbspro.2009.01.138.
- [34] I. Knezevic, B. Koprivica, T. Dlabac, N. Marvučić, and A. Milovanovic, “Integration of virtual instrumentation in marine electrical engineering education,” Aug. 2022, pp. 121-128. doi: 10.46793/TIE22.121K.
- [35] S. Sumathi and P. Surekha, *LabVIEW based Advanced Instrumentation Systems*. Springer Berlin, Heidelberg, 2007.
- [36] S. Tumański, *Principles of electrical measurement*. in Series in sensors. New York: Taylor & Francis, 2006.
- [37] N. Miljković, *Metode i instrumentacija za električna merenja*. Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2016.
- [38] M. Popovic, *Senzori i merenja*. Beograd: Zavod za udzbenke i nastavna sredstva, 2004.
- [39] M. J. Usher and D. A. Keating, *Sensors and Transducers*. London: Macmillan Education UK, 1996. doi: 10.1007/978-1-349-13345-1.
- [40] H. L. Callendar, “On the practical measurement of temperature: Experiments

- made at the Cavendish laboratory, Cambridge,” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. (A.)*, vol. 178, pp. 161–230, 1887, doi: 10.1098/rsta.1887.0006.
- [41] G. Min, S.-W. Oh, Y. Wicaksana, S. Jeon, and S. Cho, “Development of the strain measurement-based impact force sensor and its application to the dynamic Brazilian tension test of the rock,” Sep. 2017.
- [42] H. R. Taylor, *Data Acquisition for Sensor Systems*. Boston, MA: Springer US, 1997. doi: 10.1007/978-1-4757-4905-2.
- [43] T. Bress, *Effective LabVIEW Programming: (\*new file uploaded 02/19/15)*. NTS Press, 2013.
- [44] J. Jerome, *Virtual instrumentation using LabVIEW*. PHI Learning Pvt. Ltd., 2010.
- [45] J. C. Rodríguez-Quiñonez and O. Real-Moreno, *Graphical Programming Using LabVIEW™: Fundamentals and advanced techniques*. The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom, 2022.

## PRILOZI

## Prilog 1 – blok dijagram VI za mjerenje napona

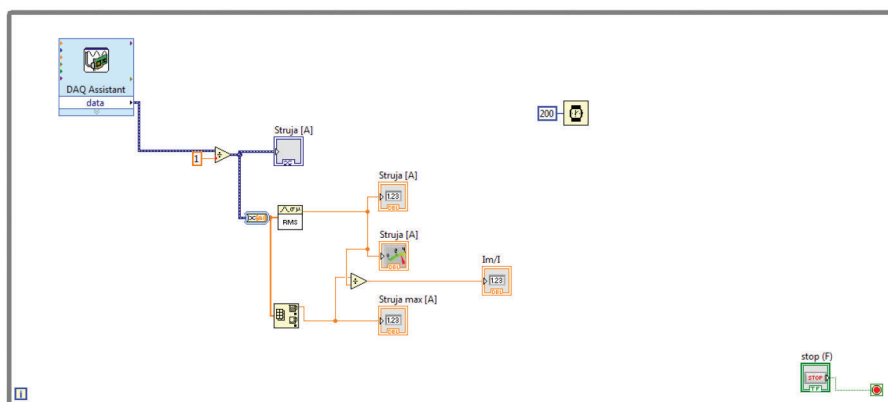
Na Slici 17. je prikazan blok dijagram virtuelnog interumenta za mjerenje napina



Slika 17: Blok dijagram virtuelnog instrumenta za mjerenje napona

## Prilog 2 – blok dijagram VI za mjerenje struje

Na Slici 18 je prikazan blok dijagram virtuelnog instrumenta za mjerenje struje.

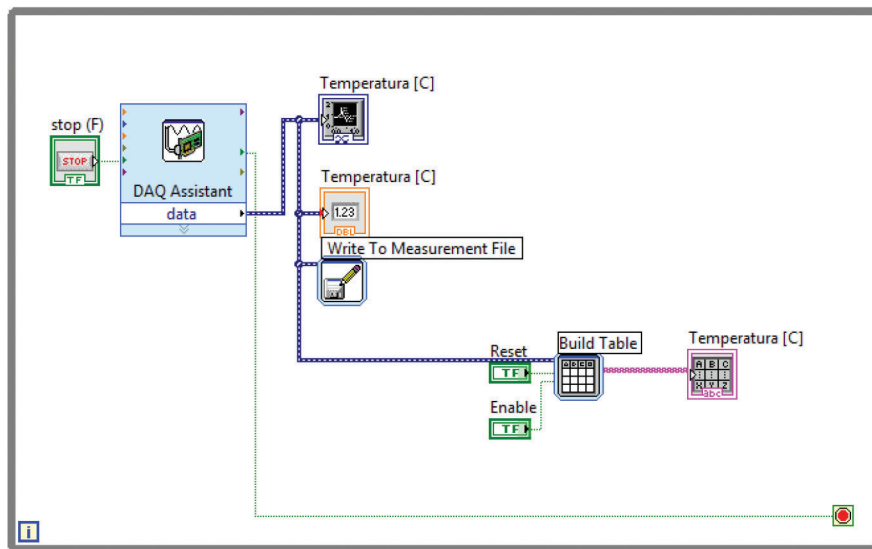


Slika 18: Blok dijagram virtuelnog instrumenta za mjerenje struje



**Prilog 3** – blok dijagram VI za mjerenje temperature

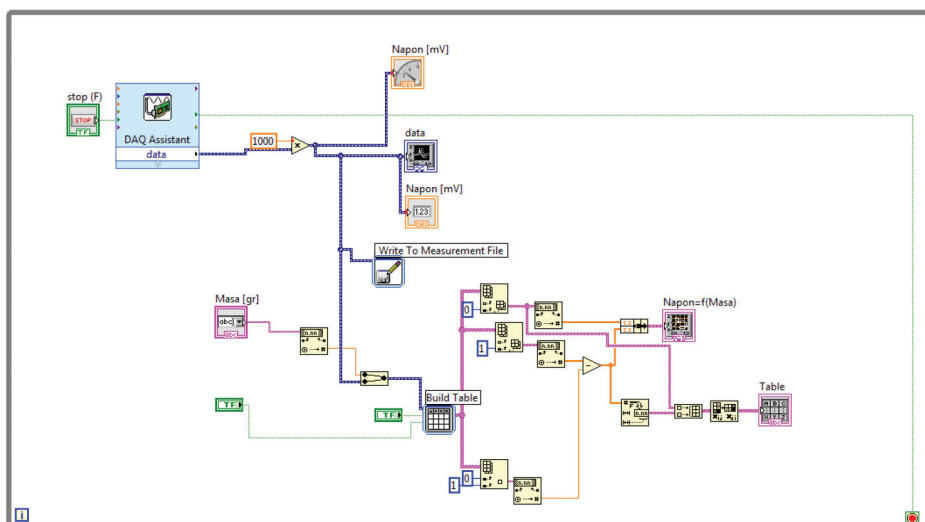
Na Slici 19 je prikazan blok dijagram virtualnog instrumenta za mjerenje temperature.



Slika 19: Blok dijagram virtualnog instrumenta za mjerenje temperature

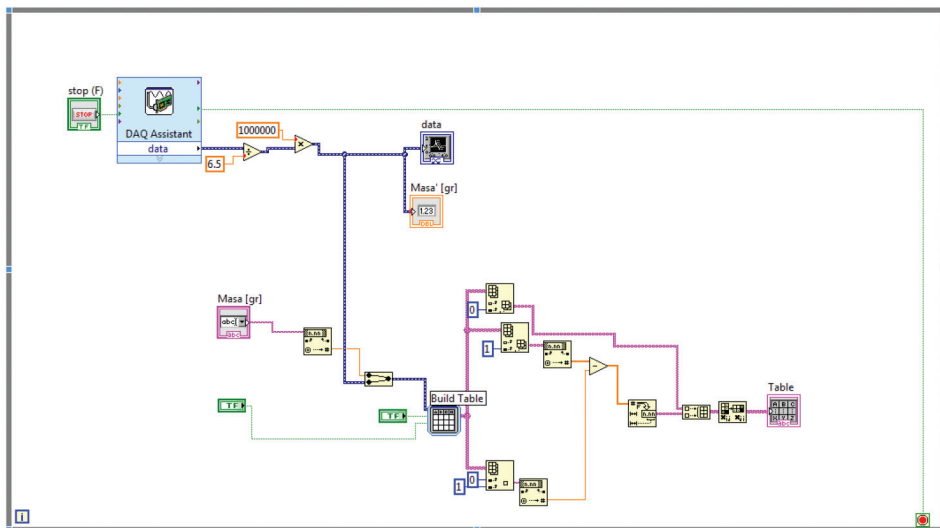
**Prilog 4** – blok dijagram VI za kalibraciju mjerene ćelije i mjerenje mase

Na Slici 20 je prikazan blok dijagram virtualnog instrumenta za kalibraciju mjerne ćelije.



Slika 20: Blok dijagram sistema za kalibraciju mjerne ćelije

Na Slici 21 je prikazan blok dijagram virtualnog instrumenta za mjerenje mase.



Slika 21: Blok dijagram virtualnog instrumenta za mjerenje mase

---

**ILIJA KNEŽEVIĆ****APPLICATION OF VIRTUAL INSTRUMENTATION IN PROCESS MEASUREMENTS**

**Abstract:** The paper gives simple examples of laboratory exercises that represent the improvement of practical teaching within the subject Ship Measurements on the Faculty of Maritime Studies Kotor. Connection diagrams and experimental setup for four laboratory exercises related to voltage measurement, current measurement, temperature measurement using thermocouples and mass measurement with the previous calibration of the measuring cell, as well as the simulation of liquid level control in the ship's tank are shown. The created laboratory exercises shown in this work will contribute to a better understanding of modern methods of measuring process quantities and mastering the practical knowledge necessary for the maritime education process.

**Key words:** virtual instrumentation, process measurements, LabVIEW software



### Pomorski fakultet

**ILIJA KNEŽEVIĆ** je rođen 29. 7. 1998. godine u Nikšiću gdje je završio osnovnu i srednju školu. Na Pomorskom fakultetu Kotor je 2020. godine završio Studijski program Pomorska elektrotehnika, a oktobra 2022. godine Master studijski program Pomorske nauke. Student je Doktorskih studija Pomorske nauke na istom fakultetu. Bio je angažovan kao demonstrator na oblasti Brodske elektrotehnike i elektronike na

akademske studijskim programima Pomorska elektrotehnika i Brodomašinstvo. Kao autor ili koautor objavio je na međunarodnim naučnim konferencijama 19 radova. Rezultati iz master rada su publikovani na međunarodnoj konferenciji *9th International scientific conference Technics and Informatics in Education – TIE 2022*, od 16. do 18. septembra 2022. godine, Čačak, Srbija.

**Dajana DRLJEVIĆ**

Pravni fakultet

dajana.drljevic@gmail.com

Mentor: doc. dr Nikola Dožić

## **ZAŠTITA KOLEKTIVNIH INTERESA POTROŠAČA U PRAVU EVROPSKE UNIJE, SA POSEBNIM OSVRTOM NA PRAVO CRNE GORE**

UDK 366.5:34(497.16)(043.2)

**Sažetak:** Imajući u vidu aktivno djelovanje EU u oblasti zaštite potrošača i njihovih interesa, koje je ishodovalo usvajanjem Direktive (EU) 2020/1828 Evropskog parlamenta i Savjeta od 25. 11. 2020. godine o predstavničkim tužbama za zaštitu kolektivnih interesa potrošača, autorka rada analizira određene procesne aspekte mehanizama kolektivne zaštite u cilju ispitivanja efikasnosti usvojenog mehanizma. Ukazuje na problem definisanja osnovnih pojmova kolektivne zaštite, ali i na specifičnosti usvojenog sudskog mehanizma analizom određivanja granica pravosnažne presude, pitanja finansiranja postupka, kvalifikovanosti predstavničkih tijela potrošača za zastupanje, koristeći pritom metode sinteze, indukcije, dedukcije i sl. Komparativnim pristupom i prikazom američkog, upravnog i vansudskog modela pokušava se ishodovati opravdanje odluke EU o izboru analiziranog mehanizma. Autorka skreće pažnju i na važna pitanja postupka koja se moraju obraditi kako bi transponovanje Direktive u nacionalno zakonodavstvo bilo izvršeno na najpogodniji način. Kroz kritički osvrt, date su preporuke u cilju daljeg razvoja mehanizma zaštite, kao i izmjena domaćih zakona u ovoj oblasti usvajanjem novih instituta u oblasti zaštite potrošača.

**Ključne riječi:** potrošač, kolektivna zaštita potrošača, kolektivni interesi potrošača, kolektivna tužba, opt-in, opt-out, mehanizmi zaštite, sudski model, kolektivna sudska zaštita

## UVOD

Nacionalni propisi većinski ne predviđaju definiciju kolektivnih interesa potrošača, odnosno rijetko sadrže pozitivnu definiciju, zbog čega nastaje problem neuniformisanosti pojmova kao pitanje koje je potrebno riješiti radi ostvarivanja djelotvorne zaštite. Suprotno, evropski zakonodavac u Direktivi (EU) 2020/1828 Evropskog parlamenta i Savjeta od 25. 11. 2020. godine o predstavničkim tužbama za zaštitu kolektivnih interesa potrošača (dalje: Direktiva) kolektivni interes potrošača definiše kao „opšti interes potrošača i posebno za potrebe mjera popravljavanja štete, interesi grupe potrošača“.

Istraživanje u radu polazi od društveno-političkog cilja i prepoznate potrebe zaštite potrošača. U tom smislu ključno je raspraviti i zaključiti da li se najnoviji razvoj mehanizama na području zaštite potrošača interpretira kao odraz tendencije da se sudska zaštita kolektivnih interesa potrošača postavi kao prioritet. Oblast zaštite potrošača traži nove zaključke o razvijenosti procesnih aspekata, kao i kvalifikaciju razloga zbog kojih postoji slaba afirmisanost ovog oblika zaštite u domaćoj, ali i uporednoj praksi.

U pogledu trenutne razvijenosti zaštite potrošača Benöhr objašnjava da se uloga potrošača značajno promijenila posljednjih decenija pod uticajem globalizacije, ali i da je, u određenoj mjeri, liberalizacija glavnih aspekata potrošačkog prava pospiješila kompetentnost i mogućnost izbora od strane potrošača.<sup>1</sup> Benöhr smatra da se kao glavne odlike zaštite prava potrošača moraju javiti ekonomičnost, efikasnost, sloboda i pravda, ali i da je pristup pravdi otežan iz razloga neefikasne procedure za ostvarenje zaštite i troškovnih prepreka. Jovanović-Zattila smatra da se sudska zaštita treba tretirati kao preventivna, a upravna kao reaktivna mjera, ali i da upravna zaštita sve više preuzima ulogu suda.<sup>2</sup> Autorka ističe da sudska zaštita putem kolektivnih tužbi za cilj ima obeštećenje povjerilaca, ali da je problem u priznavanju kolektivne odštete uglavnom posljedica nezadovoljavajuće konceptualizacije kolektivnih interesa potrošača. Zaštita kolektivnih interesa potrošača posmatra se u tri pravca: kao vansudsko rješavanje sporova, upravnu zaštitu i sudski model.<sup>3</sup> Posebno naglašava da sudski model garantuje ultimativno ustavno pravo na pristup pravdi.

S obzirom na trenutno stanje razvoja oblasti zaštite kolektivnih interesa potrošača polazimo od pitanja da li sudski model zaštite kolektivnih interesa potrošača, u postupcima po kolektivnoj tužbi, obezbjeđuje najefikasniju i najdjelotvorniju zaštitu interesa potrošača, te da li odusustvo pojašnjenja/postojanja definicija pojmova kolektivni interes potrošača i potrošač onemogućavaju potpunu zaštitu kolektivnih interesa, odnosno, da li su efekti upravne i vansudske zaštite ekvivalentni zaštiti pred sudom.

<sup>1</sup> Iris, Benöhr, *EU Consumer Law and Human Rights*, Oxford University Press, Oxford, United Kingdom, 2013, str. 77–96, 175–209.

<sup>2</sup> Milena, Jovanović Zattila, *Koncept kolektivne zaštite potrošača – put kojim se ređe ide*, Anali Pravnog fakulteta Univerziteta u Zenici, 2014, str. 33–54.

<sup>3</sup> Christopher, Hodges, „Current discussions on consumer redress: collective redress and ADR“, *ERA Forum Journal*, 2012, DOI 10.1007/s12027-011-0245-5, str. 1–23.

Cilj istraživanja je i motivisati nacionalnog, ali i evropskog zakonodavca da preduzmu odlučnije korake u oblasti sprovođenja zaštite kolektivnih interesa potrošača, kao i da podstakne uvođenje rješenja koja mogu ublažiti postojeće probleme (problem finansiranja postupka, formulacije i određivanja visine tužbenog zahtjeva, određivanja granica pravosnažne presude) kako bi se obezbijedila dijalektička povezanost materijalnog i procesnog prava u materiji zaštite kolektivnih interesa potrošača.

## METODE

Radi sveobuhvatnog istraživanja u radu su upotrijebljeni metod analize, sinteze, indukcije, dedukcije, metod studije slučaja, kao i komparativni i dogmatički metod. U prvom redu istraživanja je i normativni metod.

Osnovna tehnika prikupljanja podataka jeste analiza sadržaja tekstova relevantnih pravnih i naučnih dokumenata. Kvalitetu odbrane izabrane teme doprinijelo je korišćenje brojne raspoložive literature u ovoj oblasti. Metod analize je upotrijebljen pri određivanju predmeta istraživanja, prilikom izučavanja položaja potrošača na tržištu, kao i funkcije modela zaštite kolektivnih interesa potrošača, posebno sudskog modela. Dodatno, sistemska analiza predmeta istraživanja omogućila je da se problem određivanja i ostvarenja kolektivne zaštite sagleda u odnosu na njegov značaj u društvu.

Komparativni metod je od značaja prilikom izučavanja modela zaštite kolektivnih interesa simultanim izučavanjem sličnosti i razlika, kao i utvrđivanjem njihovih relacija. Metod sinteze se koristi radi povezivanja prikupljenih podataka i drugih činilaca istraživanja, a u cilju tumačenja i objašnjenja naučno selektovane građe i izvođenja zaključaka u odnosu na postavljena istraživačka pitanja.

Ciljevi istraživanja podrazumijevaju naučno objašnjenje i naučna rješenja i za potrebe izvođenja ovakvih zaključaka je upotrijebljen metod indukcije, kao i metod dedukcije, posredstvom kojih je došlo do zaključaka o predmetu istraživanja, potrebi unapređenja zaštite kolektivnih interesa potrošača i određenih aspekata postupka po kolektivnoj tužbi.

Kao ograničenje istraživanja ističe se teorijski problem kompleksnosti naučnih rješenja i raznolikost regulisanja postupaka po kolektivnoj tužbi u nacionalnim pravima, kao i ograničen broj sudskih slučajeva u uporednom pravu i Crnoj Gori. Prvo ograničenje potiče od toga što se radi o relativno mladoj grani prava koja još uvijek nije uspjela da razdvoji i kreira efikasan i kompletan sistem zaštite, kao i u tome što je evropski zakonodavac tek skoro odlučio da uniformiše sudski model zaštite na nivou EU. Ograničenje efikasnoj zaštiti nalazi se u nedovoljno praktično primjenjivim rješenjima koja se nastoje prevazići ovim istraživanjem.



## REZULTATI

### Razjašnjenje terminoloških nedoumica i definisanje osnovnih pojmova

Kolektivna zaštita tj. zaštita kolektivnih interesa (engl. *collective redress*) podrazumijeva proceduralni mehanizam koji omogućava da se veći broj tužbenih zahtjeva, u duhu procesne ekonomije i efikasnosti, spoji u jedan postupak, na koji način se povećava pristup pravdi u slučajevima kada su pojedinačne štete male da bi bilo necjelishodno voditi pojedinačni postupak.<sup>4</sup> U kraćem, podrazumijeva dobijanje satisfakcije za pretrpljenu povredu prava.<sup>5</sup> *Collective redress* je termin koji se upotrebljava u EU, a kako bi se izbjeglo poistovjećivanje sa terminom *class action* koji se koristi u Sjedinjenim Američkim Državama. Kroz pojam kolektivne zaštite evropski zakonodavac označava postupak koji je često širi od samog značenja kolektivne tužbe.<sup>6</sup> U potrošačkom pravu to bi značilo upostavljanje dovoljnih i efikasnih sredstava putem kojih potrošači štite svoja prava i ostvaruju pristup pravdi.<sup>7</sup> Ostvarivanje kolektivne zaštite se, prema Direktivi, ostvaruje podnošenjem tužbe sudu ili administrativnom tijelu.<sup>8</sup>

Kako je i istakao Džon Kenedi, u svojoj Deklaraciji o zaštiti potrošača iz 1962. godine, potrošači uključuju sve nas i jesu najveća privredna grupa. Danas zaštita potrošača predstavlja posebno pregovaračko poglavlje za buduće članice EU. Načelo minimalne usklađenosti dovelo je do situacije u kojoj države mogu da propišu stroža pravila od usvojenih u EU, što povlači neujednačenost prava država članica pri definisanju osnovnih pojmova i stvara različit stepen razvijenosti sistema kolektivne zaštite. Neusklađenost definisanja postoji i u okviru same EU. Pored velikog broja i neusklađenih definicija pojma *potrošač* Direktiva definiše da se radi o bilo kojoj fizičkoj osobi koja djeluje u svrhe koje prelaze njene trgovinske, poslovne, komercijalne i profesionalne djelatnosti.<sup>9</sup>

Pitanje neuniformnosti prilikom definisanja pojmova vezuje se za pristup u regulisanju određene oblasti, pa tako domaće pravo, ali ni prava nekih susjednih država, poput Bosne i Hercegovine ili Srbije, ne daju definiciju kolektivnih interesa.

Uredbom o saradnji nacionalnih organa u sprovođenju zaštite potrošača, EU je kolektivne interese potrošača odredila kao interese određenog broja potrošača koji jesu ili je vjerovatno da će biti oštećeni usljed povrede tj. nepostupanja

<sup>4</sup> *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Towards a European Horizontal Framework for Collective Redress*, COM (2013) 0404 final od 11. 6. 2013. g.

<sup>5</sup> Ramsay, I. D. C., „Consumer redress mechanisms for poor quality and defective products“, University of Toronto, *Law Journal* 31, 1981; str. 117.

<sup>6</sup> Christopher, Hodges, *The Reform of Class and Representative Actions in European Legal Systems – A new framework for collective redress in Europe*, Studies of the Oxford Institute of European and Comparative Law, Hard Publishing, 2008; str. 33.

<sup>7</sup> Mateja, Đurović; Eleni, Kaprou, „Collective redress as a ideal model of consumer redress in the European Union“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020; str. 172.

<sup>8</sup> Čl. 7 st. 1 Direktive.

<sup>9</sup> Čl. 3 st. 1 tačka 1 Direktive.

po propisima.<sup>10</sup> Direktivom o sudskim nalogima za zaštitu kolektivnih interesa, kolektivni interesi su negativno određeni, kao interesi koji ne čine kumulaciju interesa pojedinaca.<sup>11</sup> Novom Direktivom je propisano da kolektivni interesi predstavljaju opšti interes potrošača, posebno kada su u pitanju mjere naknade štete, interesi grupe potrošača. Usvojenom definicijom je ostalo nejasno ono što je kroz negativnu definiciju bilo najprije određeno, da li se zapravo radi o zbiru interesa potrošača. Sa druge strane, pravna teorija pojašnjava da kolektivni interesi prevazilaze pojedinačne interese i ne predstavljaju samo njihov zbir.<sup>12</sup>

## Mehanizmi zaštite kolektivnih interesa potrošača

Uvođenje mehanizama zaštite kolektivnih interesa predstavljalo je izazov u EU, najprije jer su nepoznati u evropskom pravu naspram klasičnih proceduralnih principa u državama članicama, a potom je izazov bila i nadležnost EU da uvede i uspostavi takve procedure. Relativno zajedničke karakteristike modela zaštite kolektivnih interesa ogledaju se u postojanju značajnog broja potrošača čija prava i interesi su povrijeđeni istom radnjom trgovca, koji teže da u privatnom ili javnom postupku štite svoja prava i interese, kroz izbor između *opt-in* ili *opt-out* modela, a što u krajnjem ima za cilj da omogući što je veći pristup pravdi.<sup>13</sup> Države članice trebale bi da obezbijede pravičan, efikasan i transparentan mehanizam u kojem potrošači mogu da istaknu svoje zahtjeve, žalbe i ostvare svoja prava.<sup>14</sup>

## Kriterijum efikasnosti

Istraživačko pitanje u radu predominantno je postavljeno tako da odgovori na pitanje da li se sudskim modelom zaštite kolektivnih interesa obezbjeđuje najefikasnija zaštita potrošačima, te da li bi takav mehanizam zaštite mogao odgovoriti svim državama članicama EU, kao i Crnoj Gori. Kao dva osnovna cilja koja postupak zaštite kolektivnih interesa treba da ostvari prepoznamo: efikasnost postupka (procesna efikasnost) i pristup pravdi.<sup>15</sup>

Efikasnost treba shvatati u određenoj mjeri na način kako se to čini u procesnoj teoriji, a što podrazumijeva sprovođenje postupka uz minimalno potrošenog

<sup>10</sup> Regulation EC 2006/2004 of the European Parliament and of the Council on cooperation between national authorities responsible for the enforcement of consumer protection laws, od 27. 10. 2004. godine, čl. 3.

<sup>11</sup> Directive 98/27/EC of the European Parliament and of the Council on injunctions for the protection of consumers' interests, od 19.05.1998. godine, stav 2 preambule.

<sup>12</sup> Marko, Baretić, „Individualna i kolektivna zaštita potrošača u hrvatskom pravu“, u: Tomljenović, Vesna, Čulinović, Herc, Edita, Butorac Malnar, Vlatka, *Republika Hrvatska na putu prema Evropskom pravosudnom području – rješavanje trgovačkih i potrošačkih sporova*, Pravni fakultet sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009; str. 247–250.

<sup>13</sup> Neil, Andrews, Fundamentals of multi-party or collective litigation: reflections from the perspective of England, University of Cambridge, Legal studies research paper, br. 21, 2014; str. 3–4.

<sup>14</sup> United Nations Guidelines for Consumer Protection 2003, as expanded in 1999, New York; str. 15.

<sup>15</sup> Alexia, Pato, *Cross-Border Collective Redress in the European Union and Private International Law Rules on Jurisdiction*, Pravni fakultet, Univerzitate Autónoma u Madridu, Madrid, 2017; str. 24.

vremena, sredstava i uz minimalno trošenje rada.<sup>16</sup> Tome treba dodati i djelotvornost nacionalnog prava da zaštitu učini lakšom i pristupačnijom.<sup>17</sup> U tom smislu željena efikasnost postupka bi značila ne samo efikasnost kao usko shvatanje procesne ekonomije, već i uravnotežen, cjelokupan mehanizam koji je usmjeren na ostvarivanje prava zagantovanih zakonom, a koji je oslobođen nepotrebnosti u smislu troškova i procesnih zahtjeva, te postupak koji je pouzdan i pravičan.<sup>18</sup>

Pravo potrošača na pristup pravdi je manifestacija prava koje je utemeljeno članom 6 EKLJP.<sup>19</sup> Iako ne postoji definicija pojma pravde<sup>20</sup>, težnja je postići ciljeve koje pojam postavlja, a što obuhvata pravo na efikasan pristup organu za rješavanje spora; pravo na fer postupak; pravo na pravovremeno rješavanje nastalog spora; pravo na obeštećenje, kao i ostvarenje principa efikasnosti i efektivnosti.<sup>21</sup> Iako do sada Sud pravde Evropske unije nije tumačio princip „*djelotvornog pravnog sredstva*“ u svjetlu kolektivne zaštite, isti se treba tumačiti što je moguće šire kako bi se obezbijedio efikasan odgovor na povrede prava<sup>22</sup>.

### Kolektivna zaštita u SAD – preteča evropskog modela

Još od donošenja Zakona o zaštiti potrošača 1972. godine u SAD postoji uticaj američkog modela na evropsko zakonodavstvo u oblasti zaštite potrošača.<sup>23</sup> Jedinstvena tužba kojom se pokreće postupak je takozvana *class action*. *Class action* obuhvata pravnu proceduru koja omogućava da određeni broj ljudi tj. grupa (*class*), a u njihovo ime jedno lice (engl. *representative plaintiff*) pokrene postupak protiv istog tuženog u vezi povrede prava koja se baziraju na istoj ili sličnoj pravnoj i činjeničnoj osnovi, pri čemu je *representative plaintiff* stranka, dok su članovi grupe najčešće neodređeni, ali vezani konačnom presudom.<sup>24</sup> Prednost američkog modela jeste u tome što ima kapacitet da obuhvati veliki broj potrošača

<sup>16</sup> Alan, Uzelac, Kann Effizienz der Justiz gemessen werden? Versuch eines Vergleichs der europäischen Justizsysteme, Varšava, Poljska, u: Gottwald, Peter, 2006, Effektivität des Rechtsschutzes vor statlichen und privaten Gerichten, Bielefeld Gieseking, 2006/01, VII, 2005; str. 42.

<sup>17</sup> Paula, Poretti, „Sudska zaštita prava potrošača – (naj)bolji put?“, *Zbornik Pravnog fakulteta Sveučilišta u Rijeci*, 2018, <https://doi.org/10.30925/zpfsr.39.1.18>; str. 540.

<sup>18</sup> Horst, Eidenmüller, Martin Fries, Martin, „Against False Settlement: Designing Efficient Consumer Rights Enforcement Systems in Europe“, *SSRN Journal*, 2014 u: Micklitz, Hans-W, Wechsler, Andrea, *The Transformation of Enforcement: European Economic Law in Global Perspective*, Oxford, Hart Publishing, 2016; str. 102.

<sup>19</sup> Mateja, Durović; Hans, Micklitz Hans, *Internationalization of Consumer Law-A Game Changer*, Springer International Publishing, SpringerBriefs in Political Science, 2017; str. 20.

<sup>20</sup> Selma, Mezetović Međić, „Aktivna legitimacija u postupcima kolektivne zaštite – ima li mjesta za advokate?“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd; 2020; str. 205.

<sup>21</sup> „European Union Agency for Fundamental Rights, 2010, Access to justice in Europe – an overview of challenges and opportunities“, *Publications Office of the European Union*; str. 14.

<sup>22</sup> S. I. Strong, *Regulatory Litigation in the European Union - Does the U.S. Class Action Have a New Analogue?*, University of Missouri, research paper br. 2012–25, str. 46.

<sup>23</sup> Jasna, Pak, *Pravna zaštita potrošača osiguranja sa posebnim osvrtom na građansku odgovornost posrednika i zastupnika osiguranja*, materijal sa savjetovanja u Privrednoj komori Srbije, 2006.

<sup>24</sup> Rachael, Mulheron, „The Class Action in Common Law Legal Systems“, *Hart Publishing*, 2004; str. 3.

i time stvori visok nivo odštete, a za nisku cijenu spram koristi koja se dobija.<sup>25</sup> Ipak, poseban razlog negativnog stava evropskog zakonodavca prema *class action* jeste veliko profitiranje advokata i predstavnika potrošača, negoli samih potrošača, dugotrajna i skupa procedura uzrokovana nepredvidivim troškovima (honorarima) zastupnika, a zatim i odraz rezultata spora na lica koja nijesu ni upoznata sa postupkom.<sup>26</sup> Smatra se da *class action* ni nema za primarni cilj zaštitu potrošača, već je riječ o potrebi kažnjavanja trgovaca kojem se oduzima dobit koja je stečena protivno zakonu.<sup>27</sup> Još jedan od razloga negativnog stava jeste i način finansiranja. Sistem finansiranja u američkom modelu obećava naknadu štete, uz minimalan finansijski rizik na strani potrošača zbog čega je privlačan za iste.<sup>28</sup> Finansiranje u *class action* se vrši putem *contingency fees*, čime se rizik finansiranja i gubitka prebacuje sa potrošača na advokata.<sup>29</sup> Tuženi naknađuje svoje troškove i troškove tužioca, ako tužilac uspije u sporu, dok i u slučaju neuspjeha spora tužilac nije obavezan da naknadi troškove tuženog.<sup>30</sup> U tom slučaju naknađuje svoje troškove i troškove advokata.<sup>31</sup> Naknada može biti određena procentualno od iznosa spora, odnosno metodom *lodestar* koja podrazumijeva množenje dnevne cijene rada sa satima koji su utrošeni, ali tako da predstavlja razumno utrošeno vrijeme.<sup>32</sup>

## Upravni model v. sudski model

Jasna podjela između upravne i sudske zaštite nije u potpunosti uspostavljena s obzirom na sve šira ovlašćenja organa uprave<sup>33</sup>. Postupak upravne zaštite potrošača (engl. *administrative*) treba razlikovati od postupka koji sporovodi javna agencija ili drugo tijelo (npr. ombudsman) što predstavlja javnopravne i vansudske mehanizme zaštite.<sup>34</sup> Uvođenje zaštite potrošača kroz upravni postupak teži izbjegavanju sudskog modela, pri čemu se osnov takvog djelovanja prepoznaje u preventivnoj ulozi koju ima upravni postupak, čime se sprečava nastanak ne-

<sup>25</sup> Richard, Nagareda, *Aggregate Litigation across the Atlantic and the Future of American Exceptionalism*, Vanderbilt University Law School, volume 62, no. 1, 2009; str. 28, dostupno na: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1114858](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1114858), pristup dana 24. 4. 2022. godine.

<sup>26</sup> Milena, Jovanović Zattila, op. cit., str. 43.

<sup>27</sup> Norbert, Reich, „Horizontal Liability in EC Law: Hybridization of remedies for compensation in case of breaches of EC Rights“, *Common Market Law Review*, volume 44, issue 3, 2007; str. 705–742.

<sup>28</sup> Mateja, Đurović, Eleni, Kaprou, op. cit., str. 164–165.

<sup>29</sup> Samuel, Issacharoff, Geoffrey, Miller, Will *Aggregate Litigation Come to Europe?*, *Vanderbilt Law Review*, volume 62, issue 1, 2009, str. 198–199.

<sup>30</sup> Charlotte, Leskinen, *Collective actions: Rethinking funding and national cost rules*, *The competition law review*, knjiga 8, broj 1, ISSN 1745-638X, 2011; str. 105.

<sup>31</sup> Edward, Cavanagh, „Attorneys’ Fees in Antitrust Litigation: Making the System Fairer“, *Fordham Law Review*, volume 57, issue 1, 1988; str. 54.

<sup>32</sup> Vidi: Sherman, Edward, *American Class Actions: Significant Features and Developing Alternatives*, 215 Federal Rules Decisions 130, 2003.

<sup>33</sup> Tatjana, Jovanić, „Upravnopravna zaštita potrošača“, *Anali Pravnog fakulteta Univerziteta u Beogradu*, volume 61, br. 2, 2013; str. 312.

<sup>34</sup> Jelena, Jerinić, „Posebnosti upravnog postupka za zaštitu kolektivnog interesa potrošača“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020; str. 104.

gativnih posljedica po potrošače, ali i korektivnoj ulozi koja se ogleda u uticaju na nezakonito poslovanje trgovaca.<sup>35</sup> Zaštita u upravnom postupku može se javiti kao preventivna ili reaktivna, a može da obuhvati i sprovođenje inspekcijuskog nadzora.<sup>36</sup> Nadležni organ u upravnom postupku donosi mjere koje su usmjerene na zaštitu potrošača (npr. nalaganje obustave vršenja djelatnosti, izricanje kazne, naredba sa prestankom vršenja određene nezakonite prakse), ali je za potpun i djelotvoran efekat ovakvih mjera i sankcija najčešće potrebna sudska odluka.<sup>37</sup> Mišljenja smo da mjere, oblast djelovanja i efekti upravne zaštite potrošača, ne mogu da zamijene zaštitu pred sudom.<sup>38</sup> Mjere koje se donose u upravnom postupku nijesu adekvatne definiciji pasivne legitimacije u postupku kolektivne zaštite, jer se isti izriču najčešće prema pojedinačnim trgovcima. Potrošač u upravnom postupku ne dobija naknadu štete, već se zbog iste najčešće opet obraća sudu u pojedinačnom postupku.<sup>39</sup> U uporednom pravu je rijetkost da se ova zaštita povjere isključivo upravnim organima.<sup>40</sup>

### Vansudski modeli zaštite

Alternativni načini rješavanja sporova (engl. *alternative dispute resolution*, u daljem tekstu: ADR) kao vansudski mehanizmi, poput upravnog modela, razvili su se kao odgovor na probleme koji se javljaju u postupcima pred sudom<sup>41</sup>. Kao najčešći oblici ADR javljaju se arbitraža, medijacija, pomirenje, postupak pred ombudsmanom i sl.<sup>42</sup> Prema kriterijumu efikasnosti prednost ADR u odnosu na sudski model je u brzini odlučivanja, kao i većoj dostupnosti obzirom na troškove.<sup>43</sup> ADR mehanizmi su fleksibilniji i prema tome pogodni za rješavanje prekograničnih sporova, međutim iz razloga dobrovoljnosti često ne predstavljaju pretežan način rješavanja potrošačkih sporova.<sup>44</sup> Kao generalni nedostatak ADR postupaka u odnosu na sudski prepoznato je to što se sporazum strana može u velikoj mjeri odaljiti od osnova spora, ali i to što medijatori mogu posredno i u

<sup>35</sup> Stevan, Lilić, Katarina, Toskić, „Inspekcijски nadzor i kolektivna zaštita potrošača u upravnom postupku: studija primera na slučaju Supernova“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020; str. 132.

<sup>36</sup> Slobodan, Vukadinović, „Mehanizmi kolektivne zaštite potrošača od nepravilnih ugovornih odredaba“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020; str. 230–231.

<sup>37</sup> Hans, Micklitz, Saumier, Geneviève, „Enforcement and Effectiveness of Consumer Law“, *Springer, volume 27*, Amsterdam, 2018; str. 13–14.

<sup>38</sup> Jelena, Jerinić, op. cit., str. 119–120.

<sup>39</sup> *Ibid*; str. 147; U pravu Slovenije dato je pravo upravnom organu da odluči o naknadi štete (*član 12 stav 2 Zakona o varstvu potrošnikov pred nepoštenimi poslovni praksi, Uradni list RS br. 53/07*).

<sup>40</sup> Stevan, Lilić, Katarina, Toskić, op. cit., str. 134.

<sup>41</sup> Paula, Poretti, op. cit., str. 537.

<sup>42</sup> Katherine, Stone, „Alternative Dispute Resolution“, University of California, Los Angeles, *Public law and legal theory research paper series*, research paper no. 04-30, 2004; str. 1–3.

<sup>43</sup> Paula, Poretti, op. cit., str. 547.

<sup>44</sup> Christopher, Hodges, 2010, op. cit., str. 11–12.

većoj mjeri vršiti (ne)svjestan pritisak na strane kako bi postigle dogovor,<sup>45</sup> dok je pretežna karakteristika sudstva njegova nezavisnost i objektivnost.

Kao sve češći mehanizam zaštite prava potrošača javlja se postupak zaštite pred ombudsmanom. Ombudsman se u principu bavi individualnim kršenjem prava potrošača, zbog čega inicijalno nije najpogodniji mehanizam zaštite kolektivnih interesa, ali bi eventualnim usavršavanjem i unapređenjem ovlašćenja mogao zauzeti takvu ulogu,<sup>46</sup> a što bi dovelo do okončanja sporova u ranim fazama.<sup>47</sup> Ombudsmeni mogu imati razna ovlašćenja, od donošenja obavezujućih odluka, preko prijema pritužbi na rad trgovaca, do mogućnosti da pokrenu parnični postupak pred sudom.<sup>48</sup> Tako je Bosna i Hercegovina osnovala Ombudsmana za zaštitu potrošača,<sup>49</sup> koji je ovlašćen da pokrene postupak po kolektivnoj tužbi.<sup>50</sup> U Švedskoj specijalizovani Potrošački ombudsman je ovlašćen da pokrene postupak kolektivne zaštite protiv trgovca, kada to opravdava javni interes, a u vezi usluga koje su uglavnom namijenjene za privatnu upotrebu.<sup>51</sup> Ipak, zaštita kolektivnih interesa je ograničena ukoliko nacionalni sistem ombudsmanu povjerava samo ulogu kontrole rada državnih organa i trgovaca,<sup>52</sup> a što najčešće jeste slučaj. Uporednim pregledom ovlašćenja koja mogu imati ombudsmeni, izricanje sankcija je suštinski određeno za sudski postupak.<sup>53</sup> Institut ombudsmana preporučljiv je i prihvatljiv za one države koje imaju tradiciju rješavanja spora pred istim.<sup>54</sup>

Institut ombudsmana može biti veoma značajan radi objašnjenja i uvođenja aspekta filtracije neosnovanih tužbi prije nego iste dođu pred sud i stvore troškove,<sup>55</sup> tako je recimo u Italiji predviđeno da će se tužba proglasiti neprihvatljivom ukoliko je očigledno neosnovana ili ako postoji sukob interesa,<sup>56</sup> dok je u Hrvatskoj ovo pitanje riješeno kroz prethodno ispitivanje ozbiljnosti povrede prava potrošača.<sup>57</sup> Švedska uvodi razloge prihvatljivosti kojima se ispituje da li su

<sup>45</sup> Christopher, Hodges, 2010; op. cit., str. 24.

<sup>46</sup> Borko, Mihajlović, „Zaštita kolektivnih interesa potrošača kroz oblike alternativnog rešavanja sporova“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020; str. 303.

<sup>47</sup> Christopher, Hodges, op. cit., str. 64–68.

<sup>48</sup> Hans, Micklitz, Saumier, Genevieve, op. cit., str. 15–16.

<sup>49</sup> Ombudsman za zaštitu potrošača u Bosni i Hercegovini, postoji od 2007. godine; <http://ozp.gov.ba/naslovnica>.

<sup>50</sup> Član 103, stav 1, tačka c Zakona o zaštiti potrošača u Bosni i Hercegovini (*Službeni glasnik BiH, br. 25/2006 i 88/2015*).

<sup>51</sup> Slobodan, Vukadinović, op. cit., str. 238; Per Henrik, Lindblom, Group litigation in Scandinavia, *ERA Forum*, 2009; str. 7–35.

<sup>52</sup> *Ibid*, str. 238–244.

<sup>53</sup> Hans, Micklitz, Saumier, Genevieve, op. cit., str. 9–10.

<sup>54</sup> Borko, Mihajlović, op. cit., str. 307.

<sup>55</sup> Christopher, Hodges, 2010; op. cit., str. 12.

<sup>56</sup> Prema članu 140 bis, stav 6 Dekreta od 6. 12. 2005. godine, br. 206 (*Consumer Code*) ispituju se postupno četiri kriterijuma, koja se odnose na utvrđivanje identičnost tužbenih zahtjeva, preliminarno materijalnu osnovanost tužbe, sposobnost predstavnika da predstavlja tužioce i postojanje sukoba interesa.

<sup>57</sup> Mladen, Pavlović, „Značaj tužbe za zaštitu kolektivnih interesa i prava“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta u Splitu*, god. 52, 3/2015, 2015; str. 803.



okolnosti svih pojedinačnih slučajeva slični, da kolektivni postupak nije neprikladan, da li je grupa adekvatno definisana u pogledu vrijednosti tužbenog zahtjeva, obima, kao i adekvatnosti reprezentativnog tijela da zastupa potrošače.<sup>58</sup> Kako je faza ispitivanja prihvatljivosti tužbe već poznata u nekim državama članicama, smatramo da je bilo opravdano, a sa aspekta harmonizacije poželjno, da se ovaj institut uvrsti u redove Direktive.

### **Evropski model zaštite kolektivnih interesa potrošača – neuspjeh Preporuke i uspostavljanje harmonizacije direktivom**

Donošenjem Preporuke Komisije 2013/396/EZ od 11. 6. 2013. godine o zajedničkim načelima o kolektivnim zahtjevima za zabranu postupanja i kolektivnim zahtjevima za naknadu štete (dalje: Preporuka) uspostavljeni su principi zaštite koji počivaju na prihvatljivosti kolektivne akcije, poziciji reprezentativnog tijela, uslovima kako bi isto postupalo u najboljem interesu potrošača, *opt-in* modelu, uz izuzetak postojanja *opt-out* modela kada je to opravdano razlozima pravde, obavezi informisanja potrošača, principu gubitnik plaća, kao i dobrovoljnom uspostavljanju sporazumnog rješavanja potrošačkih sporova<sup>59</sup>. Preporuka je imala za cilj da promoviše generalne principe i time dovede do konzistentnosti i ujednačenosti mehanizama zaštite u državama članicama, da promoviše pravni okvir koji treba da bude efikasan za pojedince, da izbjegne zloupotrebu mehanizama, ali i da pokrene diskusiju koja bi dovela do stvaranja prava u oblasti kolektivne zaštite<sup>60</sup>. EK je isticala da se principi iskazani Preporukom trebaju primijeniti na sve oblasti u kojima se garantuju kolektivna prava, poput zaštite potrošača, ali i zaštite konkurencije, životne sredine, ličnih podataka, korisnika finansijskih usluga i investitora.<sup>61</sup> Ipak, Preporuka nije uspjela da obezbijedi obuhvatan pravni okvir za postupke kolektivne zaštite, već su nacionalna prava ostala podijeljena u regulisanju.<sup>62</sup> Dalje je 2018. godine donijet *New Deal for Consumers* koji je obuhvatio i predlog Direktive kojom je usvojen mehanizam zaštite sa svojim specifičnosti, a kako dalje objašnjavamo.

### ***Race to the courthouse* – ovlašćenje na pokretanje postupka kolektivne zaštite i pasivna legitimacija**

Preporukom je aktivna legitimacija data u ovlašćenje predstavničkim tijelima uz ispunjavanje minimalnih uslova, a što su neprofitni karakter, veza između ciljeva tijela i prava koja su data potrošačima, kao i da tijelo posjeduje dovoljno kapaciteta u pogledu finansija, ljudskih resursa i pravnog iskustva<sup>63</sup>. Direktiva koristi

<sup>58</sup> Sekcija 8 švedskog *Group Proceedings Act* (2002: 599).

<sup>59</sup> Christopher, Hodges, 2020; op. cit., str. 276.

<sup>60</sup> Alexandre, Biard, *Collective redress in the EU: a rainbow behind the clouds?*, *ERA Forum*, 2018; str. 189–204 <https://doi.org/10.1007/s12027-018-0509-4>.

<sup>61</sup> Stefaan, Voet, „European Collective Redress: a status questionis“, *International Journal of Procedural Law*, vol 4/2014/01, 2014; str. 1–26 .

<sup>62</sup> Alexandre, Biard, op. cit., str. 189–204.

<sup>63</sup> Član 4 Preporuke.



termin kvalifikovano tijelo koje mora kumulativno da ispuni određene uslove (i) da je pravno tijelo koje je osnovano u skladu sa nacionalnim pravom države članice i koje je najmanje 12 mjeseci djelovalo u cilju zaštite interesa potrošača, (ii) statusni cilj ima legitiman interes za zaštitu prava potrošača koja su garantovana pravom EU, (iii) ima neprofitni karakter, (iv) nije u postupku likvidacije, (v) nezavisno je od trgovaca, posebno kada je riječ o finansiranju, (vi) čini javno dostupnim plan djelovanja i određene informacije.<sup>64</sup> Specifičnost aktivne legitimacije u postupcima kolektivne zaštite, tj. ovlaštenja lica da pokrene postupak, jeste u tome što nijedan član ugrožene grupe nije legitimisan da pokrene postupak pred sudom po tužbi.<sup>65</sup>

U literaturi se pravi razlika između dvije grupe potrošačkih organizacija u cilju uspostavljanja bolje kontrole nad radom istih. Prva grupa bi obuhvatila organizacije koje zastupaju interese kreirane od strane država članica, te u tom cilju bi morale ispuniti određene kriterijume propisane zakonom, dok bi druga vrsta obuhvatila potrošačke organizacije koje su sertifikovane za postupanje u postupcima po kolektivnoj tužbi, a osnivaju se na *ad hoc* bazi<sup>66</sup>. Direktiva ne pravi ovu razliku već minimum uslova određuje za svako kvalifikovano tijelo.

Jedna od osnovnih prepreka ka potpunoj zaštiti potrošača od strane predstavičkih organizacija je pitanje njihove kompetentnosti i kvalifikovanosti.<sup>67</sup> Cilj EU je da pruži efikasnu zaštitu potrošačima, ali kada su u pitanju potrošačke organizacije javlja se pitanje mogućnosti organizacije da se izbori sa mogućim uporednim postupcima u kojima je potrebno djelovati.<sup>68</sup> Navedeno bi zahtijevalo širenje ljudskih kapaciteta, što može biti ekonomski nepodnošljivo, zbog čega se i javljaju predlozi za formiranjem *ad hoc* predstavničkih organizacija.<sup>69</sup> Kao jedno od pitanja javlja se motivisanost potrošačkih organizacija da djeluju u najboljem interesu potrošača, što se donekle opet svodi na pitanje finansijskog interesa.<sup>70</sup>

Preporuka je odredila da države članice kao dodatak, odnosno, alternativno, mogu ovlastiti javna tijela da pokrenu postupak po kolektivnoj tužbi.<sup>71</sup> Direktiva takođe daje mogućnost da država članica oformi javno tijelo koje će zastupati potrošača, uz poštovanje već opisanih uslova.<sup>72</sup>

Javna (regulatorna) tijela, tj. agencija, a najčešće ombudsmani kao javna tijela, nijesu u poziciji da se nose sa masovnim zahtjevima potrošača i da ih zastupaju na najbolji način, jer su zavisni od finansijskih izvora i ljudskih resursa, što najčešće obezbjeđuju upravo vlade država članica.<sup>73</sup> Kao osnovni nedostatak

<sup>64</sup> Čl. 4 st. 3 Direktive.

<sup>65</sup> Mihajlo, Dika, *Novela zakona o parničnom postupku iz 2011*, Novi informator, Zagreb, 2011; str. 59.

<sup>66</sup> Više kod: Moodaliyar, Kasturi, Reardon, James, *Collective consumer redress in competition law – The EU green and white papers on private damages actions for breach of the EC antitrust rules and South African development*, draft paper; 2014; str. 10.

<sup>67</sup> Mateja, Đurović, Eleni, Kaprou, op. cit., str. 166.

<sup>68</sup> Selma, Mezetović Medić, op. cit., str. 202.

<sup>69</sup> *Ibid.*

<sup>70</sup> Selma, Mezetović Medić, op. cit., str. 202.

<sup>71</sup> Čl. 7 Preporuke.

<sup>72</sup> Čl. 4 st. 7 Direktive.

<sup>73</sup> Rita, Simon; Hana, Müllerová, *Efficient Collective Redress Mechanisms in Visegrad 4 Countries:*

delegiranja nadležnosti, u hibridnom modelu, prepoznajemo miješanje privatnog i javnog izvršenja tj. sprovođenja zaštite prava.<sup>74</sup>

Zadatak je onog koji sastavlja tj. podnosi kolektivnu tužbu da pažljivo ocijeni i targetira pasivno legitimisanog koji čini ili je učinio povredu prava potrošača, na način da se tužbom označi predstavnik/predstavništvo čitave grupe trgovaca kada je to neophodno,<sup>75</sup> zbog čega je pitanje pasivne legitimacije neophodno regulisati široko, posebno na način kako bi se obuhvatila i sva eventualno buduća kršenja prava potrošača.

### Finansiranje postupka po kolektivnoj tužbi kao pitanje pristupa pravdi

Finansiranje postupka kolektivne zaštite predstavlja značajno pitanje sa aspekta efikasnosti postupka. Pojedinci će pokrenuti postupak samo onda kada imaju koristi od takvog postupka i ako je iznos koji dobijaju veći od iznosa privatnih troškova<sup>76</sup>.

Prilikom uređenja načina finansiranja postupka kolektivne zaštite stav EU je bio da se finansiranje uredi tako da odmakne od načina finansiranja kako je to učinjeno u SAD-u, putem *contingency fees*.

Direktiva usvaja specifičan način finansiranja od strane trećih<sup>77</sup> za koji se smatra da omogućava veći pristup pravdi od strane potrošača<sup>78</sup>. Ovo posebno jer potrošači najčešće nemaju dovoljno sredstava da pokriju troškove parnice, odnosno, takvi bi troškovi bili neisplativi u odnosu na iznos koji bi im bio dosuđen. Radi postupanja u najboljem interesu potrošača neophodno je da finansiranje bude nezavisno. U tom pogledu i Direktiva posebno uređuje pitanje nezavisnosti kroz potencijalne sukobe interesa<sup>79</sup>. Onda kada finansijska sredstva treba da obezbijede potrošačke organizacije, interesantno je da li se iste javljaju kao privatni entiteti koje treba motivisati da pruže zaštitu ili kao državna tijela koja su zavisna<sup>80</sup>. Smatramo da u drugom slučaju može doći upravo do sukoba interesa između finansijera potrošačke organizacije i samih potrošača, naročito u slučajevima kada je finansijer ujedno i osnivač trgovca koji krši prava potrošača. Član 10 Direktive ipak nije u potpunosti jasan u pogledu otkrivanja finansijera – da li se otkrivanje čini samo prema nadležnom sudu ili je potrebno to činiti i prema suprotnoj strani

---

*an Achievable Target?*, Institute of State and Law of the Czech Academy of Sciences, Prag, 2019, ISBN 978-80-87439-39-5; str. 24.

<sup>74</sup> Iain, Ramsay, *Consumer law and policy: text and materials on regulating consumer markets*, Oxford and Portland Oregon, 3rd edition, 2012; str. 264.

<sup>75</sup> Alexia, Pato, *Cross-Border Collective Redress in the European Union and Private International Law Rules on Jurisdiction*, Pravni fakultet, Univerzitate Autónoma u Madridu, Madrid; 2017, str. 30.

<sup>76</sup> Roger Van der Bergh, „Private Enforcement of European Competition Law and the Persisting Collective Action problem“, *Maastricht Journal of European and Comparative Law*, ISSN 1023-263X volume 20, br. 1, 2013; str. 20.

<sup>77</sup> Član 10 Direktive u...

<sup>78</sup> Andrea, Pileta Massaro, „The new directive on an EU-wide representative action and third – party litigation funding: an opportunity for european consumers?“, *Revija kopaoničke škole prirodnog prava*, broj 1, Beograd, DOI: 10.5937/RKSPP2101095P, 2021; str. 98–99.

<sup>79</sup> Čl. 10 st. 2 Direktive u.

<sup>80</sup> Milena, Jovanović Zattila, op. cit., str. 48.

tj. tuženom<sup>81</sup>. Čini se da Direktiva postavlja ovaj zahtjev kada je u pitanju sud odnosno administrativno tijelo, dok širi pristup poznaju drugi propisi<sup>82</sup>. Usvajanjem člana 10 kojim je predviđeno finansiranje od strane trećih olakšava se pristup pravdi i zajedno sa kolektivnom zaštitom daje podsticaj slabijoj strani da podnese tužbu<sup>83</sup>. Problemi koji se mogu javiti jesu pitanje sudskog preispitivanja ugovora o finansiranju, mogućnost sukoba interesa između finansijera i stranke, kao i vezivanje efekta sporazuma sa sistemom *opt-in* ili *opt-out*<sup>84</sup>. Ipak smatramo da bi Direktivom trebalo predvidjeti i načine postupanja suda u slučaju kada utvrdi da postoji sukob interesa, kao i posljedice u slučaju da se utvrdi da potrošačke organizacije nemaju dovoljno finansijskih sredstava.

### Vrste tužbenih zahtjeva u kolektivnoj tužbi

Građansko procesno pravo poznaje više vrsta tužbi. Osnovni kriterijum koji se koristi prilikom podjele jeste vrsta i sadržina zahtjeva, pa prema tome razlikujemo: tužbu za osudu na činidbu (kondemnatorna), tužbu za utvrđenje (deklarativna) i tužbu za preinačenje (konstitutivna).<sup>85</sup> U konačnom tekstu Direktive kompenzatorna tužba se javlja kao pravilo, dok se deklaratorna presuda praktikuje u komplikovanijim procedurama.<sup>86</sup> U prvom slučaju, riječ je o tužbi kojom se traži mjera zabrane za prestanak prakse koja dovodi do povrede prava potrošača,<sup>87</sup> dok se u drugom slučaju radi o tužbi kojom se traži izricanje mjera popravljjanja štete potrošačima, koja obuhvata naknadu štete (eng. *compensation*), a njom se može tražiti i popravka, zamjena, sniženje cijene, raskid ugovora ili povraćaj cijene.<sup>88</sup> Tužbeni zahtjev shodno tome može egzistirati kao kumulacija više zahtjeva, odnosno, zahtjeva da se prekine određeno ponašanje, ali i zabrani ponavljanje u budućnosti.

Krug lica kojima se vrši naknada štete može biti neodređen, zbog čega se kao specifičnost zahtjeva ističe postojanje jedinstvene naknade štete koja nije puki zbir individualnih šteta,<sup>89</sup> već ima kompenzabilan karakter.

<sup>81</sup> Andrea, Pillea, Massaro, op. cit., str. 106.

<sup>82</sup> Tako član 237 stav 2 ELI – Unidroit model european rules of civil ovlašćuje sud da naredi tužiocu da izvor finansiranja otkrije strankama u postupku.

<sup>83</sup> Christopher, Hodges, 2019, op. cit., str. 62; Christopher, Hodges, Stefan, Vogenauer, Magdalena, Tulibacka, op. cit., str. 31.

<sup>84</sup> Andrea, Pillea Massaro, op.cit., str. 103–104.

<sup>85</sup> Albert, Zogaj i dr., *Praktičan vodič o parničnom postupku*, štamparija Blendi, Priština; 2019, str. 41–42.

<sup>86</sup> Džejna, Suljević; Edisa, Softić; Sefedin, Suljević, „Kolektivna zaštita kao novi koncept zaštite potrošača u Bosni i Hercegovini“, *Anali Pravnog fakulteta Univerziteta u Beogradu*, br. 22/2018, Pravni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2018; str. 94.

<sup>87</sup> Čl. 8 Direktive.

<sup>88</sup> Čl. 9 st. 1 Direktive.

<sup>89</sup> Marija, Karanikić Mirić, Kolektivna zaštita potrošača u srpskom pravu, *Anali Pravnog fakulteta u Zenici*, br.14, 2014; str. 80.

## Načini određivanja granica pravosnažne presude

Pitanje određivanja granica pravosnažne presude suštinski se rješava kroz dva načina: *opt-in* sistem u kojem pojedinac mora da preduzme određenu radnju kako bi bio vezan presudom, odnosno, *opt-out* sistem u kojem se takva radnja ne zahtijeva.<sup>90</sup> Razlike između dva sistema su brojne, ali je sa aspekta efikasnosti postupka kolektivne zaštite ključno uočiti kod kog modela prednosti preovlađuju nad nedostacima. Direktiva je dala mogućnost državama članicama, da obzirom na sopstvenu tradiciju odluče da li primijeniti *opt-in* ili *opt-out* sistem,<sup>91</sup> osim u posebnim slučajevima.<sup>92</sup> Ipak se čini da EU u generalnom naginje ka *opt-in* sistemu posebno kako bi zaštitila pravo izbora pojedinca za učešćem u parnici.<sup>93</sup>

Zanimljiv pristup izbora nalazimo u pravu Slovenije koja predviđa *opt-in* i *opt-out* sistem ostavljajući nadležnom sudu da odredi koji je princip najprikladniji za konkretan slučaj<sup>94</sup>, a što je prisutno i u pravu Belgije. Nakon što odluči da li je uopšte odgovarajuće da se postupak odvija po pravilima kolektivne zaštite, sud je ovlašćen da odluči koji sistem, *opt-in* ili *opt-out* će biti prikladniji za konkretan slučaj povrede prava potrošača ostavljajući rok u kojem potrošači odlučuju o (ne) priključivanju postupku<sup>95</sup>.

### *Opt-in v. opt-out*

Prednost *opt-in* sistema ogleda se u tome što se isti bazira na autonomiji volje pojedinca da (ne) učestuje u postupku.<sup>96</sup> Ipak potrošači u *opt-in* sistemu tehnički ne postaju stranke parničnog postupka,<sup>97</sup> već su to samo njihovi predstavnici. Vrijednost *opt-in* sistema određena je kroz pravo potrošača da donese informisanu odluku o tome da li želi da učestvuje u postupku, čime se i pojačava osnova kolektivne zaštite.<sup>98</sup>

U *opt-in* sistemu potrošač najčešće može u bilo kom trenutku da se priključi postupku, odnosno, istupi iz njega.<sup>99</sup> Takva situacija povlači situaciju neidentifikovane grupe potrošača, zbog čega je preporučeno da države odrede *cut-off* dan. *Cut-off* dan označava dan nakon kojeg potencijalni potrošač kome su povrijeđena prava više ne može da se priključi postupku.<sup>100</sup> Ovakav pristup pravi balans između interesa tužioca koji se nijesu priključili postupku i onih koji su već sastavni dio

<sup>90</sup> Mateja, Đurović, Eleni, Kaprou, op. cit., str. 168.

<sup>91</sup> Tačka 43 preambule Direktive.

<sup>92</sup> Vidi tačka 45 preambule Direktive.

<sup>93</sup> Mateja, Đurović, Eleni, Kaprou, op. cit., str. 168.

<sup>94</sup> Članovi 28 i 29 Zakona o kolektivnih tožbah (*Uradni list RS, št. 55/17*).

<sup>95</sup> Više kod: Aleksa, Radonjić, op. cit., str. 336–337.

<sup>96</sup> *The Law reform Commission of Hong Kong report*, 2012, dostupno na: <http://www.hkreform.gov.hk>; str. 7 izvještaja, pristup dana 22. 3. 2022. godine.

<sup>97</sup> *The Study Centre for Consumer Law*, 2007, „An Analysis and Evaluation of Alternative Means of Consumer Redress Other Than Redress Through Ordinary Judicial Proceedings“, str. 288.

<sup>98</sup> Stefaan, Voet, 2014; op. cit., str. 1–26.

<sup>99</sup> Članovi 22 i 23 Preporuke.

<sup>100</sup> *The Law reform Commission of Hong Kong report*, 2012, dostupno na <http://www.hkreform.gov.hk>; str. 7 izvještaja, pristup dana 23. 3. 2022. godine.

grupe potrošača koja želi da što prije okonča postupak.<sup>101</sup> Iako *opt-in* sistem omogućava veću predvidljivost i lakše upravljanje postupkom poštujući autonomiju volje, usljed neposjedovanja mehanizama koji obezbjeđuju potpunu informisanost potrošača isti mogu propustiti učešće u postupku.<sup>102</sup> Preporučljivo je pored zakonske regulative unapređivati i sisteme informisanja potrošača kako bi razvojem digitalnih resursa prijavljivanje bilo olakšano.<sup>103</sup> *Opt-in* sistem ne ostvaruje princip prema kojem se šteta nadoknađuje svima koji su štetu pretrpili, a koji je bio inicijalni razlog i princip uvođenja sistema kolektivne zaštite potrošača.<sup>104</sup> Sa druge strane javlja se i problem ispitivanja činjenica u svakom konkretnom slučaju i sprečavanje pridruživanja potrošača koji suštinski nijesu pretrpjeli štetu, a što može biti dugotrajno i skupo.<sup>105</sup> Prema tome, *opt-in* sistem može dovesti do komplikovanih procedura zbog čega se umanjuje efikasnost zaštite.<sup>106</sup>

*Opt-out* sistem je sistem koji poznaje američka *class action*, a koji podrazumijeva da se kolektivna zaštita ostvaruje u korist svih potrošača, koji ne moraju da izraze volju da učestvuju u postupku ili da budu vezani presudom. *Opt-out* sistem ne zahtijeva aktivno učešće žrtava povrede prava.<sup>107</sup> Ipak, kao razlog zalaganja za *opt-out* je upravo potreba da se zaštiti čitava klasa potrošača.<sup>108</sup> Sa druge strane, jedan od osnovnih razloga za nepodržavanje *opt-out* sistema jeste u nemogućnosti prikazivanja tačnog broja potrošača koji trebaju zaštitu, a prema tome i nemogućnosti procjene iznosa koji vezuje odgovornost trgovca.<sup>109</sup> Dodatno tzv. menadžerski razlog i praktičnost postupka zahtijeva precizan i striktan broj tužbenih zahtjeva što je ranije moguće u postupku, prije nego da je taj broj nejasan i u sjenci.<sup>110</sup> Problem formulacije tužbenog zahtjeva kod *opt-out* sistema ogleda se u nemogućnosti preciznog definisanja same štete, kao i njene visine.<sup>111</sup>

*Opt-out* sistem čini se da ima veći potencijal da pruži zaštitu većem broju žrtava povrede prava potrošača zajemčena pravom EU i prema tome kreira veći pristup pravdi, a što kao nedostatke *opt-in* modela ističe EK u Bijeloj knjizi.<sup>112</sup> Ipak, EK smatra da se pravo na efikasan pravni lijek ne može ostvariti na način da onemogućava pojedince da donesu svjesnu odluku o učestovanju u postupku, te da *opt-out* sistem ne bi bio u skladu sa osnovnim ciljevima kolektivne zaštite u EU.<sup>113</sup>

<sup>101</sup> The Law Reform Commission of Ireland, Multi-party Litigation (2005, Report LRC 76-2005); str. 44–45.

<sup>102</sup> Andrea, Pillea Massaro, op. cit., str. 109.

<sup>103</sup> Sonja, Elisabeth, Keske, „Group Litigation in European Competition Law“, *A Law and Economics perspective*, Univeristy of Rotterdam, 2009; str. 52.

<sup>104</sup> *White paper on antitrust rules*, 2008, str. 2–3.

<sup>105</sup> „Powers of the judge in collective redress proceedings“, Reserach Paper submitted to BEUC, the European Consumer Organisation, Universite libre de Bruxelles, februar 2012, str. 39–40.

<sup>106</sup> Samuel, Issacharoff, Geoffrey, Miller, op. cit., str. 203.

<sup>107</sup> Sonja, Elisabeth, Keske, op. cit., str. 53.

<sup>108</sup> *The Law reform Commission of Hong Kong report*, 2012, dostupno na <http://www.hkreform.gov.hk>, str. 7 izvještaja, pristup dana 22. 3. 2022. godine.

<sup>109</sup> Tzakas, Dimitrios-Panagiotis, „Effective collective redress in antitrust and consumer protection matters: a panacea or a chimera?“, *Common Market Law Review*, volume 48, br. 4, 2011; str. 1142.

<sup>110</sup> Christopher, Hodges, 2008; op. cit., str. 86; str. 59.

<sup>111</sup> Džejna, Suljević, Edisa, Softić, Sefedin, Suljević, op. cit., str. 96.

<sup>112</sup> *Ibid*; str. 21.

<sup>113</sup> *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European*

## Zaštita kolektivnih interesa potrošača u Crnoj Gori

Zaštita potrošača na domaćim prostorima postaje prisutna donošenjem Zakona o zaštiti potrošača 2002. godine<sup>114</sup> u Saveznoj Republici Jugoslaviji. U Crnoj Gori je prvi Zakon o zaštiti potrošača donijet tokom 2007. godine, ali je kolektivna zaštita pronašla mjesto u zakonodavstvu Crne Gore tek donošenjem Zakona o zaštiti potrošača iz 2014. godine,<sup>115</sup> kada je izvršena usklađenost sa više direktiva EU.<sup>116</sup> Domaći zakonodavac je predvidio mehanizme kolektivne zaštite u oblasti prava potrošača kroz odredbe Zakona o zaštiti potrošača, odnosno pristupio je sektorskom regulisanju kolektivne zaštite,<sup>117</sup> kao i u oblasti antidiskriminatornog prava, što se sa pravnog i političkog aspekta u Crnoj Gori smatra opravdanim.<sup>118</sup> Zaštita kolektivnih interesa potrošača regulisana je kroz Glavu I Četvrtog dijela ZZPa – *Zaštita kolektivnih interesa potrošača*. U momentu donošenja zakona, Crna Gora je u potpunosti uskladila zakonski okvir sa Direktivom o sudskim nalogima za zaštitu interesa potrošača.<sup>119</sup> Ipak, trenutno stanje zaštite potrošača u Crnoj Gori nije na ohrabrujućem nivou iz razloga kompleksnosti, nerazumijevanja ugovornih odredbi od strane potrošača, niskog broja riješenih sporova, a što je rezultat i kolizije zakonskih odredbi i nesankcionisanje nezakonitog ponašanja trgovaca od strane nadležnih organa.<sup>120</sup>

ZZP reguliše kolektivnu tužbu tako što propisuje da je to tužba za prestanak radnji protiv trgovca, koji upotrebom nepoštenih ugovornih odredbi, poslovne prakse ili na neki drugi način krši prava potrošača narušavajući time kolektivne interese potrošača<sup>121</sup>. Već kroz definiciju kolektivne tužbe uviđamo da ista ne obuhvata tužbene zahtjeve kako su određeni Direktivom, tj. ne predviđa mogućnost podnošenja tužbe sa zahtjevom za naknadu štete. Kroz navedeni član uspostavljena je preventivna zaštita potrošača, i to samo u smislu sprečavanja nedozvoljenog ponašanja trgovca, dok nije predviđen mehanizam kompenzatorne zaštite, u smislu naknade štete,<sup>122</sup> kao ni mogućnost da se tužbom traži popravka, zamjena, sniženje cijene, raskid ugovora ili povraćaj cijene. U tom smislu ZZP daje usko

---

*Economic and Social Committee and the Committee of the regions, Towards a European Horizontal Framework for Collective Redress*, (Strasbourg, 11. 6. 2013. g., COM (2013) 401 final; str. 12.

<sup>114</sup> Zakon o zaštiti potrošača (*Službeni list SRJ*, br. 37/02).

<sup>115</sup> *Izazovi zaštite potrošača u oblasti komunalnih usluga u okviru procesa evropskih integracija - Crna Gora*, Beograd, 2016, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; str. 29 (GIZ, 2016).

<sup>116</sup> Centar za monitoring i istraživanje, *Sistem zaštite prava potrošača u Crnoj Gori – kako dostići evropski nivo zaštite potrošačkih prava u Crnoj Gori?*, policy brief, 2017; str. 3 (CEMI, 2017).

<sup>117</sup> Nikola, Dožić, „Kolektivna zaštita potrošača u Crnoj Gori, de lege lata i de lege ferenda“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020; str. 189.

<sup>118</sup> Vladimir, Savković, Nikola, Dožić, *Collective Redress in Consumer Protection in Montenegro, Collective Redress Mechanisms in Consumer Protection in the European Union and South East Europe – Comparative Study*, GIZ, Skopje, 2018; str. 296.

<sup>119</sup> Vladimir, Savković, Nikola, Dožić; op. cit., str. 299.

<sup>120</sup> CEMI, 2017; str. 5–8.

<sup>121</sup> Član 118 ZZP-a.

<sup>122</sup> Nikola, Dožić, op. cit., str. 181.



definisanje kolektivne tužbe, dok ne definiše kolektivne interese potrošača, što i dovodi do ograničenih efekata tužbe.

Crna Gora još uvijek nije uskladila zakonodavstvo sa odredbama Direktive, što dovodi do ograničenih efekata u smislu efikasne zaštite, sa tog razloga potrebno je što prije implementirati Direktivom uspostavljena rješenja.

### Postupci po kolektivnim tužbama u Crnoj Gori

U Crnoj Gori, kao ni u susjednim ili evropskim zemljama ne postoji dovoljna sudska praksa o postupcima po kolektivnim tužbama. Razlog navedenom, kako je i objašnjeno, nalazimo u nedovoljno razvijenim mehanizmima zaštite kolektivnih interesa što uzrokuje njihovu neefikasnost, a time i izbjegavanje njihove upotrebe.

U Crnoj Gori nailazimo na ograničen broj slučajeva povrede kolektivnih interesa potrošača koji su bili predmet određenog postupka zaštite. Prvi slučaj se nije vodio prema pravilima postupka po kolektivnoj tužbi, s obzirom da ista nijesu bila predviđena zakonom. Upravo je to imalo za posljedicu visoke sudske troškove, a što nije u skladu sa osnovnim principima kolektivne zaštite.

Slučaj povrede kolektivnih interesa koji je nastao na način što su banke zaključivale ugovore o kreditima u švajcarskim francima (CHF) javio se u istočno-evropskim zemljama, pa i u Crnoj Gori. Zaključujući ugovore o kreditima sa potrošačima, *Hypo Alpe Adria banka*, sada *Addiko Bank AD* je odobravalala kredite u švajcarskim francima. Cijeni se da je oko 518 građana u Crnoj Gori podiglo takve kredite, pa je potrošačka organizacija koja je isticala interese potrošača smatrala da je riječ o postupku povrede kolektivnih interesa i prava potrošača.<sup>123</sup> Rješenje nastale situacije pokušano je kroz Zakon o konverziji kredita u švajcarskim francima CHF u evre (u daljem tekstu: Zakon o konverziji),<sup>124</sup> ali je isto ipak stiglo prekasno.<sup>125</sup> Iako se nesumnjivo radilo o povredi kolektivnih interesa, postupak je morao biti vođen primjenom pravila parničnog postupka o spajanju postupaka, što je ishodovalo neracionalnim i visokim parničnim troškovima.

Cijeni se da je rješavanje sporova u Crnoj Gori uzelo više vremena nego u susjednim državama,<sup>126</sup> što se javilo kao posljedica neposjedovanja odredbi o kolektivnim tužbama, kao i nespremnosti za suočavanje sa slučajevima koji su značili faktičku povredu kolektivnih interesa potrošača.

Postupak je vođen u ime samo određenog, od ukupnog, broja potrošača,<sup>127</sup> pa je uz *inter partes* dejstvo presude suštinski onemogućena kolektivna zaštita. Nepostojanje mehanizma kolektivne zaštite, odnosno, mogućnosti podnošenja kolektivne tužbe, dovelo je do situacije koja je suprotna shvatanju kolektivnih

<sup>123</sup> Portal Bankar.me, dostupno na: <https://www.bankar.me/2013/07/05/cezap-ocekujepresudu-zakredite-u-svajcancima-kao-u-hrvatskoj/>, pristup dana 16. 5. 2022. g.

<sup>124</sup> Zakon o konverziji kredita u švajcarskim francima CHF u eure („*Službeni list Crne Gore*“, br. 046/15, 059/16).

<sup>125</sup> Nikola, Dožić, „CHF denominated loans – a case study of Montenegrin approach“, *Tribuna Juridica* 15:86-102, 2018, str. 88.

<sup>126</sup> Portal Bankar.me, dostupno na: <https://www.bankar.me/2013/07/06/slucuj-franak-u-crnoj-gorise-jos-ceka-rociste/>, pristup dana: 16. 5. 2022. g.

<sup>127</sup> *Ibid.*



interesa potrošača, te su isti obavezani na naknadu visokih parničkih troškova.<sup>128</sup> Navedeno jer su donošenjem Zakona o konverziji tužbeni zahtjevi tužilaca bili ispunjeni, zbog čega je prestao da postoji pravni interes tužilaca,<sup>129</sup> iz koga razloga je bilo necjelishodno obračunati troškove, a što svakako ne bi bilo moguće da su mehanizmi kolektivne zaštite postojali. Ubrzo nakon ovog slučaja donijet je ZZP koji je uveo institut kolektivne tužbe.

Nakon usvajanja ZZP-a 2014. godine u Crnoj Gori se javljaju dva slučaja povrede kolektivnih interesa potrošača koji su riješeni primjenom odredbi o kolektivnoj zaštiti.

U prvom slučaju radi se o banci koja je vršila naplatu naknada za gašenje transakcionih računa i platnih kartica.<sup>130</sup> Ovakvo postupanje bilo je u suprotnosti sa Zakonom o zaštiti potrošača – korisnika finansijskih usluga<sup>131</sup> koji članom 35 i 36 predviđa da korisnik ima pravo na besplatno gašenje računa i besplatno gašenje platne kartice.

Primjenom člana 120 ZZP-a, koji propisuje da je je prije podnošenja tužbe za zaštitu kolektivnih interesa ovlašćeno lice dužno da lice koje planira da tuži pisano upozori da će protiv njega podnijeti tužbu ukoliko u roku od 14 dana ne prestane sa praksom povrede interesa potrošača, potrošačka organizacije je upozorila banku o postojanju povrede kolektivnih interesa potrošača, što je dovelo do željenog efekta i ishodovalo prestanak prakse kršenja prava potrošača. Iako su naknade za gašenje računa bile male, zbirna šteta potrošačima je velika.<sup>132</sup> Ovaj slučaj povrede kolektivnih interesa potrošača upravo govori o djelotvornosti rješenja koja su usvojena u ZZP.

Član 16 Direktive o ugovorima o potrošačkim kreditima<sup>133</sup> predviđa da banka ima pravo na pravednu i objektivnu kompenzaciju za troškove nastale u vezi sa prijevremenom otplatom kredita, ukoliko ona pada u period kada se primjenjuje fiksna kamatna stopa. Suprotno odredbi člana 16 stav 2 Direktive, kao i Zakonu o potrošačkim kreditima,<sup>134</sup> u drugom slučaju povrede, banka je naplaćivala naknadu za prijevremenu otplatu kredita u maksimalnom iznosu od 1%, odnosno od 0,5% što nije uvijek bilo opravdano.<sup>135</sup> Tužba koja je podnijeta protiv banke imala je za cilj da zabrani takvo nezakonito ponašanje u budućnosti,<sup>136</sup> s obzirom da u ovom slučaju banka nije postupila po prethodno poslatom upozorenju,

<sup>128</sup> Portal Bankar.me, dostupno na: <https://www.bankar.me/2021/02/16/ustavna-zalba-zbog-sudskih-troskova-za-kredite-u-svajcarskim-francima/>, pristup dana: 17. 5. 2022. g.

<sup>129</sup> *Ibid.*

<sup>130</sup> Portal RTV Vijesti, dostupno na: <https://www.rtvbudva.me/vijesti/prva-kolektivna-tuzba-u-crnoj-gori/29759>, pristup dana: 17. 5. 2022. g.

<sup>131</sup> Zakon o zaštiti potrošača korisnika finansijskih usluga („*Službeni list Crne Gore*», br. 043/15)

<sup>132</sup> Portal Dan, dostupno na: <https://old.dan.co.me/?nivo=3&rubrika=Ekonomija&clanak=737082&datum=2020-03-12>, pristup dana 21. 6. 2022. g.

<sup>133</sup> Directive 2008/48/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2008 on credit agreements for consumers and repealing Council Directive 87/102/EEC.

<sup>134</sup> Član 23 Zakona o potrošačkim kreditima (*Službeni list Crne Gore*, br. 035/13, 073/17, 072/19, 008/21).

<sup>135</sup> Portal Vijesti, dostupno na: <https://rtcg.me/vijesti/drustvo/307438/cilj-presude-da-se-zabrani-nezakonito-ponasanje-ckb-ubuce.html>, pristup dana 17. 5. 2022. g.

<sup>136</sup> *Ibid.*

a što bi značilo da potrošači moraju svoje pravo na naknadu štete da ostvare u individualnom postupku. Imajući u vidu mnogobrojna prenošenja medija o ovom postupku, možemo zapaziti da u Crnoj Gori ne postoji svijest o tome da i naknada materijalne štete ima za cilj zaštitu kolektivnih interesa potrošača. Postupajući po kolektivnoj tužbi, kao nadležan, Osnovni sud u Podgorici donio je presudu kojom je utvrdio postojanje povrede kolektivnih interesa potrošača, zabranio banci da u ugovorima koje nudi potrošačima određuje naknadu za prijevremenu otplatu kredita procentualno, u zavisnosti od visine kredita, kao i da takvo ili slično ponašanje ponavlja ubuduće,<sup>137</sup> a presuda je potvrđena presudom Višeg suda.

### Uticaj direktive na određena zakonska rješenja u Crnoj Gori – unapređenje kolektivnih interesa

Kako bi se obezbijedilo da zaštita kolektivnih interesa potrošača poveća pravo na pristup pravdi od strane potrošača, osnovna izmjena ZZP-a išla bi u pravcu definisanja pojma kolektivnih interesa potrošača. Već je pojašnjeno da Direktiva uvodi tužbu sa zahtjevom za zabranu ponašanja i tužbu sa zahtjevom za naknadu štete, dok sa druge strane ZZP poznaje samo tužbu za prestanak radnji trgovca kojim se krše prava potrošača. U navedenom se ogleda glavni nedostatak, neusklađenost i prostor za najveće zakonodavno djelovanje. U tom smislu trebalo bi predvidjeti da se kroz tužbu za zaštitu kolektivnih interesa može tražiti tzv. konačna, kao i privremena mjera za prestanak, odnosno, zabranu prakse kojom se krše prava potrošača. Kvalifikovano tijelo, u slučaju kada podnosi tužbu kojom se traži zabrana ponašanja, neće morati da dobije saglasnost svih potrošača koji žele da budu zastupani,<sup>138</sup> što prepoznajemo kao procesno rasterećenje potrebno iz razloga hitnosti za prestanak prakse kojom se krše prava potrošača. Kvalifikovano tijelo neće morati ni da dokazuje stvarni gubitak ili štetu na strani individualnog potrošača, kao ni namjeru ili krajnju nepažnju trgovca.<sup>139</sup>

Imajući u vidu da je Crna Gora suštinski mala država, kao i da informacije mogu za kratak period da dosegnu do većeg ciljanog broja ljudi i određenih grupa, smatramo da bi efikasnosti procedure i veći stepen zaštite bili u potpunosti postignuti uspostavljanjem *opt-in* sistema. Ovo posebno iz razloga što je dosadašnje slučajeve kršenja kolektivnih interesa prava potrošača pratio velik publicitet i aktivan angažman potrošačkih organizacija. Kako i Direktiva nalaže države bi trebale da odrede određeni datum (*cut-off day*) nakon kojeg potrošači neće moći da se priključe započetom postupku<sup>140</sup>. Cijenimo da bi se radilo o određenom prikladnom vremenskom periodu nakon podnošenja tužbe, u kojem bi potrošači mogli da prijave svoj slučaj u kojem je trgovac povrijedio njihova prava, kroz prethodno objavljeni javni poziv upućen istima.

<sup>137</sup> Portal Paragraf, dostupno na: <https://www.paragraf.me/dnevne-vijesti/22012021/22012021-vijest1.html>, pristup dana: 17. 5. 2022. g.

<sup>138</sup> Član 8, stav 3 Direktive.

<sup>139</sup> Član 8, stav 3, tačke a i b Direktive.

<sup>140</sup> Član 9, stav 2 Direktive.

Kako ZZP ne poznaje odredbe kojima se reguliše finansiranje postupka po kolektivnoj tužbi od strane trećih lica, to pitanje bi trebalo posebno regulisati. Kvalifikovana tijela bi prema tome bila obavezna, a sud bi imao ovlašćenje da zahtijeva dostavljanje pregleda izvora finansiranja. Shodno Direktivi, u postupku kolektive zaštite po kolektivnoj tužbi trebalo bi obezbijediti da strane u postupku mogu, ukoliko to odgovara kolektivnim interesima potrošača, da postignu sporazum. Crna Gora bi stoga u svom zakonodavstvu trebala da predvidi mogućnost da kvalifikovano tijelo, zajedno sa trgovcem, predloži poravnanje, odnosno, da dà ovlašćenje sudu (odnosno, administrativnom tijelu koje zaštitu obezbjeđuju kroz takav postupak) da nakon konsultacije sa kvalifikovanim tijelom i trgovcem iste pozove da u razumnom roku postignu poravnanje, a što bi bilo u saglasnosti sa članom 11 Direktive.

Već je istaknuto da se Crna Gora u pogledu kolektivne zaštite opredijelila za sektorski pristup. U nekim od susjednih država, poput Hrvatske, pristutan je horizontalni pristup, koji je poznavala i Srbija, dok odredbe ZZP-a nijesu ukinute.<sup>141</sup> Institut kolektivne tužbe prisutan je, osim potrošačkog prava, i u drugim oblastima u kojima pretežu viši interesi od pojedinačnih.<sup>142</sup> Tako je postupila Italija, a slično je učinjeno i u Francuskoj. To može biti opravdano i kada je u pitanju Crna Gora kroz jasne odredbe ZZP-a, u oblastima poput radnih sporova, u slučajevima zaštite antidiskriminatorskih interesa i sl., onda kada naše društvo i pravni sistem budu spremni i svjesni značaja i prednosti kolektivne zaštite.

## DISKUSIJA

Razmatrajući zaključke do kojih se došlo putem postavljenih istraživačkih pitanja, moguće je da će istraživanje u ovoj oblasti ići u dva smjera. Sa jedne strane postoji mogućnost većeg zalaganja za vansudske načine rješavanja sporova između potrošača i trgovaca, zbog bržeg rješavanja sporova, a kompleksnije prirode sudskih postupaka. Sa druge strane, moguće je analizom teorijskih aspekata i rješenja, kao i namjerom evropskog zakonodavca za unifikacijom, dalje identifikovati ograničenja u primjeni kolektivne tužbe, neefikasne aspekte postupka, vršiti unapređenja i usavršavanje zaštite u sudskom postupku, ali i razviti mogućnost skraćenog postupka po kolektivnoj tužbi, u slučajevima kada bi postojali objektivni elementi.

Kao ograničenje istraživanja ističe se teorijski problem kompleksnosti naučnih rješenja i raznolikost regulisanja oblasti postupaka po kolektivnoj tužbi u nacionalnim pravima, kao i ograničen broj sudskih slučajeva u uporednom pravu i Crnoj Gori. Prvo ograničenje potiče od toga što se radi o relativno mladoj grani prava koja još uvijek nije uspjela da razdvoji i kreira efikasan i kompletan sistem zaštite, kao i u tome što je evropski zakonodavac tek skoro odlučio da uniformiše sudski model zaštite na nivou EU. Ograničenje efikasnoj zaštiti nalazi se u nedovoljno praktično primjenjivim rješenjima.

<sup>141</sup> Vladimir, Savković, Nikola, Dožić, op. cit., str. 304.

<sup>142</sup> Mladen, Pavlović, op. cit., str. 800.

## ZAKLJUČAK

Potrošačko pravo je mlada grana prava koja će tek da se razvija u budućnosti. Instituti koje uvodi ova oblast su novi što ima određene implikacije prilikom uvođenja tih instituta u nacionalna zakonodavstva i tokom njihove primjene. Nakon donošenja velikog broja akata koji su garantovali prava potrošačima, EU je cijenila da je neophodno razviti i mehanizme koji će pružiti djelotvornu zaštitu takvim pravima. Donošenjem Direktive EU je pokušala da objedini sve dosadašnje napore učinjene na polju izgradnje mehanizma koji će pružiti najbolju zaštitu i ultimativan pristup pravdi potrošačima, posebno jer su efekti Preporuke bili nedovoljni da države članice primarno uspostave bilo kakav mehanizam.

Uporedno pravo poznaje više modela zaštite, počev od američke *class action* do uvođenja specijalizovanih ombudsmana, sa svojim prednostima i specifičnostima, kako je i prikazano u radu. Iako je EU naginjala da sudski model zaštite kolektivnih interesa usvoji kao jedinstven, prevladalo je kompromisno rješenje koje dozvoljava državama članicama da načine izbor u skladu sa sopstvenom pravnom tradicijom. Imajući u vidu načela procesne efikasnosti, a posebno načelo pristupa pravdi, sudski model obezbjeđuje siguran i konačan pristup pravdi. Prostor za unaprijeđenje sudskog modela, kako bi bio procesno efikasniji nesumnjivo da postoji posebno u pogledu trajanja postupka i troškova.

Crna Gora je kao model koji će služiti zaštiti kolektivnih interesa potrošača izabrala sudski model. Cijeneći društveno stanje u Crnoj Gori, stepen razvoja alternativnih modela rješavanja spora, pravnu tradiciju, opravdano je bilo uvesti zaštitu potrošača u parnični postupak. Uzimajući u obzir sve kriterijume, prilikom daljeg zakonodavnog djelovanja ne bi trebalo pokretati inicijative za izmještanje nadležnosti u ruke drugih tijela. Iako malobrojna, dosadašnja sudska praksa u postupcima po kolektivnim tužbama dala je određeni pozitivan učinak, pa čak i kada posmatramo samo pitanje procesne efikasnosti.

U svjetlu novih trendova koji se pokazuju u EU, ali i jakih napora Crne Gore da pristupi EU, nadamo se da će Crna Gora izvršiti usklađivanje zakonodavstva sa Direktivom u predstojećem periodu, preduzeti veće aktivnosti radi zaštite kolektivnih interesa potrošača, pa i one koje do sada nije preduzimala. Prilikom usklađivanja trebalo bi pažljivo raditi na odabiru između mogućnosti, u slučajevima kada ih Direktiva nudi, opažati tendencije, navike i tradiciju potrošača, kao i pravnu tradiciju, kako bi se izdejsstvovale i izgradile odredbe koje će na najefikasniji način da omoguće zaštitu potrošačima Crne Gore.

## LITERATURA

- Andrews, Neil, „Fundamentals of multi-party or collective litigation: reflections from the perspective of England“, University of Cambridge, *Legal studies research paper*, br. 21, 2014.
- Baretić, Marko, „Individualna i kolektivna zaštita potrošača u hrvatskom pravu“, u: Tomljenović, Vesna, Čulinović, Herc, Edita, Butorac Malnar, Vlatka, *Republika Hrvatska na putu prema Evropskom pravosudnom području – rješavanje trgovačkih i potrošačkih sporova*, Pravni fakultet sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009.
- Benöhr, Iris, *EU Consumer Law and Human Rights*, Oxford University Press, Oxford, United Kingdom, 2013.
- Biard, Alexandre, *Collective redress in the EU: a rainbow behind the clouds?*, ERA Forum, 2018; <https://doi.org/10.1007/s12027-018-0509-4>,
- Cavanagh, Edward, „Attorneys’ Fees in Antitrust Litigation: Making the System Fairer“, *Fordham Law Review*, volume 57, issue 1, 1988.
- Centar za monitoring i istraživanje, *Sistem zaštite prava potrošača u Crnoj Gori – kako dostići evropski nivo zaštite potrošačkih prava u Crnoj Gori?*, policy brief, 2017; (CEMI, 2017).
- Commission Recommendation 2013/396/EU on common principles for injunctive and compensatory collective redress mechanisms in the Member States concerning violations of rights granted under Union Law* od 11. 6. 2013.
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Towards a European Horizontal Framework for Collective Redress*, COM (2013) 0404 final od 11. 6. 2013.
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions, Towards a European Horizontal Framework for Collective Redress*, (Strasbourg, 11. 6. 2013., COM (2013) 401 final.
- Dika, Mihajlo, „Novela zakona o parničnom postupku iz 2011“, *Novi informator*, Zagreb, 2011.
- Directive (EU) 2020/1828 of the European Parliament and of the Council on representative actions for the protection of the collective interests of consumers and repealing Directive 2009/22/EC* od 25. 11. 2020.
- Directive 2008/48/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2008 on credit agreements for consumers and repealing Council Directive 87/102/EEC*
- Directive 98/27/EC of the European Parliament and of the Council on injunctions for the protection of consumers’ interests* od 19. 5. 1998.
- Dožić, Nikola, „Kolektivna zaštita potrošača u Crnoj Gori, *de lege lata i de lege ferenda*“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020.

- Dožić, Nikola, „CHF denominated loans – a case study of Montenegrin approach“, *Tribuna Juridicā* 15:86-102, 2018.
- Đurović, Mateja, Kaprou, Eleni, „Collective redress as a ideal model of consumer redress in the European Union“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020.
- Đurović, Mateja; Hans, Micklitz Hans, *Internationalization of Consumer Law-A Game Changer*, Springer International Publishing, SpringerBriefs in Political Science, 2017.
- Eidenmüller, Horst, Martin Fries, Martin, „Against False Settlement: Designing Efficient Consumer Rights Enforcement Systems in Europe“, *SSRN Journal*, 2014 u: Micklitz, Hans-W, Wechsler, Andrea, *The Transformation of Enforcement: European Economic Law in Global Perspective*, Oxford, Hart Publishing, 2016.
- European Union Agency for Fundamental Rights, *Access to justice in Europe – an overview of challenges and opportunities*, Publications Office of the European Union, 2010;
- Hodges, Christopher, *The Reform of Class and Representative Actions in European Legal Systems – A new framework for collective redress in Europe*, Studies of the Oxford Institute of European and Comparative Law, Hard Publishing, 2008.
- Hodges, Christopher, 2012, „Current discussions on consumer redress: collective redress and ADR“, *ERA Forum Journal*, DOI 10.1007/s12027-011-0245-5.
- Issacharoff, Samuel, Miller, Geoffrey, „Will Aggregate Litigation Come to Europe?“, *Vanderbilt Law Review*, volume 62, issue 1, 2009.
- Izazovi zaštite potrošača u oblasti komunalnih usluga u okviru procesa evropskih integracija – Crna Gora*, Beograd, 2016, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; (GIZ, 2016).
- Jerinić, Jelena, „Posebnosti upravnog postupka za zaštitu kolektivnog interesa potrošača“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020.
- Jovanić, Tatjana, „Upravnopravna zaštita potrošača“, *Anali Pravnog fakulteta Univerziteta u Beogradu*, volume 61, br. 2, 2013.
- Jovanović Zattila, Milena, „Koncept kolektivne zaštite potrošača – put kojim se ređe ide“, *Anali Pravnog fakulteta Univerziteta u Zenici*, 2014.
- Karanikić Mirić, Marija, „Kolektivna zaštita potrošača u srpskom pravu“, *Anali Pravnog fakulteta u Zenici*, br. 14, 2014.
- Kasturi, Moodaliyar, James, Reardon, *Collective consumer redress in competition law – The EU green and white papers on private damages actions for breach of the EC antitrust rules and South African development*, draft paper; 2014.
- Keske, Sonja Elisabeth, *Group Litigation in European Competition Law, A Law and Economics perspective*, Univeristy of Rotterdam, 2009.
- Law Rules on Jurisdiction*, Pravni fakultet, Univerzitet Autónoma u Madridu, Madrid, 2017.



- Leskinen, Charlotte, „Collective actions: Rethinking funding and national cost rules“, *The competition law review*, knjiga 8, broj 1, ISSN 1745-638X, 2011.
- Lilić, Stevan, Toskić, Katarina, „Inspekcijski nadzor i kolektivna zaštita potrošača u upravnom postupku: studija primera na slučaju Supernova“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020.
- Mezetović Međić, Selma, „Aktivna legitimacija u postupcima kolektivne zaštite – ima li mjesta za advokate?“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd; 2020.
- Micklitz, Hans, Saumier, Geneviève, *Enforcement and Effectiveness of Consumer Law*, Springer, volume 27, Amsterdam, 2018.
- Mihajlović, Borko, „Zaštita kolektivnih interesa potrošača kroz oblike alternativnog rešavanja sporova“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020.
- Mulheron, Rachael, *The Class Action in Common Law Legal Systems*, Hart Publishing, 2004.
- Nagareda, Richard, *Aggregate Litigation across the Atlantic and the Future of American Exceptionalism*, Vanderbilt University Law School, volume 62, no. 1, 2009; dostupno na: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1114858](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1114858), pristup dana 24. 4. 2022.
- Pak, Jasna, *Pravna zaštita potrošača osiguranja sa posebnim osvrtom na građansku odgovornost posrednika i zastupnika osiguranja*, materijal sa savjetovanja u Privrednoj komori Srbije, 2006.
- Pato, Alexia, *Cross-Border Collective Redress in the European Union and Private International Law Rules on Jurisdiction*, Pravni fakultet, Univerzitet Autónoma u Madridu, Madrid; 2017.
- Pavlović, Mladen, „Značaj tužbe za zaštitu kolektivnih interesa i prava“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta u Splitu*, god. 52, 3/2015, 2015.
- Pilleta Massaro, Andrea, „The new directive on an EU-wide representative action and third – party litigation funding: an opportunity for european consumers?“, *Revija kopaoničke škole prirodnog prava*, broj 1, Beograd, DOI: 10.5937/RKSPP2101095P, 2021.
- Portal Bankar.me, dostupno na: <https://www.bankar.me/2013/07/05/cezapocekuje-presudu-za-kredite-u-svajcancima-kao-u-hrvatskoj/>
- Portal Bankar.me, dostupno na: <https://www.bankar.me/2013/07/06/slucuj-franak-u-crnoj-gori-se-jos-ceka-rociste/>
- Portal Bankar.me, dostupno na: <https://www.bankar.me/2021/02/16/ustavna-zalba-zbog-sudskih-troskova-za-kredite-u-svajcarskim-francima/>
- Portal Dan, dostupno na <https://old.dan.co.me/?nivo=3&rubrika=Ekonomija&clanak=737082&datum=2020-03-12>



- Portal Paragraf, dostupno na: <https://www.paragraf.me/dnevne-vijesti/22012021/22012021-vijest1.html>
- Portal RTV Vijesti, dostupno na: <https://www.rtvbudva.me/vijesti/prva-kolektivna-tuzba-u-crnoj-gori/29759>
- Portal Vijesti, dostupno na: <https://rtcg.me/vijesti/drustvo/307438/cilj-presude-dase-zabrani-nezakonito-ponasanje-ckb-ubuduce.html>
- „Powers of the judge in collective redress proceedings“, Reserach Paper submitted to *BEUC, the European Consumer Organisation*, Universite libre de Bruxelles, februar 2012.
- Ramsay, I.D.C., „Consumer redress mechanisms for poor quality and defective products“, *University of Toronto Law Journal* 31, 1981.
- Ramsay, Iain, *Consumer law and policy: text and materials on regulating consumer markets*, Oxford and Portland Oregon, 3rd edition, 2012;
- Regulation EC 2006/2004 of the European Parliament and of the Council on cooperation between national authorities responsible for the enforcement of consumer protection laws od 27. 10. 2004.
- Reich, Norbert, „Horizontal Liability in EC Law: Hybridization of remedies for compensation in case of breaches of EC Rights“, *Common Market Law Review*, volume 44, issue 3, 2007.
- S.I. Strong, *Regulatory Litigation in the European Union - Does the U.S. Class Action Have a New Analogue?*, University of Missouri, research paper br. 2012–25.
- Savković, Vladimir, Dožić, Nikola, „Collective Redress in Consumer Protection in Montenegro“, *Collective Redress Mechanisms in Consumer Protection in the European Union and South East Europe – Comparative Study*, GIZ, Skopje, 2018.
- Sherman, Edward, *American Class Actions: Significant Features and Developing Alternatives*, 215 Federal Rules Decisions 130, 2003.
- Simon, Rita; Müllerová, Hana, *Efficient Collective Redress Mechanisms in Visegrad 4 Countries: an Achievable Target?*, Institute of State and Law of the Czech Academy of Sciences, Prag, 2019, ISBN 978-80-87439-39-5.
- Stefaan, Voet, „European Collective Redress: a status questionis“, *International Journal of Procedural Law*, vol 4/2014/01, 2014.
- Stone, Katherine, *Alternative Dispute Resolution*, University of California, Los Angeles, *Public law and legal theory research paper series*, research paper no. 04-30, 2004.
- Suljević, Džejna; Softić, Edisa; Suljević, Sefedin, „Kolektivna zaštita kao novi koncept zaštite potrošača u Bosni i Hercegovini“, *Anali Pravnog fakulteta Univerziteta u Beogradu* br. 22/2018, Pravni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2018.
- The Law Reform Commission of Ireland, *Multi-party Litigation* (2005, Report LRC 76-2005).
- The Study Centre for Consumer Law, 2007, *An Analysis and Evaluation of Alternative Means of Consumer Redress Other Than Redress Through Ordinary Judicial Proceedings*.

- Tzakas, Dimitrios-Panagiotis, „Effective collective redress in antitrust and consumer protection matters: a panacea or a chimera?“, *Common Market Law Review*, volume 48, br. 4, 2011.
- United Nations Guidelines for Consumer Protection 2003, as expanded in 1999, New York.
- Uzelac, Alan, Kann Effizienz der Justiz gemessen werden? Versuch eines Vergleichs der europäischen Justizsysteme, Varšava, Poljska, u: Gottwald, Peter, 2006, Effektivität des Rechsschutzes vor statlichen und privaten Gerichten, Bielefeld Giesecking, 2006/01, VII, 2005.
- Vukadinović, Slobodan, „Mehanizmi kolektivne zaštite potrošača od nepravinih ugovornih odredaba“, *Zbornik radova Pravnog fakulteta Univerziteta Union u Beogradu, Zaštita kolektivnih interesa potrošača*, Pravni fakultet Univerziteta Union, Beograd, 2020.
- White paper on antitrust rules, 2008.
- White paper on damages actions for breach of the EC antitrust rules (SEC (2008) 404 (SEC (2008)405) (SEC (2008) 406), 165, od 02. 4. 2008.
- Zakon o konverziji kredita u švajcarskim francima CHF u eure (*Službeni list Crne Gore*, br. 046/15, 059/16).
- Zakon o potrošačkim kreditima (*Službeni list Crne Gore*, br. 035/13, 073/17, 072/19, 008/21).
- Zakon o zaštiti potrošača (*Službeni list SRJ*, br. 37/02).
- Zakon o zaštiti potrošača korisnika finansijskih usluga (*Službeni list Crne Gore*, br. 043/15).
- Zogaj, Albert i dr., *Praktičan vodič o parničnom postupku*, štamparija Blendi, Priština, 2019.

**Dajana DRLJEVIĆ**

**COLLECTIVE CONSUMER REDRESS IN THE EUROPEAN UNION, WITH SPECIAL REFERENCE TO MONTENEGRIN LAW**

**Summary:** Having in mind the activities of the EU in the field of consumer protection and their interests, which resulted with the adoption of Directive (EU) 2020/1828 of the European Parliament and of the Council of 25<sup>th</sup> November 2020 on representative actions for the protection of the collective interests of consumers, the author analyzes certain procedural aspects in order to examine the effectiveness of the adopted mechanism. Author points out the problem of defining the basic concepts of collective protection, but also the specifics of the adopted judicial mechanism, by analyzing effects of the final decision, the issue of financing the procedure, the qualification of qualified entities for representation, using methods of synthesis, induction, deduction etc. The comparative approach and presentation of the American, administrative and out-of-court model tries to justify the EU's decision to choose the analyzed mechanism. The author also draws attention to important issues of procedure that must be addressed in order to transpose the Directive into national legislation in the most appropriate way. Through a critical review, recommendations were given in order to further develop the protection mechanism, as well as to amend domestic laws in this area by adopting new consumer protection institutes.

**Key words:** consumer, collective redress, collective consumers' interests, representative action, opt-in, opt-out, protection mechanisms, judicial model, collective judicial actions



## Pravni fakultet

**DAJANA DRLJEVIĆ** rođena je 25. 3. 1998. godine u Podgorici. Završila je Srednju ekonomsku školu „Mirko Vešović“, nakon čega je upisala Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore. Pravni fakultet završila je u roku, kao jedan od najboljih studenata u generaciji, sa prosječnom ocjenom (A). Svoj master rad koji nosi naziv *Zaštita kolektivnih interesa potrošača u pravu EU*, sa po-

*sebnim osvrtom na pravo Crne Gore* odbranila je u oktobru 2022. godine, sa pohvalama. Tokom studija bila je nosilac više stipendija, dobitnik fakultetskih nagrada, Studentske nagrade Glavnog grada – 19. decembar, kao i učesnik brojnih vannastavnih aktivnosti. Svoje dalje profesionalno usavršavanje nastavila je u advokatskoj kancelariji *Vukmirović Mišić – JPM partner*.

**Milica VUČUROVIĆ**

Prirodno-matematički fakultet

mvucurovic98@gmail.com

Mentor: prof. dr Slađana Krivokapić

## PROCJENA UTICAJA TEŠKIH METALA NA BIOHEMIJSKE PARAMETRE KOD PLODA VRSTE *TRAPA NATANS L.*

UDK 633.88:546.3/.9(282.5)(497.16)(043.2)

**Sažetak:** U ovom istraživanju ispitivan je sadržaj esencijalnih elemenata (K, Ca, Mg, Cu, Fe, Ni, Zn, Mn, Mo) i teških metala (Cd, Cr, Pb, Co) u egzokarpu, endokarpu novog ploda i egzokarpu starog ploda vrste *Trapa natans L.* sa područja Skadarskog jezera (Crna Gora). Potom je u različitim ekstraktima datih uzoraka određen sadržaj bioaktivnih materija, te vrijednosti antioksidativnog potencijala primjenom DPPH i FRAP testa. Takođe je određena korelacija sadržaja ispitivanih metala sa koncentracijama bioaktivnih materija i vrijednostima antioksidativnog potencijala kako bi se procijenio njihov uticaj na ljekoviti potencijal ploda. Prema dobijenim rezultatima, može se vidjeti da je sadržaj gotovo svih ispitivanih metala u granicama maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK). Registrovane su nešto veće vrijednosti koncentracija analiziranih bioaktivnih materija (TPC, TFC, TTC), a primjetno je variranje njihove koncentracije u zavisnosti od vrste rastvarača i vrste ispitivanog uzorka. Maksimalna koncentracija fenola zabilježena je u etanolnom ekstraktu (387 mgGAE/g suve materije), a flavonoida u metanolnom ekstraktu egzokarpa starog ploda (34,48 µgQuE/g suve materije). Najveći sadržaj tanina je registrovan u metanolnom ekstraktu egzokarpa novog ploda (829,44 µgTAE/g suve materije). Uzorci koji su imali visok sadržaj ovih metabolita pokazali su i jaku antioksidativnu aktivnost. Visoke vrijednosti antioksidativnog potencijala zabilježene su kod metanolnog i etanolnog ekstrakta egzokarpa novog ploda, kao i etanolnog ekstrakta starog ploda, pa shodno tome ovi ekstrakti predstavljaju dobar izvor antioksidativnih jedinjenja.

**Ključne riječi:** *Trapa natans L.*, teški metali, fenoli, flavonoidi, tanini, antioksidativna aktivnost

## UVOD

Priroda je sama po sebi „prodavnica“ lijekova za prevenciju i liječenje gotovo svih ljudskih bolesti (Shalabh i sar., 2012). Prema Međunarodnom sistemu lijekova, određene biljne vrste ili neki njihovi dijelovi se tradicionalno koriste u različite ljeikovite svrhe (Chandana i sar., 2013).

Vrsta *Trapa natans L.* se smatra jednom od najznačajnijih ljeikovitih biljaka indijske ajurvede (alternativne medicine) (Adkar i sar., 2014). Pored toga što se u ljeikovite svrhe koristi kao cijela biljka, nesporne su i ljeikovite vrijednosti njenog ploda (Rahman i sar., 2001).

Plod se koristi u mnogim ajurvedskim preparatima kao hranljiva materija, adstringent, diuretik, afrodisijak i tonik protiv dijareje. Koristi se i kod anemije, žučnih infekcija, zapaljenja, upale grla, bronhitisa, lepre, lumbaga, preloma i umora (Nadkarni, 1994, Rahman i sar., 2001; Kirtikar i Basu, 2006; Shalabh i sar., 2012; Aidew i Buragohain, 2014). Poznato je da se plodovi upotrebljavaju u pripremi linimenata za liječenje reumatizma, čireva i opekotina od sunca (Aidew i Buragohain, 2014). Štaviše, prijavljeno je da posjeduje svojstva za prevenciju raka (*Council of Scientific and Industrial Research*). Sok od ploda se koristi kod dijareje i dizenterije (Vuorela i Alto, 1982).

Zahvaljujući prisustvu bioaktivnih jedinjenja, poput fenola, flavonoida i tannina, plodu se pripisuje i farmakološki značaj (Ćorović i sar., 2021). Međutim, treba imati u vidu da je životna sredina sve više zagađena teškim metalima, te da se njihovo prisustvo može odraziti na sadržaj bioaktivnih materija i antioksidativnu aktivnost kod ploda ove vrste.

Teški metali su prirodni sastojci Zemljine kore, ali su nekontrolisane ljudske aktivnosti drastično izmijenile njihove geohemijske cikluse i biohemijsku ravnotežu. To dovodi do akumulacije metala u dijelovima biljaka koji sadrže sekundarne metabolite, odgovorne za određenu farmakološku aktivnost (Singh i sar., 2011).

Aerobni organizmi su izloženi formiranju reaktivnih vrsta kiseonika (ROS). Ove nepotpune redukovane vrste kiseonika su toksični nusprodukti koji se neprekidno stvaraju na niskom nivou tokom normalnih metaboličkih procesa (Arora i dr., 2002; Michalak, 2006). Ali u biološkim sistemima, povećanje sinteze ROS-a je jedan od početnih odgovora na različite faktore stresa (Singh i Sinha, 2005). Dodatne količine ROS-a se javljaju pod stresnim uslovima kao što su napadi patogena, ranjavanja, UV-svjetlost, teški metali itd. (Wojtaszek, 1997; Michalak, 2006).

Ljeikovite biljke su glavni izvor antioksidativnih supstanci koje sprečavaju oksidativni stres izazvan reaktivnim vrstama kiseonika. Opšte je prihvaćeno da ROS izaziva oksidativni stres prouzrokujući uništavanje ćelija što dovodi do pojave različitih bolesti kod ljudi kao što su: poremećaji centralnog nervnog sistema, metastatski karcinom, problemi sa artritisom, kao i starenje. Biljna antioksidativna jedinjenja su efikasna protiv štetnog dejstva ROS-a. Uslijed prisustva aktivnih metabolita, terapijske biljke imaju veliki značaj u liječenju raznih bolesti (Riaz i sar., 2016; Selle i sar., 2012).

Ekstrakt voća/plodova vrste *Trapa natans L.*, zahvaljujući svojoj sposobnosti uklanjanja radikala, može da obezbijedi zaštitu od oksidativnog oštećenja (Malviya, i sar., 2010).

Prema istraživanju Aidewa i Buragohainaa, kora i plod vrste *Trapa natans* posjeduju snažno antimikobakterijsko i antioksidativno djelovanje. Plod se od davnina koristi u medicini, ali se kora smatrala otpadnim materijalom. Sa visokim sadržajem fenola i flavonoida, kora bi mogla biti potencijalni izvor antimikobakterijskih i antioksidativnih jedinjenja (Aidew i Buragohain, 2014).

Ciljevi ovog istraživanja obuhvataju određivanje sadržaja esencijalnih elemenata (K, Ca, Mg, Cu, Fe, Ni, Zn, Mn, Mo) i teških metala (Cd, Cr, Pb, Co) u egzokarpu i endokarpu novog ploda i egzokarpu starog ploda vrste *Trapa natans L.* sa područja Skadarskog jezera, određivanje sadržaja bioaktivnih materija (fenola, flavonoida i tanina) u metanolnom, etanolnom i vodenom ekstraktu datih uzoraka ploda ispitivane vrste, određivanje antioksidativne aktivnosti pomenutih ekstrakata primjenom različitih testova (DPPH i FRAP test), utvrđivanje najefikasnijeg rastvarača za ekstrakciju uzoraka ploda analizirane vrste, procjenu dobijenih vrijednosti koncentracija ispitivanih esencijalnih i teških metala radi mogućnosti primjene ploda u ishrani i u ljekovite svrhe, procjenu dobijenih vrijednosti antioksidativnog potencijala i koncentracija bioaktivnih materija radi farmakološke primjene ploda i određivanje korelacije sadržaja analiziranih metala sa koncentracijama bioaktivnih materija i vrijednostima antioksidativnog potencijala radi utvrđivanja njihovog uticaja na ljekoviti potencijal ploda vrste *Trapa natans L.*

## METODE

### Postupak sakupljanja plodova vrste *Trapa natans L.*

Plodovi vrste *Trapa natans L.* su sakupljeni početkom jeseni 2021. godine sa područja Skadarskog jezera u Crnoj Gori. Prikupljeni uzorci su u polietilenskim vrećama preneseni do laboratorije za fiziologiju biljaka na Prirodno-matematičkom fakultetu u Podgorici, gdje su odrađene potrebne analize.

### Priprema uzoraka za analizu

U laboratoriji uzorci su detaljno isprani vodom sa česme, a potom su ostavljeni da se malo osuše na sobnoj temperaturi. Izvršeno je razvrstavanje uzoraka na nove i stare (šuplje) plodove. Kod novih plodova ručno je izdvojen unutrašnji sloj, endokarp. Nakon sušenja na sobnoj temperaturi, sva tri uzorka (ezgokarp i endokarp novih plodova i egzokarp starih plodova) su pojedinačno usitnjena u avanu sa tučkom, a potom u električnom blenderu.

### Ekstrakcija uzoraka

Uzorci u prahu od po 30 g su estrahovani sa 150 ml metanola/etanola/destilovane vode u trajanju od 72 h. U tom vremenskom periodu uzorci su macerirani na sva-



ka 24 h, nakon čega su ostavljeni da odstoje u avanima prekrivenim providnom folijom radi sprečavanja procesa isparavanja.

Poslije 72 h, uzorci su procijeđeni pomoću filter papira. Filtrati su uparavani u vodenom kupatilu na temperaturi od 80 °C. Dobijeni ekstrakti su iz staklenih čaša prebačeni u plastične čaše i ependorf tube koje su ostavljene u frižideru za pripremu štok uzoraka.

### **Priprema štok uzoraka**

Za pripremu jednog štok uzorka izmjereno je 0,01 g određenog ekstrakta koji je u toj količini rastvoren u 10 ml metanola. Ukupno je napravljeno devet štok uzoraka koncentracije 1 mg/ml. Svi štok uzorci su u malim staklenim bočicama (10 ml) čuvani u frižideru do pripreme uzoraka (reakcionih smješa) u svrhu određivanja sadržaja fenola, flavonoida, tanina i antioksidativne aktivnosti.

### **Određivanje ukupnog sadržaja fenola**

Ukupan sadržaj fenola u ekstraktima plodova vrste *Trapa natans L.* određen je *Folin-Ciocalteu* kolorimetrijskom metodom prema: Singleton i Rossi (1965). Za pripremu uzorka u staklenu epruvetu dodato je 1 ml određenog štok uzorka, zatim 0,5 ml *Folin Ciocalteu* reagensa i 2,5 ml 7,5% rastvora natrijum-karbonata. Ukupno je pripremljeno dvadeset sedam staklenih epruveta, odnosno, devet uzoraka u tri ponavljanja. Uzorci su ostavljeni da odstoje na tamnom mjestu u vremenskom periodu od 120 minuta. Po isteku tog vremena, odrađeno je očitavanje apsorbanci pomoću spektrofotometra na talasnoj dužini od 740 nm. Koncentracija ukupnih fenola izražena je prema kalibracionoj krivoj standarda galne kiseline kao mg ekvivalenata galne kiseline po g suve materije (mg GA/ g suve materije).

### **Određivanje ukupnog sadržaja flavonoida**

Sadržaj ukupnih flavonoida u ekstraktima plodova ispitivane vrste određen je aluminijum-hlorid kolorimetrijskom metodom prema Shams Ardekani i sar. (2011) uz određene modifikacije. Za određivanje sadržaja ukupnih flavonoida svi uzorci su napravljeni i analizirani u tri ponavljanja tako što je dodato 1,2 ml određenog štok uzorka i 1,2 ml 2% rastvora aluminijum-hlorida. Pripremljeni uzorci su inkubirani 60 minuta na sobnoj temperaturi, nakon čega je očitana apsorbancia pomoću spektrofotometra pri talasnoj dužini od 420 nm. Sadržaj ukupnih flavonoida izražen je kao mikrogram po gramu ekvivalenta kvercetina ( $\mu\text{g/gQuE}$ ).

### **Određivanje ukupnog sadržaja tanina**

Ukupan sadržaj tanina u ekstraktima plodova vrste *Trapa natans L.* određen je primjenom modifikovane metode prema Price i Butleru (1977). Sadržaj ukupnih tanina ispitan je u uzorcima koji su pripremljeni miješanjem 500  $\mu\text{l}$  određenog štok uzorka, 8 ml destilovane vode, 0,5 ml 0,1M gvožđe (III)-hlorida i 0,5 ml 0,008 kalijum-fericijanida.

Slijepa proba je pripremljena na isti način ali bez dodavanja štok uzorka. Nakon pripreme, uzorci su ostavljeni 10 minuta na sobnoj temperaturi, a potom je uz slijepu probu očitana njihova apsorbancija pomoću spektrofotometra na talasnoj dužini od 720 nm. Svi uzorci su odrađeni u tri ponavljanja. Sadržaj ukupnih tanina izražen je kao mikrogram po gramu ekvivalenta taninske kiseline ( $\mu\text{g/gTAE}$ ).

### Antioksidativna aktivnost – DPPH test

Određivanje antioksidativnog potencijala primjenom DPPH testa vršeno je prema Shimada i sar. (1992). Po principu serijskog razblaživanja od uzorka koncentracije 1000  $\mu\text{g/ml}$  pripremljene su ostale koncentracije uzorka od 500  $\mu\text{g/ml}$ , 250  $\mu\text{g/ml}$ , 125  $\mu\text{g/ml}$ , 62,5  $\mu\text{g/ml}$ , 31,25  $\mu\text{g/ml}$ , 15  $\mu\text{g/ml}$  i 7,5  $\mu\text{g/ml}$ . Reakciona smješa je pripremljena miješanjem 3 ml rastvora određene koncentracije i 1 ml metanolnog rastvora DPPH. Dobijeni rastvori uzorka su ostavljeni na tamnom mjestu 30 minuta na sobnoj temperaturi. Kontrola je napravljena miješanjem 1 ml metanolnog rastvora DPPH i 3 ml metanola. Na spektrofotometru je očitana apsorbancija slijepa probe (3 ml metanola), kontrole i pripremljenih rastvora različitih koncentracija na talasnoj dužini od 517 nm. Mjerenje je vršeno u tri ponavljanja, a potom je prema formuli izračunat procenat antioksidativne aktivnosti (%AA) svih uzoraka u koncentracijama od 1000  $\mu\text{g/ml}$  do 7,5  $\mu\text{g/ml}$ . Rezultati su prikazani kao vrijednosti  $IC_{50}$ .

$$\text{Procenat antioksidativne aktivnosti, \%AA} = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100$$

$A_0$  – apsorbancija kontrole

$A_1$  – apsorbancija uzorka (standarda) određene koncentracije

### Antioksidativna aktivnost – FRAP test

Antioksidativna aktivnost određena je primjenom FRAP testa prema Benzie i Strain (1996). Uzorci su pripremljeni miješanjem 3000  $\mu\text{l}$  (3 ml) FRAP reagensa, 1000  $\mu\text{l}$  (1 ml) destilovane vode i 100  $\mu\text{l}$  određenog štok uzorka. Za pripremu slijepa probe umjesto 100  $\mu\text{l}$  štok uzorka dodata je destilovana voda u istoj količini. Pripremljeni uzorci i slijepa proba su stavljeni u termostat na 37 °C u vremenskom period od 15 minuta. Po isteku tog vremena, sve epruvete su izvađene iz termostata i ostavljene još 5 minuta na sobnoj temperaturi. Nakon toga očitana je apsorbancija pomoću spektrofotometra pri talasnoj dužini od 595 nm. Svi uzorci su pripremljeni i mjereni u tri ponavljanja.

Konačna apsorbancija za sve uzorke je izračunata oduzimanjem apsorbance slijepa probe od njihovih dobijenih apsorbanci. Dobijene vrijednosti su izražene kao  $\mu\text{mol Fe}^{2+}$  u 1 ml uzorka.

$$\text{Apsorbancija uzorka} = \text{apsorbancija uzorka} - \text{apsorbancija slijepa probe}$$

## Određivanje koncentracije ispitivanih metala primjenom tehnike induktivno spregnute plazme u uzorcima ploda vrste *Trapa natans L.*

U Institutu za javno zdravlje je u pripremljenim uzorcima u prahu (5 g) određen sadržaj ispitivanih makroelemenata (K, Ca, Mg), mikroelemenata (Cu, Fe, Ni, Zn, Mn, Mo) i teških metala (Cd, Cr, Pb, Co) primjenom tehnike indukovano kopulovane plazme (ICP-OES) na aparatu proizvođača *Spectro Arcos*.

### REZULTATI

#### Sadržaj esencijalnih elemenata u plodu vrste *Trapa natans L.*

Rezultati određivanja sadržaja makroelemenata: K, Ca, Mg i mikroelemenata: Cu, Fe, Ni, Zn, Mn, Mo u egzokarpu i endokarpu novog ploda, kao i egzokarpu starog ploda vrste *Trapa natans L.* sa područja Skadarskog jezera (Crna Gora) predstavljeni su u Tabeli 1.

**Tabela 1.** Sadržaj ispitivanih esencijalnih elemenata u plodu (*Trapa natans L.*)

Koncentracije ispitivanih makroelemenata i mikroelemenata u mg/kg									
Uzorci	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Ni	Zn	Mn	Mo
Egzokarp - novi	1039,62	4362,88	392,92	1,97	5607,45	2,05	4,98	76,80	2,36
Endokarp - novi	3453,07	853,23	1138,13	3,55	65,25	1,39	18,73	6,91	1,56
Egzokarp - stari	202,50	6220,00	611,84	2,21	8944,80	5,22	7,03	99,53	<0.005

U egzokarpu novog ploda, koncentracije makroelemenata opadaju prema prikazanom nizu: Ca>K>Mg. U endokarpu novog ploda opadajući niz je sljedeći: K>Mg>Ca. Kod egzokarpa starog ploda, koncentracija makroelemenata se smanjuje sledećim redosljedom: Ca>Mg>K.

Sadržaj mikroelemenata u ispitivanim uzorcima ima sledeći opadajući trend: egzokarp novog ploda: Fe>Mn>Zn>Mo>Ni>Cu; endokarp novog ploda: Fe>Zn>Mn>Cu>Mo>Ni; egzokarp starog ploda: Fe>Mn>Zn>Ni>Cu>Mo.

#### Sadržaj teških metala u plodu vrste *Trapa natans L.*

Rezultati određivanja sadržaja teških metala: Cd, Cr, Pb, Co u egzokarpu i endokarpu novog ploda i egzokarpu starog ploda ispitivane vrste prikazani su u Tabeli 2.

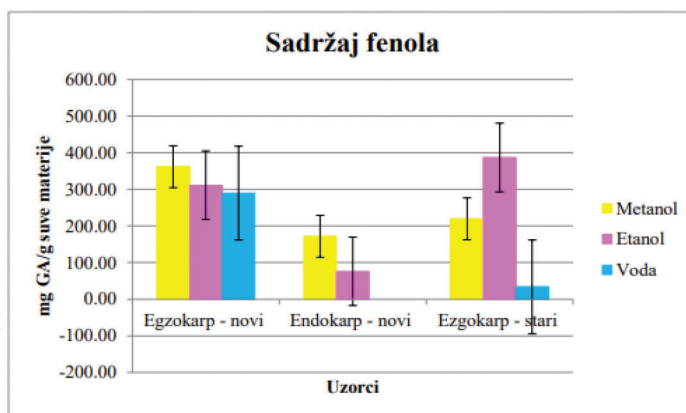
**Tabela 2.** Sadržaj ispitivanih teških metala u plodu (*Trapa natans L.*)

Koncentracije ispitivanih teških metala u mg/kg				
Uzorci	Cd	Cr	Pb	Co
Egzokarp - novi	<0,005	1,97	<0,01	0,75
Endokarp - novi	<0,005	0,34	<0,01	0,29
Egzokarp -stari	<0,005	6,88	<0,01	1,14

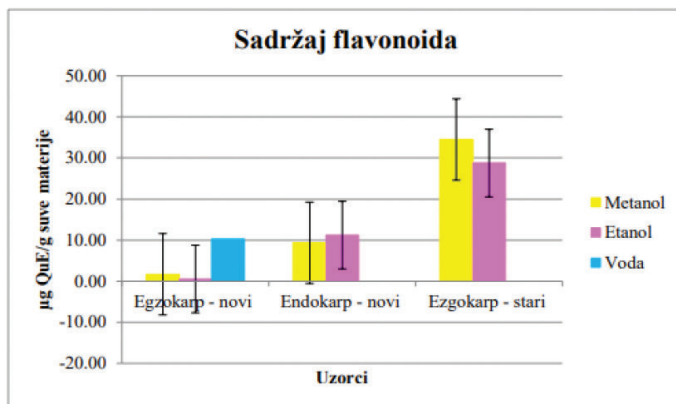
Minimalne vrijednosti koncentracije teških metala u svim analiziranim uzorcima registrovane su za Cd (<0,005 mg/kg) i Pb (<0,01 mg/kg). Maksimalne koncentracije Cr i Co zabilježene su u egzokarpu starog ploda (6,88 mg/kg; 1,14 mg/kg), a minimalne u endokarpu novog ploda (0,34 mg/kg; 0,29 mg/kg). Sadržaj analiziranih teških metala u svim ispitivanim uzorcima ploda kasaronje opada sledećim redosljedom: Cr>Co>Pb>Cd.

### Sadržaj ukupnih fenola, flavonoida i tanina u plodu vrste *Trapa natans L.*

Ukupan sadržaj fenola, flavonoida i tanina određen je u različitim ekstraktima egzokarpa novog ploda, endokarpa novog ploda i egzokarpa starog ploda ispitivane vrste. Dobijeni rezultati su predstavljeni na Graficima 1, 2. i 3. Koncentracija analiziranih bioaktivnih jedinjenja u svim ispitivanim ekstraktima prikazana je kao srednja vrijednost izračunata za tri ponavljanja.

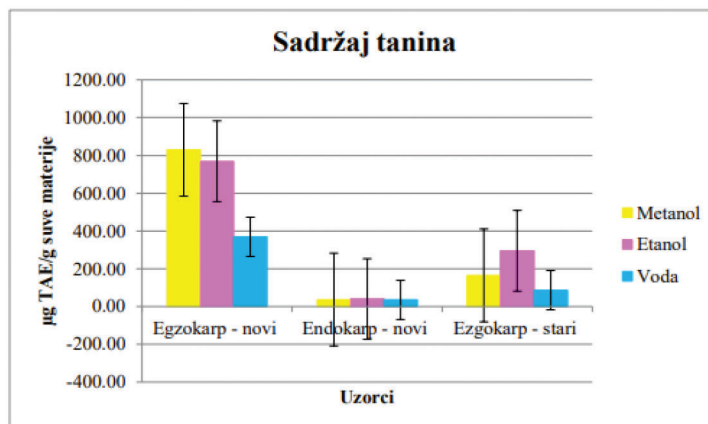
**Grafik 1.** Koncentracija ukupnih fenola u različitim ekstraktima ispitivanih uzoraka ploda vrste *Trapa natans L.*

Dobijene vrijednosti ukazuju da je najveća koncentracija fenola zastupljena u etanolnom ekstraktu egzokarpa starog ploda (387 mgGAE/g suve materije), a najmanja u vodenom ekstraktu istog uzorka (33,44 mgGAE/g suve materije). Koncentraciju fenola u vodenom ekstraktu endokarpa novog ploda nije bilo moguće odrediti zbog niske vrijednosti apsorbance ovog ekstrakata.



**Grafik 2.** Koncentracija ukupnih flavonoida u različitim ekstraktima analiziranih uzoraka ploda vrste *Trapa natans L.*

Pregledom dobijenih rezultata može se zapaziti da je najveća koncentracija flavonoida registrovana u metanolnom ekstraktu egzokarapa starog ploda (34,48 µgQuE/g suve materije), a najmanja u etanolnom ekstraktu egzokarapa novog ploda (0,56 µgQuE/g suve materije). Koncentracije flavonoida u vodenim ekstraktima endokarapa novog ploda i egzokarapa starog ploda nije bilo moguće odrediti jer su pomenuti ekstrakti pokazivali niske vrijednosti apsorbance.



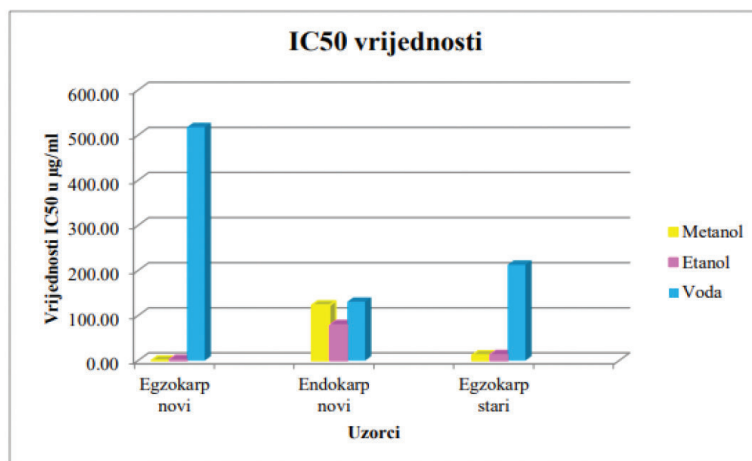
**Grafik 3.** Koncentracija ukupnih tanina u različitim ekstraktima analiziranih uzoraka ploda vrste *Trapa natans L.*

Dobijene vrijednosti sa grafika ukazuju da je najveća koncentracija tanina zastupljena u metanolnom ekstraktu egzokarapa novog ploda (829,44 µgTAE/g suve materije), a najmanja u vodenom ekstraktu endokarapa (34,77 µgTAE/g suve materije). Određivanjem sadržaja tanina u različitim ekstraktima ispitivanih uzoraka, ustanovljeno je da je da su visoke koncentracije ovih jedinjenja prisutne u metanolnom (829,44 mgGAE/g suve materije) i etanolnom ekstraktu (768,89

$\mu\text{gTAE/g}$  suve materije) egzokarpa novog ploda. Kod sva tri analizirana ekstrakta endokarpa registrovane su niže koncentracije tanina u odnosu na iste ekstrakte egzokarpa novog i starog ploda.

### Antioksidativna aktivnost – DPPH i FRAP

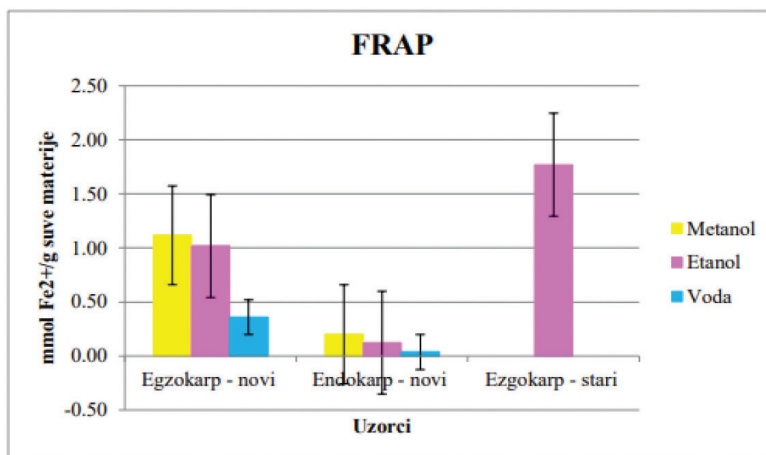
Antioksidativna aktivnost analiziranih ekstrakta ispitivane vrste je određena pri-mjenom DPPH i FRAP testa. Dobijeni rezultati prikazani su na Graficima 4 i 5.



**Grafik 4.** Dobijene  $IC_{50}$  vrijednosti za različite ekstrakte ispitivanih uzoraka vrste *Trapa natans L.*

Na osnovu dobijenih rezultata, može se vidjeti da su najveću antioksidativnu aktivnost pokazali metanolni i etanolni ekstrakt egzokarpa novog ploda. Nešto slabiju antioksidativnu aktivnost imali su isti ekstrakti egzokarpa starog ploda. Zabilježene  $IC_{50}$  vrijednosti za metanolni (0,10  $\mu\text{g/ml}$ ) i etanolni ekstrakt (1,77  $\mu\text{g/ml}$ ) egzokarpa novog ploda, ali i egzokarpa starog ploda (11,73  $\mu\text{g/ml}$ , 12,61  $\mu\text{g/ml}$ ) bile su približnih vrijednosti, te samim tim ovi ekstrakti kod oba egzokarpa ne pokazuju značajniju razliku u jačini antioksidativnog potencijala.

Kod endokarpa novog ploda, zapaža se nešto izraženija razlika u  $IC_{50}$  vrijednostima između metanolnog (122,82  $\mu\text{g/ml}$ ) i etanolnog (79,23  $\mu\text{g/ml}$ ) ekstrakta. Manja  $IC_{50}$  vrijednost etanolnog ekstrakata ukazuje da je ovaj ekstrakt ispoljio jači antioksidativni potencijal u odnosu na metanolni ekstrakt. Ustanovljeno je da je vodeni ekstrakt kod sva tri uzorka imao najveću  $IC_{50}$  vrijednost, odnosno, najmanju antioksidativnu aktivnost.



**Grafik 5.** Prikaz FRAP vrijednosti ekstrakata analiziranih uzoraka ploda vrste *Trapa natans L.*

Prikazani rezultati na grafiku ukazuju da je najveća vrijednost antioksidativnog potencijala registrovana kod etanolnog ekstrakta egzokarpa starog ploda (1,77 mmol), a najmanja kod vodenog ekstrakta endokarpa novog ploda (0,04 mmol).

### Korelacija sadržaja metala sa ispitivanim parametrima ploda vrste *Trapa natans L.*

#### Korelacija između sadržaja metala i ispitivanih parametara u egzokarpu novog ploda

Određene su korelacije sadržaja metala sa ispitivanim parametrima u egzokarpu novog ploda vrste *Trapa natans L.* Dobijeni rezultati prikazani su u Tabelama 3 i 4, pri čemu su sve statistički značajne korelacije označene crnom bojom.

**Tabela 3.** Pirsonov koeficijent korelacije ( $p < 0,05$ ) za sadržaj metala i bioaktivnih materija u egzokarpu novog ploda vrste *Trapa natans L.*

	TPC(M)	TPC(E)	TPC(V)	TFC(M)	TFC(E)	TFC(V)	TTC(M)	TTC(E)	TTC(V)
K	0.348	0.839	-0.914	-0.078	0.105	0.975	0.710	0.716	0.978
Ca	-0.947	-0.569	-0.378	<b>0.999*</b>	0.991	-0.252	-0.725	-0.720	-0.239
Mg	0.970	0.924	-0.184	-0.866	-0.759	0.737	0.983	0.981	0.727
Cu	-0.789	-0.267	-0.661	0.927	0.980	0.080	-0.458	-0.451	0.094
Fe	-0.064	-0.647	0.992	-0.212	-0.387	-0.869	-0.478	-0.485	-0.876
Ni	-0.970	-0.924	0.185	0.865	0.759	-0.737	-0.983	-0.981	-0.728
Zn	-0.271	0.357	-0.977	0.524	0.671	0.656	0.159	0.167	0.666
Mn	-0.631	-0.044	-0.813	0.820	0.911	0.302	-0.247	-0.239	0.315
Mo	-0.887	-0.987	0.406	0.727	0.589	-0.873	<b>-0.999*</b>	<b>-0.999*</b>	-0.866
Cd	-0.676	-0.982	0.694	0.447	0.277	-0.987	-0.923	-0.926	-0.985
Cr	-0.596	0.000	-0.838	0.794	0.891	0.344	-0.203	-0.196	0.357
Pb	-0.095	-0.670	0.988	-0.181	-0.358	-0.884	-0.505	-0.512	-0.891
Co	0.993	0.866	-0.054	-0.924	-0.838	0.641	0.950	0.947	0.631

\*. Korelacija je značajna na nivou od 0,05



**Tabela 4.** Pirsonov koeficijent korelacije ( $p < 0,05$ ) za sadržaj metala i ispitivanih parametara (DPPH i FRAP) u egzokarpu novog ploda vrste *Trapa natans L.*

	DPPH(M)	DPPH(E)	DPPH(V)	FRAP(M)	FRAP(E)	FRAP(V)
K	0.683	0.991	<b>0.999*</b>	.901	.609	.866
Ca	-0.750	0.108	-0.082	-0.460	-0.811	-0.526
Mg	0.989	0.448	0.609	0.868	<b>0.999*</b>	0.903
Cu	-0.491	0.429	0.250	-0.143	-0.574	-0.217
Fe	-0.445	-0.988	-0.941	-0.738	-0.355	-0.686
Ni	-0.989	-0.449	-0.610	-0.868	<b>-0.999*</b>	-0.903
Zn	0.122	0.881	0.776	0.473	0.024	0.405
Mn	-0.283	0.620	0.461	0.083	-0.375	0.008
Mo	-0.997	-0.642	-0.776	-0.959	-0.984	-0.978
Cd	-0.908	-0.866	-0.945	<b>-0.998*</b>	-0.862	-0.991
Cr	-0.240	0.655	0.500	0.127	-0.334	0.052
Pb	-0.472	-0.992	-0.951	-0.759	-0.384	-0.708
Co	0.961	0.327	0.500	0.795	0.983	0.839

\* . Korelacija je značajna na nivou od 0,05

### Korelacija između sadržaja metala i ispitivanih parametara u endokarpu novog ploda

U Tabelama 5 i 6 su prikazani rezultati korelacione analize između sadržaja metala i ispitivanih parametara u endokarpu novog ploda.

**Tabela 5.** Pirsonov koeficijent korelacije ( $p < 0,05$ ) za sadržaj metala i bioaktivnih materija u endokarpu novog ploda vrste *Trapa natans L.*

	TPC(M)	TPC(E)	TFC(M)	TFC(E)	TTC(M)	TTC(E)	TTC(V)
K	0.996	0.579	0.110	-0.824	-0.844	-0.265	0.223
Ca	-0.996	-0.579	-0.110	0.824	0.844	0.265	-0.223
Mg	-0.420	-0.996	0.806	-0.079	-0.042	-0.703	0.733
Cu	-0.420	-0.996	0.806	-0.079	-0.042	-0.703	0.733
Fe	0.720	-0.237	0.823	-0.968	-0.958	-0.902	0.883
Ni	<b>-1.000*</b>	-0.482	-0.223	0.884	0.900	0.374	-0.333
Zn	-0.576	0.417	-0.916	0.903	0.886	0.968	-0.956
Mn	-0.996	-0.579	-0.110	0.824	0.844	0.265	-0.223
Mo	0.420	0.996	-0.806	0.079	0.042	0.703	-0.733
Cd	0.970	0.280	0.429	-0.964	-0.973	-0.566	0.530
Cr	0.576	-0.417	0.916	-0.903	-0.886	-0.968	0.956
Pb	0.576	-0.417	0.916	-0.903	-0.886	-0.968	0.956
Co	-0.950	-0.207	-0.496	0.981	0.988	0.626	-0.592

\*\* . Korelacija je značajna na nivou od 0,01

**Tabela 6.** Pirsonov koeficijent korelacije ( $p < 0,05$ ) za sadržaj metala i ispitivanih parametara (DPPH i FRAP) u endokarpu novog ploda vrste *Trapa natans L.*

	DPPH(M)	DPPH(E)	DPPH(V)	FRAP(M)	FRAP(E)	FRAP(V)
K	-0.721	-0.500	-0.961	-0.721	-0.397	-0.982
Ca	0.721	0.500	0.961	0.721	0.397	0.982
Mg	-0.240	-0.500	0.240	-0.240	-0.596	0.655
Cu	-0.240	-0.500	0.240	-0.240	-0.596	0.655
Fe	-0.996	-0.982	-0.839	-0.996	-0.954	-0.500
Ni	0.795	0.596	0.986	0.795	0.500	0.954
Zn	0.961	<b>1.000**</b>	0.721	0.961	0.993	0.327
Mn	0.721	0.500	0.961	0.721	0.397	0.982
Mo	0.240	0.500	-0.240	0.240	0.596	-0.655
Cd	-0.908	-0.756	<b>-0.999*</b>	-0.908	-0.676	-0.866
Cr	-0.961	<b>-1.000**</b>	-0.721	-0.961	-0.993	-0.327
Pb	-0.961	<b>-1.000**</b>	-0.721	-0.961	-0.993	-0.327
Co	0.937	0.803	0.992	0.937	0.729	0.826

\*. Korelacija je značajna na nivou od 0,05

\*\* .Korelacija je značajna na nivou od 0,01

### Korelacija između sadržaja metala i ispitivanih parametara u egzokarpu starog ploda

Utvrđene su korelacije između sadržaja metala i ispitivanih parametara u egzokarpu starog ploda vrste *Trapa natans L.* Dobijene vrijednosti se mogu vidjeti u Tabelama 7 i 8.

**Tabela 7.** Pirsonov koeficijent korelacije ( $p < 0,05$ ) za sadržaj metala i bioaktivnih materija u egzokarpu starog ploda vrste *Trapa natans L.*

K	-0.695	0.264	-0.926	-0.940	0.896	0.957	0.610	-0.454
Ca	-0.547	0.077	-0.838	-0.988	0.797	0.885	0.449	-0.277
Mg	-0.695	0.264	-0.926	-0.940	0.896	0.957	0.610	-0.454
Cu	-0.695	0.264	-0.926	-0.940	0.896	0.957	0.610	-0.454
Fe	-0.695	0.264	-0.926	-0.940	0.896	0.957	0.610	-0.454
Ni	-0.695	0.264	-0.926	-0.940	0.896	0.957	0.610	-0.454
Zn	-0.695	0.264	-0.926	-0.940	0.896	0.957	0.610	-0.454
Mn	0.275	-0.703	-0.137	-0.765	0.064	0.227	-0.381	0.545
Mo	0.970	-0.967	0.790	0.175	-0.832	-0.730	-0.991	<b>0.999*</b>
Cd	0.992	-0.932	0.855	0.287	-0.890	-0.803	<b>-1.000*</b>	0.986
Cr	-0.695	0.264	-0.926	-0.940	0.896	0.957	0.610	-0.454
Pb	0.837	<b>-0.997*</b>	0.545	-0.157	-0.605	-0.466	-0.893	0.961
Co	-0.695	0.264	-0.926	-0.940	0.896	0.957	0.610	-0.454

\*. Korelacija je značajna na nivou od 0,05

\*\* .Korelacija je značajna na nivou od 0,01

**Tabela 8.** Pirsonov koeficijent korelacije ( $p < 0,05$ ) za sadržaj metala i ispitivanih parametara (DPPH i FRAP) u egzokarpu starog ploda vrste *Trapa natans L.*

	DPPH(M)	DPPH(E)	DPPH(V)	FRAP(E)
K	0.945	1.000**	0.961	0.662
Ca	0.866	0.982	0.996	0.508
Mg	0.945	1.000**	0.961	0.662
Cu	0.945	1.000**	0.961	0.662
Fe	0.945	1.000**	0.961	0.662
Ni	0.945	1.000**	0.961	0.662
Zn	0.945	1.000**	0.961	0.662
Mn	0.189	0.500	0.721	-0.319
Mo	-0.756	-0.500	-0.240	-0.980
Cd	-0.826	-0.596	-0.350	-0.996
Cr	0.945	1.000**	0.961	0.662
Pb	-0.500	-0.189	0.091	-0.861
Co	0.945	1.000**	0.961	0.662

\*\* . Korelacija je značajna na nivou od 0,01

## DISKUSIJA

Analiza sadržaja esencijalnih elemenata pokazala je da postoje variranja u koncentraciji ispitivanih elemenata u zavisnosti od vrste analiziranog uzorka. Ispitivani mikroelementi su biljkama važni i neophodni u malim koncentracijama. Prekomjernim unosom počinju da ispoljavaju svoje toksično dejstvo. Na osnovu dobijenih rezultata, može se zapaziti da su koncentracije gvožđa povišene u egzokarpima (5607,45 mg/kg; 8944,80 mg/kg). Ostali mikroelementi su prisutni u manjim koncentracijama, odnosno, ne prelaze FAO/WHO maksimalno dozvoljenu granicu.

Dobijeni rezultati ukazuju na malu zastupljenost teških metala u egzokarpu novog ploda, endokarpu novog ploda i egzokarpu starog ploda. U naučnoj studiji Krivokapić (2021) ispitan je sadržaj (teških) metala u cijelom plodu vrste *Trapa natans L.* sa Skadarskog jezera (Crna Gora). Rezultati su pokazali da se sadržaj metala u plodu smanjivao prema sledećem nizu: Al>Zn >Cu>Cr>Pb=Cd=Hg=As. Koncentracija hroma bila je veća od koncentracije Pb i Cd, što je u skladu sa rezultatima ovog istraživanja. Međutim, interesantno je napomenuti da je u navedenoj studiji Krivokapić, (2021) koncentracija hroma u cijelom plodu kasaronje (0,30 mg/kg) bila niža od koncentracije ovog metala u pojedinačnim djelovima ploda koji su analizirani u okviru ovog rada (egzokarp novog ploda: 1,97 mg/kg, endokarp novog ploda: 0,34 mg/kg i egzokarp starog ploda: 6,88 mg/kg). Takođe, prema rezultatima naučne studije autora Krivokapić (2021) vrijednosti koncentracija Pb i Cd bile su niže od 0,01 mg/kg. Poređenjem tih vrijednosti sa novim vrijednostima koncentracija Pb i Cd, registrovanih u ovom istraživanju, može se primjetiti da se koncentracija kadmijuma smanjila (<0,005 mg/kg), dok je koncentracija olova ostala ista (<0,01 mg/kg).

Sadržaj ukupnih fenola u egzokarpu novog i starog ploda i endokarpu novog ploda vrste *Trapa natans L.* je varirao u odnosu na tip rastvarača koji je upotrebljen za proces ekstrakcije. Poređenjem analiziranih ekstrakata svakog uzorka pojedinačno, utvrđena je najveća koncentracija fenola u metanolnom ekstraktu egzokarpa novog ploda, metanolnom ekstraktu endokarpa (novi plod) i etanolnom ekstraktu egzokarpa starog ploda. Na osnovu dobijenih vrijednosti fenola, ustanovljeno je da se metanol pokazao kao najbolji rastvarač za ekstrakciju egzokarpa i endokarpa novog ploda, a etanol za ekstrakciju egzokarpa starog ploda. Kod sva tri uzorka voda se pokazala kao najgori rastvarač koji je ekstrahovao najmanju količinu fenola. Koncentracije fenola koje su zabilježene u ekstraktima egzokarpa novog ploda bile su približnih vrijednosti, što bi značilo da ne postoji ogromna razlika u nivou efikasnosti metanola kao najboljeg i vode kao najgoreg rastvarača. Razlike u količini ispitivanih metabolita bile su izraženije kod ekstrakata egzokarpa starog ploda, naročito između etanolnog i vodenog ekstrakta. U ovom slučaju je zapažena značajno velika razlika u stepenu efikasnosti najboljeg i najgoreg rastvarača.

U naučnoj studiji Aidew i Buragohain (2014) ispitan je sadržaj ukupnih fenola u metanolnom (37,45 mg/gGAE) i etanolnom ekstraktu (112,81 mg/gGAE) egzokarpa ploda vrste *Trapa natans L.* sa područja Indije. Pregledom rezultata ove naučne studije može se vidjeti da je veća koncentracija fenola zabilježena u etanolnom ekstraktu, što se pokazalo i prilikom ispitivanja istih ekstrakata egzokarpa starog ploda u ovom radu (metanol: 219,67 mgGAE/g suve materije; etanol: 387,00 mgGAE/g suve materije). Dobijeni rezultati koji pokazuju da je sadržaj fenola veći u metanolnom (362,00 mgGAE/g suve materije) nego u etanolnom (311,44 mgGAE/g suve materije) ekstraktu egzokarpa novog ploda, nisu u skladu sa rezultatima pomenute naučne studije. Takođe, može se vidjeti da su oba ekstrakta egzokarpa novog i starog ploda imali veću količinu fenola nego ekstrakti egzokarpa u istraživanju autora Aidew i Buragohain (2014). Ova naučna studija bavila se i određivanjem sadržaja ukupnih fenola u cijelom plodu (58,78 mg/gGAE) pri čemu je etanol upotrebljen u procesu ekstrakcije. Može se zapaziti da je u etanolnom ekstraktu cijelog ploda zabilježena manja koncentracija fenola u odnosu na etanolne ekstrakte njegovih pojedinačnih dijelova, egzokarpa i endokarpa novog ploda (311,44 mgGAE/g suve materije; 76,11 mgGAE/g suve materije) i egzokarpa starog ploda (387,00 mgGAE/g suve materije), analiziranih u ovom radu.

Sadržaj ukupnih flavonoida se takođe razlikovao u zavisnosti od ispitivanog ekstrakta. S obzirom da se koncentracije flavonoida nisu mogle odrediti u vodenim ekstraktima endokarpa (novi plod) i egzokarpa starog ploda, jasno je da se voda pokazala kao najgori rastvarač za ekstrakciju ovih uzoraka. Međutim, voda je ekstrahovala najveći sadržaj flavonoida kod egzokarpa novog ploda, što je čini najboljim rastvaračem za ekstrakciju pomenutog uzorka. U procesu ekstrakcije endokarpa najbolje se pokazao etanol, dok je kod egzokarpa starog ploda to bio metanol. Ono što je zajedničko za sve ispitivane uzorke jesu veoma približne vrijednosti flavonoida u metanolnim i etanolnim ekstraktima, te je razlika u nivou efikasnosti ova dva rastvarača veoma mala.

Poređenjem svih ispitanih ekstrakata u okviru pojedinačnih uzoraka, utvrđena je najveća koncentracija tanina u metanolnom ekstraktu egzokarpa novog ploda, etanolnom ekstraktu endokarpa (novi plod) i etanolnom ekstraktu egzokarpa starog ploda. Može se zapaziti da se metanol pokazao kao najbolji rastvarač za ekstrakciju egzokarpa novog ploda, dok se etanol pokazao kao najbolji rastvarač za ekstrakciju endokarpa (novi plod) i egzokarpa starog ploda. Kao najgori rastvarač za ekstrakciju sva tri uzorka pokazala se voda s obzirom da su u vodenim ekstraktima registrovane najmanje količine tanina. Dobijene vrijednosti ovih jedinjenja u vodenim ekstraktima egzokarpa novog i starog ploda bile su dosta niže od njihovih maksimalnih vrijednosti, što bi ukazivalo na postojanje veće razlike u stepenu efikasnosti najboljeg i najgoreg rastvarača. Izuzetak je endokarp u čijim su ekstraktima zabilježene veoma približne vrijednosti tanina.

Na osnovu dobijenih DPPH i FRAP vrijednosti analiziranih ekstrakata, ustanovljeno je da su metanolni i etanolni ekstrakt egzokarpa novog ploda i starog ploda pokazali jaku antioksidativnu aktivnost. Ovi rezultati su u skladu sa dobijenim vrijednostima koncentracija fenola i tanina, što znači da je registrovan visok sadržaj ovih metabolita u pomenutim ekstraktima. Određivanjem antioksidativne aktivnosti primjenom ova dva testa, uočene su razlike u dobijenim rezultatima za endokarp. Prema DPPH testu, najveću vrijednost antioksidativnog potencijala imao je etanolni ekstrakt, dok je prema FRAP testu najjaču antioksidativnu aktivnost pokazao metanolni ekstrakt. Analizom ekstrakata endokarpa primjećene su i razlike u koncentracijama biokativnih jedinjenja, fenola i tanina. Najviše fenola zabilježeno je u metanolnom ekstraktu, dok je najviše tanina bilo u etanolnom ekstraktu endokarpa.

S obzirom da je odabir rastvarača imao presudan značaj na dobijene vrijednosti koncentracija bioaktivnih jedinjenja u analiziranim uzorcima, u cilju što detaljnije karakterizacije ploda i njegovog antioksidativnog potencijala, naredna istraživanja bi trebalo usmjeriti u pravcu ispitivanja sadržaja ovih jedinjenja primjenom različitih metoda ekstrakcije. Buduća istraživanja se takođe mogu odnositi na ispitivanje uticaja teških metala na nutritivne vrijednosti ploda vrste *Trapa natans L.*, s obzirom da je poznata njegova upotreba u ishrani na području Crne Gore, a kako terapijski potencijal u tradicionalnoj medicini do sada nije razjašnjen, predlaže se i istraživanje hemijskog profila ploda, kao i niz bioloških testova (citotoksični, antiinflamatorni, antimikrobni, ...).

**ZAKLJUČAK**

Sadržaj bioaktivnih materija je varirao u zavisnosti od ispitivanog uzorka i rastvarača koji se koristio za proces ekstrakcije. Voda se pokazala kao najgori rastvarač za ekstrakciju uzoraka. Izuzetak je vodeni ekstrakt egzokarpa novog ploda u kojem je registrovana najveća količina flavonoida. Efikasnost metanola i etanola se razlikovala u odnosu na ispitivani uzorak i vrstu metabolita koji su kvantitativno određivani.

Uzorci sa visokim koncentracijama ovih metabolita pokazali su i visoke vrijednosti antioksidativnog potencijala. Najjaču antioksidativnu aktivnost pokazuju metanolni i etanolni ekstrakt egzokarpa novog ploda, kao i etanolni ekstrakt egzokarpa starog ploda, pa shodno tome predstavljaju dobar izvor antioksidativnih jedinjenja koja su poznata po adekvatnom pružanju zaštite od negativnog uticaja slobodnih radikala.

Koncentracije gotovo svih ispitivanih metala su u skladu sa MDK što je od izuzetnog značaja s obzirom na izražene ljekovite vrijednosti ploda i njegovu potencijalnu upotrebu u medicinske i farmaceutske svrhe.

## LITERATURA

- Adkar, P., Dongare, A., Ambavade, S., & Bhaskar, V. H. (2014). *Trapa bispinosa Roxb.: a review on nutritional and pharmacological aspects. Advances in pharmacological sciences*, 2014.
- Aidew, L., & Buragohain, A. K. (2014). *Antimycobacterial and antioxidant activities of the fruit of Trapa natans L. var. Bispinosa reveal its therapeutic potential. Am J Phytomed Clin Ther*, 2(10), 1234-1245.
- Ardekani, M. R. S., Hajimahmoodi, M., Oveisi, M. R., Sadeghi, N., Jannat, B., Ranjbar, A. M., ... & Moridi, T. (2011). „Comparative antioxidant activity and total flavonoid content of Persian pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars“. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 10(3), 519.
- Arora, A., Sairam, R.K., Srivastava, G.C. (2002). *Oxidative stress and antioxidative system in plants. Curr Sci* 82: 1227-1238.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). *The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Chandana, M., Mazumder, R., & Chakraborty, G. S. (2013). „A review on potential of plants under Trapa species“. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*, 3(2), 502-508.
- Corovic, R. C., Bradic, J., Tomovic, M., Dabanovic, V., Jakovljevic, V., Zarkovic, G., & Rogac, Z. (2021). „Chemical Composition and Biological Activity of Trapa Natans L.“ *Serbian Journal of Experimental and Clinical Research*.
- Council of Scientific and Industrial Research (2003). *The Wealth of India, A dictionary of Indian Raw Material and Industrial products*. New Delhi, India: National Institute of Science Communication and Information Resources (CSIR); Vol.X, pp. 275-276
- Kirtikar, K. R., & Basu, B. D. (2006). *Indian Medicinal Plants*, Vol. II. Uttaranchal. India: International Book Distributors.
- Krivokapić, M. (2021). *Study on the evaluation of (Heavy) metals in water and sediment of skadar lake (montenegro), with bcf assessment and translocation ability (ta) by trapa natans and a review of sdgs. Water*, 13(6), 876.
- Malviya, N., Jain, S., Jain, A., Jain, S., & Gurjar, R. (2010). *Evaluation of in vitro antioxidant potential of aqueous extract of Trapa natans L. fruits. Acta Poloniae Pharmaceutica*, 67(4), 391-396.
- Michalak, A. (2006). *Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. Pol J Environ Stud* 15:523–530.
- Nadkarni, K.M. *Indian Materia Medica* (1994). Vol I. Mumbai: Bombay popular prakashan Pvt. Ltd.
- Price, M. L., & Butler, L. G. (1977). „Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain“. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 25(6), 1268-1273.
- Rahman, M. M., Wahed, M. I. I., Biswas, M. H. U., Sadik, G. M. G., & Haque, M. E. (2001). *In vitro antibacterial activity of the compounds of Trapa bispinosa Roxb.*



- Riaz, M., Mahmood, Z., Shahid, M., Saeed, M. U. Q., Tahir, I. M., Shah, S. A., ... & ElGhorab, A. (2016). „Impact of reactive oxygen species on antioxidant capacity of male reproductive system“. *International journal of immunopathology and pharmacology*, 29(3), 421-425.
- Selle, P. H., Cowieson, A. J., Cowieson, N. P., & Ravindran, V. (2012). „Protein–phytate interactions in pig and poultry nutrition: a reappraisal“. *Nutrition research reviews*, 25(1), 1-17.
- Singh S, Sinha S (2005). *Accumulation of metals and its effects in Brassica juncea (L.) Czern (cv. Rohini) grown on various amendments of tannery waste*. *Ecotoxicol Environ Saf* 62: 118-127.
- Singh, R., Gautam, N., Mishra, A., & Gupta, R. (2011). „Heavy metals and living systems: An overview“. *Indian journal of pharmacology*, 43(3), 246–253.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). „Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents“. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Shalabh, B., Akash, J., & Jasmine, C. (2012). *Trapa natans (Water Chestnut): an overview*.
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., & Nakamura, T. (1992). „Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion“. *Journal of agricultural and food chemistry*, 40(6), 945-948.
- Vuorela, I., & Aalto, M. (1982, January). „Palaeobotanical investigations at a Neolithic dwelling site in southern Finland, with special reference to *Trapa natans*“. In *Annales Botanici Fennici* (pp. 81-92). Finnish Botanical Publishing Board.
- Wojtaszek, P. (1997). „Oxidative burst: an early plant response to pathogen infection“. *Biochemical Journal*, 322(3), 681-692.

**Milica VUČUROVIĆ****ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF HEAVY METALS ON BIOCHEMICAL PARAMETERS OF *TRAPA NATANS L.* FRUITS**

**Summary:** In this research, the content of essential elements (K, Ca, Mg, Cu, Fe, Ni, Zn, Mn, Mo) and heavy metals (Cd, Cr, Pb, Co) in exocarp, endocarp of new fruit and exocarp of old fruit of the species *Trapa natans L.* from the Skadar lake area (Montenegro) was examined. Afterwards, the content of bioactive substances and antioxidant potential values were determined in the various extracts of the given samples using the DPPH and FRAP tests. The correlation of the content of the examined metals with the concentrations of bioactive substances and the values of the antioxidant potential was also determined, in order to assess their influence on the medicinal potential of the fruit. According to the obtained results, it can be seen that the content of almost all tested metals is within the limits of maximum allowed concentrations (MDK). Somewhat higher concentration values of tested bioactive substances (TPC, TFC, TTC) were registered, and their concentration varies depending on the type of solvent and the type of sample tested. The maximum concentration of phenols was recorded in the ethanolic extract (387 mgGAE/g of dry matter), and of flavonoids in the methanolic extract of the exocarp of the old fruit (34,48 µgQuE/g of dry matter). The highest tannin content was registered in the methanolic extract of the exocarp of the new fruit (829,44 µgTAE/g of dry matter). The samples that had a high content of these metabolites also showed strong antioxidant activity. High values of antioxidant potential were recorded in the methanol and ethanol extracts of the exocarp of the new fruit, as well as the ethanol extract of the old fruit. Accordingly, these extracts represent a good source of antioxidant compounds.

**Keywords:** *Trapa natans L.*, heavy metals, phenols, flavonoids, tannins, antioxidant activity



### Prirodno-matematiki fakultet

**MILICA VUČUROVIĆ** je rođena 24. 5. 1998. godine u Kotoru. OŠ „Dašo Pavičić“ i Gimnaziju „Ivan Goran Kovačić“ završila je u Herceg Novom 2017. godine kao nosilac diplome „Luča“. Iste godine je upisala osnovne studije na Prirodno-matematičkom fakultetu, Odsjek za biologiju u Podgorici. Dvogodišnje master studije upisala je po

završetku osnovnih studija 2020. godine. Master rad pod nazivom *Procjena uticaja teških metala na biohemijske parametre kod ploda vrste 'Trapa nantans L.'* odbranila je 28. 12. 2022. godine na Prirodno-matematičkom fakultetu, Univerziteta Crne Gore pod mentorstvom prof. dr Slađane Krivokapić.

## PREGLED MASTER I ZAVRŠNIH RADOVA ODBRANJENIH U 2022. GODINI NA UNIVERZITETU CRNE GORE

### ARHITEKTONSKI FAKULTET

1. Bjelanović, Katarina. *Urbana regeneracija Tivta kroz kulturno rekreativni Hub na lokaciji Župa*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veljko Radulović, rad je odbranjen 30.11.2022.
2. Božanović, Dušica. *Rekreacija prostornog nasleđa Podgorice kroz hologramsku interpretaciju*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Svetlana Perović, rad je odbranjen 30.11.2022.
3. Fatić, Vladimir. *Transformativna prostorna struktura metaforičnog značenja*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Svetlana Perović, rad je odbranjen 30.11.2022.
4. Konatar, Anja. *Rekreacija prostornog nasleđa Podgorice kroz hologramsku*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Svetlana Perović, rad je odbranjen 30.11.2022.
5. Krivokapić, Bojana. *Metafizička ruševina – regeneracija kulturno – istorijskog nasleđa kroz koncept odsutne materije*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Ilija Lalošević, rad je odbranjen 30.11.2022.
6. Marković, Danilo. *Metamorfoza doma kulture: Rekreiranje nedovršenog doma u Risnu*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Vladimir Bojković, rad je odbranjen 29.11.2022.
7. Petrović, Miloš. *Unapređenje kulturno – edukativnog statusa grada Budve*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veljko Radulović, rad je odbranjen 15.11.2022.
8. Riger, Andrej. *Urbana regeneracija industrijskog područja Jadransko brodogradilište, Bijela (post)industrijsko nasleđe kroz integraciju arhitekture i memorije*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof.dr Drgan Komatina, rad je odbranjen 15.11.2022.
9. Stanović, Divna. *Biomorfizam u arhitekturi nautičkog turizma rekonstrukcija Luke Porto di Bari u Bariju, Italija*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Slavica Stamatović Vučković, rad je odbranjen 29.11.2022.
10. Stojkanović, Sara. *Uticaj individualnog identiteta Masai plemena Kilimindzaro, regije Tanzanija u novom naselju*. Podgorica: Arhitektonski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Rifat Alihodžić, rad je odbranjen 17.10.2022.

**BIOTEHNIČKI FAKULTET**

1. Bulatović, Tatjana. *Trešnja muva na području Podgorice i Nikšića*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Sanja Radonjić, rad je odbranjen 30.11.2022.
2. Čvorović, Ana. *Ispitivanje rezistentnosti izolata na fungicide*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nedeljko Latinović, rad je odbranjen 18.11.2022.
3. Dubljević, Anđela. *Mikrobiološki rizici u proizvodnji mikrobilja*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Mirjana Bojanić Rašović, rad je odbranjen 29.11.2022.
4. Grbović, Dragana. *Integralna zaštita zelene salate*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nedeljko Latinović, rad je odbranjen 18.11.2022.
5. Ljekočević, Marija. *Integralna zaštita povrća u jesenjoj proizvodnji u opštini Tuzi*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nedeljko Latinović, rad je odbranjen 25.11.2022.
6. Rondović, Ivana. *Fizičko-hemijske i senzorne karakteristike Lager EJL piva*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Danijela Raičević, rad je odbranjen 02.12.2022.
7. Sošić, Suzana. *Kvalitet vina dobijenog od sorti Vranac i Kratošija iz berbe 2021. godine*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Radmila Pajović Šćepanović, rad je odbranjen 02.12.2022.
8. Stijepović, Nađa. *Nadzor komaraca u jednom broju turističkih mjesta Boke Kotorske 2021. godine*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Igor Pajović, rad je odbranjen 22.11.2022.
9. Šekularac, Hristina. *Kvalitet vina vranac Riječkog subregiona berba 2019. godina*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Danijela Raičević, rad je odbranjen 20.12.2022.
10. Živković, Tijana. *Analiza mikrobioloških rizika u proizvodnji piva*. Podgorica: Biotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Mirjana Bojanić Rašović, rad je odbranjen 29.11.2022.

**EKONOMSKI FAKULTET**

Nema informacija o odbranjenim radovima u kalendarskoj 2022. godini.

**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

1. Rakočević, Stevan. *Koordinisana alokacija i dimenzionisanje distribuiranih izvora električne energije i uređaja za fleksibilan prenos električne energije u radikalnoj distributivnoj mreži*. Podgorica: Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor doc. dr Martin Čalasan, rad je odbranjen 22.07.2022.

**FAKULTET DRAMSKIH UMJETNOSTI**

1. Kovačević, Danica. *#OnaBiTebePodržala: Kreativna produkcija društvenih medija kao pokretač društvene promjene*. Cetinje: Fakultet dramskih umjetnosti Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vuk Vuković, rad je odbranjen 01.12.2022.
2. Laban, Jelena. *Umjetnička funkcija glasa ili kreiranje zvučnog identiteta glumca. Iskustvo kreiranja glasa u predstavama „Tobelija, mimikrija“ i „Kapital“*. Cetinje: Fakultet dramskih umjetnosti Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. Branislav Mićunović, rad je odbranjen 25.11.2022.

**FAKULTET LIKOVNIH UMJETNOSTI**

1. Bakočević, Bosiljka. *Efemerno u tehnicu akvarela*. Cetinje: Fakultet likovnih umjetnosti Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. mr Ratko Odalović, rad je odbranjen 23.12.2022.
2. Bulatović, Lana. *Uspostavljanje principa za dizajniranje interaktivnih sadržaja za razvoj socijalnih vještina specifičnih ciljnih grupa – djece sa autizmom*. Cetinje: Fakultet likovnih umjetnosti Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. mr Ana Matić, rad je odbranjen 01.12.2022.
3. Delić, Stefan. *Skulptorski ključevi kao lični alfabet*. Cetinje: Fakultet likovnih umjetnosti Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. mr Željko Reljić, rad je odbranjen 01.12.2022.
4. Mitrović, Ana. *Specifičnosti fotografske semantike u konstrukciji identiteta u Instagram selfi kulturi*. Cetinje: Fakultet likovnih umjetnosti Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. Branislav Mićunović, rad je odbranjen 25.11.2022.

**FAKULTET POLITIČKIH NAUKA**

1. Femić, Jelena. *Meka, tvrda ili ultimativna moć Rusije: tipovi moći u službi geopolitičkog nadmetanja i oživljavanja hladnoratovskog imperijalizma*. Podgorica: Fakultet političkih nauka Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Boris Vukićević, rad je odbranjen 22.12.2022.
2. Stešević, Branko. *Kineska inicijativa „Pojas i put“ iz ugla konstruktivističke perspektive*. Podgorica: Fakultet političkih nauka Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Boris Vukićević, rad je odbranjen 30.11.2022.

**FAKULTET ZA SPORT I FIZIČKO VASPITANJE**

Nema informacija o odbranjenim radovima u kalendarskoj 2022. godini.

**FAKULTET ZA TURIZAM I HOTELIJERSTVO**

Nema informacija o odbranjenim radovima u kalendarskoj 2022. godini.

**FILOLOŠKI FAKULTET**

1. Alić, Lejla. *Konzumerizam i satira u pričama Džordža Sondersa*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vanja Vukićević – Garić, rad je odbranjen 29.11.2022.
2. Boričić, Ksenija. *Stvaranje polisemije u jeziku*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Nataša Jovović, rad je odbranjen 28.11.2022.
3. Čalasan, Jelica. *Frazeologizmi u romanu Ratna sreća Mihaila Lalića*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Rajka Glušica, rad je odbranjen: 28.11.2022.
4. Dragnić, Radojka. *Indeksni znak u poeziji Mirka Banjevića*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Olga Vojičić-Komatina, rad je odbranjen 14.12.2022.
5. Dragojlović, Andrea. *Globalizam u ranim romanima Kazua Išigura*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vanja Vukićević - Garić, rad je odbranjen 29.11.2022.
6. Husović, Semra. *Glagolski vid u crnogorskom-srpskom, bosanskom i hrvatskom jeziku i njegovi ekvivalenti u njemačkom jeziku*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Smilja Srdić, rad je odbranjen 09.12.2022.
7. Ivanović, Kristina. *Upotreba optativa u kratkim folklornim formama*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Sonja Nenezić, rad je odbranjen 30.11.2022.
8. Jovović, Sara. *Sinonimija i sinonimičnost u crnogorskom jeziku*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Nataša Jovović, rad je odbranjen: 02.11.2022.
9. Kalač, Amra. *Prevođenje kulturnospecifičnih pojmova u reklamnim tekstovima u Crnoj Gori kao turističkoj destinaciji na njemačkom jeziku*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Annette Đurović, rad je odbranjen 29.12.2022.
10. Knežević, Ana. *Elementi starosjedilačke kosmogonije u poeziji Džoj Hardžo*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Aleksandra Nikčević-Batrićević, rad je odbranjen 21.09.2022.
11. Mandić, Jelena. *Hibridni identiteti u romanima Preletač Zigfrida Lenca i Doba međi Slobodana Šnajdera*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Jelena Knežević, rad je odbranjen 30.11.2022.
12. Mujović, Anđela. *Primjeri interkulturalnog pristupa Danila Kiša u prevodu Stilskih vježbi francuskog pisca Rejmona Kenoa*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Dragan Bogojević, rad je odbranjen 21.12.2022.



13. Muratović, Ivana. *Prezimana Nikšića*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Draško Došljak, rad je odbranjen 30.11.2022.
14. Obradović, Ivana. *Onomastika Lubnica*, Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Draško Došljak, rad je odbranjen: 28.11.2022.
15. Radović, Darinka. *Uporedna analiza crnogorskog i italijanskog jezika prava na primjeru presuda Evropskog suda za ljudska prava*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Deja Piletić, rad je odbranjen: 24.11.2022.
16. Raičević, Sanja. *Distopija, vizija i nada u romanima Kazua Išigura*. Nikšić: Filološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vanja Vukićević – Garić, rad je odbranjen 30.11.2022.

### FILOZOFSKI FAKULTET

1. Šabović, Adisa. *Vaspitni značaj i uticaj sredstava masovne komunikacije na djecu predškolskog uzrasta*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Biljana Maslovarić, rad je odbranjen 01.12.2022.
2. Đukić, Anđela. *Planiranje usvajanja pojmova geometrijskih oblika u mlađoj uzrasnoj grupi*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 03.11.2022.
3. Madžarović, Jelena. *Participacija porodice i lokalne zajednice u vaspitno-obrazovnom procesu predškolske ustanove*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Biljana Maslovarić, rad je odbranjen 21.12.2022.
4. Kankaraš, Marija. *Uloga eksperimenata u podsticanju aktivnosti pri realizaciji sadržaja iz oblasti upoznavanja prirode i društva*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: saradnik u nastavi dr Mirko Đukanović, rad je odbranjen 19.12.2022.
5. Čvorović, Nevena. *Rad u centrima interesovanja kao podsticaj u razumijevanju sadržaja oblasti upoznavanja prirode i društva*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: saradnik u nastavi dr Mirko Đukanović, rad je odbranjen 19.12.2022.
6. Kontić, Milica. *Planiranje usvajanja pojmova geometrijskih oblika u srednjoj uzrasnoj grupi*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 01.12.2022.
7. Đurković, Zorana. *Planiranje aktivnosti za usvajanje pojma broja na predškolskom uzrastu*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 01.12.2022.
8. Femić, Jelena. *Planiranje usvajanja pojmova prostornih relacija kod djece na predškolskom uzrastu*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 19.12.2022.
9. Mijanović, Jelena. *Planiranje usvajanja pojmova geometrijskih oblika u starijoj uzrasnoj grupi*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 01.12.2022.

10. Maraš, Tamara. *Igra i njen kulturni kontekst u ranom djetinjstvu*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Biljana Maslovarić, rad je odbranjen 01.12.2022.
11. Osmajlić, Jelena. *Porodične veze u romskoj zajednici i oblici braka kao činioci razvoja djece predškolskog uzrasta*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Biljana Maslovarić, rad je odbranjen 29.12.2022.
12. Lalić, Jovana. *Igra predškolskog djeteta u crnogorskom kulturnom kontekstu*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Biljana Maslovarić, rad je odbranjen 29.12.2022.
13. Bjelica, Ivana. *Vertikalna povezanost društvenih pojmova u predmetu Istorija kroz osnovnu školu*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milica Drobac Pavićević, rad je odbranjen 08.12.2022.
14. Terek, Aleksandra. *Povezanost percepcije vaspitnih stilova roditelja i depresije kod mladih*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: saradnik u nastavi dr Bojana Miletić, rad je odbranjen 30.12.2022.
15. Lončar, Aneta. *Afektivna vezanost i osobine ličnosti kao korelati psihološkog blagostanja*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milica Drobac Pavićević, rad je odbranjen 30.12.2022.
16. Kuč, Nermina. *Kritička pedagogija u kontekstu filozofije vaspitanja i obrazovne politike*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vučina Zorić, rad je odbranjen 29.11.2022.
17. Kontić, Nina. *Uloga vaspitača u konfliktima među djecom predškolskog uzrasta*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Jovana Marojević, rad je odbranjen 15.12.2022.
18. Kovačević, Jelica. *Uticaj porodičnih odnosa i stilova roditeljstva na probleme u ponašanju adolescenata*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc dr. Tatjana Vujović, rad je odbranjen 28.12.2022.
19. Delić, Mladen. *Dinamika temperature i padavina u Kolašinu i veza sa sjevernoatlanskom oscilacijom*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Dragan Burić, rad je odbranjen 29.09.2022.
20. Vujović, Filip. *Izrada GIS modela za kartiranje hazarda od šumskog požara korišćenjem otvorenih geoprostornih podataka*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Gojko Nikolić, rad je odbranjen 06.10.2022.
21. Šanović, Mia. *Dimenzije pedagoške podrške djeci sa smetnjama iz spektra autizma u prvom ciklusu osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Tatjana Novović, rad je odbranjen 29.12.2022.
22. Stajović, Ivona. *Uloga domaćeg zadatka u nastavi matematike u prvom ciklusu osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 29.12.2022.
23. Radulović, Snežana. *Aritmetički sadržaji u četvrtom razredu osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 21.12.2022.

24. Perković, Dragana. *Algebarski sadržaji u četvrtom razredu osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 21.12.2022.
25. Nikolić, Irena. *Planiranje diferencirane nastave matematike u prvom ciklusu osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 29.12.2022.
26. Vukotić, Marija. *Razlike u uhranjenosti učenika četvrtog razreda sjevernei južne regije Crne Gore*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milovan Ljubojević, rad je odbranjen 05.12.2022.
27. Šišević, Sanja. *Primjena i značaj asistivne tehnologije u nastavi za djecu sa posebnim obrazovnim potrebama u nižim razredima osnovnih škola na teritoriji Podgorice*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nada Šakotić, rad je odbranjen 19.12.2022.
28. Kljajević, Ljiljana. *Rješavanje matematičkih problemskih zadataka u prvom ciklusu osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 29.12.2022.
29. Saveljić, Jelena. *Percepcija učitelja o ulozi asistenata u inkluzivnom obrazovanju*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nada Šakotić, rad je odbranjen 19.12.2022.
30. Vujičić, Marija. *Razvoj vještine čitanja ćirilskog pisma u trećem razredu osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Dijana Vučković, rad je odbranjen 19.09.2022.
31. Dacić, Suada. *Stepen tjelesne uhranjenosti kod učenika prvih i sedmih razreda osnovnih škola na teritoriji opštine Rožaje*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milovan Ljubojević, rad je odbranjen 07.10.2022.
32. Vulić, Tijana. *Razlike u motoričkim sposobnostima učenika osnovnih škola urbane i ruralne životne sredine u Podgorici*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milovan Ljubojević, rad je odbranjen 02.12.2022.
33. Dragišić, Milena. *Struktura porodice kao prediktor ponašanja u školi*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Tatjana Novović, rad je odbranjen 03.11.2022.
34. Popović, Jovana. *Uključivanje djece sa oštećenjem sluha u vaspitno-obrazovni proces*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nada Šakotić, rad je odbranjen 26.10.2022.
35. Ugrenović, Andriana. *Primjena očiglednih nastavnih sredstava u početnoj nastavi matematike*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Veselin Mićanović, rad je odbranjen 01.12.2022.
36. Četković, Milica. *Saradnja porodice i škole kao faktor prevencije vršnjačkog nasilja*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Tatjana Novović, rad je odbranjen 03.11.2022.
37. Jovanović, Ivan. *Metodička interpretacija kratke narodne priče u petom razredu osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Dijana Vučković, rad je odbranjen 25.10.2022.

38. Mrdović, Tamara. *Saradnja porodice i škole kao faktor prevencije neuspjeha učenika u drugom ciklusu*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Tatjana Novović, rad je odbranjen 28.11.2022.
39. Škrijelj, Majda. *Efekti različitih radnih okruženja na učenje novih nastavnih sadržaja kod djece prvog ciklusa osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milovan Ljubojević, rad je odbranjen 21.12.2022.
40. Milović, Mirjana. *Organizacija rada sa djecom sa tjelesnim invaliditetom u prvom ciklusu osnovne škole*. Nikšić: Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nada Šakotić, rad je odbranjen 19.12.2022.

### GRAĐEVINSKI FAKULTET

1. Arabelović, Jasna. *Projekat i analiza konstrukcije hotela sa pet zvijezdica u zahvatu DUP-a „Topolica II – izmjene i dopune“*. Podgorica: Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Srđan Janković, rad je odbranjen 20.12.2022.
2. Božović, Marko. *Projektovanje i izgradnja lukobrana za zaštitu luka od dejstva morskih talasa*. Podgorica: Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Mladen Ulićević, rad je odbranjen 27.10.2022.
3. Knežević, Katarina. *Projekat i analiza armiranobetonske konstrukcije hotela „Kraljičina plaža“ u Miločeru*. Podgorica: Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Srđan Janković, rad je odbranjen 01.12.2022.
4. Šćepanović, Luka. *Primjena letećeg pepela iz pogona TE „Pljevlja“ za spravljanje maltera*. Podgorica: Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Radomir Zejak, rad je odbranjen 18.11.2022.

### MAŠINSKI FAKULTET

1. Anđušić, Željka. *Istraživanje indikatora performansi bezbjednosti saobraćaja u Crnoj Gori*. Podgorica: Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Radoje Vujadinović, rad je odbranjen 21.12.2022.
2. Bogavac, Dejan. *Planiranje održive urbane mobilnosti u opštini Berane*. Podgorica: Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Radoje Vujadinović, rad je odbranjen 21.12.2022.
3. Delić, Dejan. *Ocjena kvaliteta zavarenih spojeva dupleks čelika 1.4462 ostvarenih REL i MAG postupcima*. Podgorica: Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Darko Bajić, rad je odbranjen 29.12.2022.
4. Maraš, Nikola. *Analiza sistema aptibilnog upravljanja saobraćajem na raskrscima*. Podgorica: Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vladimi Pajković, rad je odbranjen 29.11.2022.
5. Mrvaljević, Andrijana. *Istraživanje stavova učesnika u saobraćaju prema bezbjednosti saobraćaja u Crnoj Gori*. Podgorica: Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Boško Batović, rad je odbranjen 21.12.2022.
6. Šibalić, Mina. *Eksperimentalna istraživanja optimalnih parametara za 3D*

*štampanje PVA materijala kontrolom adhezije snage između slojeva*. Podgorica: Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Aleksandar Vujović, rad je odbranjen 24.11.2022.

7. Vučetić, Anđela. *Razvoj bezbjednih školskih puteva primjenom geografskih informacionih sistema*. Podgorica: Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Boško Matović, rad je odbranjen 15.11.2022.

### MEDICINSKI FAKULTET

1. Adžić, Vladica. *Formulacija farmaceutskih oblika za primjenu na sluznicu nosa*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 30.09.2022.
2. Aleksić, Ivan. *Rehabilitacija nakon operacije Ahilove tetive*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Dušan Mustur, rad je odbranjen 16.09.2021.
3. Babić, Miodrag. *Rehabilitacija inkontinentnih pacijenata nakon povrede mokraćne bešike*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nataša Popović, rad je odbranjen 03.10.2022.
4. Bahović, Aida. *Toksičnost i novi terapijski pristupi botulinskog toksina*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sc Vera Dabanović, rad je odbranjen 22.09.2022.
5. Bajović, Stanko. *Poremećaj ličnosti – granični poremećaji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Lidija Injac Stevović, rad je odbranjen 05.07.2022.
6. Bećović, Nusreta. *Zdravstvena njega starijih osoba oboljelih od komplikacija dijabetesa*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Merdin Markišić, rad je odbranjen 20.09.2022.
7. Bijedić, Miloš. *Timski rad u zbrinjavanju malokluzije*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jasminka Anđelić, rad je odbranjen 17.09.2022.
8. Blagojević, Marija. *Fizioterapija dijastaze trbušnih mišića nakon porođaja*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Saša Raičević, rad je odbranjen 12.09.2022.
9. Bojić, Dijana. *Anoerobne infekcije – vrste, dijagnostika, liječenje i njega bolesnika*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.
10. Bojić, Matija. *Uveitisi – etiologija, klinička slika, dijagnostika i liječenje*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Antoaneta Adžić Zečević, rad je odbranjen 06.07.2022.
11. Borović, Andrijana. *Imunoterapija kod ginekoloških tumora*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vladimir Todorović, rad je odbranjen 06.07.2022.
12. Bošković, Jelica. *Urođeno krivo stopalo*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Žarko Dašić, rad je odbranjen 16.09.2021.
13. Brajović, Jovana. *Fizioterapija nakon preloma vrata butne kosti (mehanizam*



- nastanka, klinička slika i liječenje*). Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Žarko Dašić, rad je odbranjen 08.07.2022.
14. Brnović, Milan. *Epidemiologija Guillien-Baerovog sindroma i fizioterapijski tretman*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Boban Mugoša, rad je odbranjen 17.09.2021.
  15. Brstina, Tanja. *Pancreatitis – dijagnostika, liječenje i zdravstvena njega*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 06.07.2022.
  16. Bubanja, Sandra. *Toksičnost interakcija alkohola i stimulativnih sredstava*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sc Vera Dabanović, rad je odbranjen 22.09.2022.
  17. Bubanja, Valentina. *Hijeluronska kiselina obećavajući sastojak u proizvodima za podmlađivanje kože – istine i zablude*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 05.07.2022.
  18. Bulatović, Danijela. *Sistematsko djelovanje opioida i njihova zloupotreba*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Vera Dabanović, rad je odbranjen 11.02.2022.
  19. Canović, Almedina. *Asepsa i antisepsa – specifičnosti hirurškog rada*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.
  20. Cvrk, Jasnima. *ORL oboljenja u trudnoći*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Elvir Zvrko, rad je odbranjen 06.07.2022.
  21. Čolević, Ivana. *Fizioterapija Parkinsonove bolesti*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Bokan – Mirković, rad je odbranjen 17.09.2021.
  22. Čolović, Milica. *Rana rehabilitacija bolesnika nakon moždanog udara*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Dušan Mustur, rad je odbranjen 21.09.2022.
  23. Čaćić, Dijana. *Kontrola ponašanja djeteta u stomatološkoj ordinaciji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Snežana Matijević, rad je odbranjen 17.09.2022.
  24. Čaćić, Nevena. *Fizioterapija hemiparetične ruke nakon moždanog udara*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Bokan – Mirković, rad je odbranjen 17.09.2021.
  25. Četković, Sanja. *Ihtioze*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milena Đurović, rad je odbranjen 12.01.2022.
  26. Čulafić, Aleksej. *Carijes profunde (sipleks i complicata)*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Mirjana Đuričković, rad je odbranjen 21.09.2022.
  27. Čulafić, Nikola. *Anemija kod starijih osoba*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Merdin Markišić, rad je odbranjen 20.09.2022.

28. Dabić, Tamara. *Fizioterapija hemiplegija u ranoj rehabilitaciji osoba sa moždanim udarom*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Bokan, rad je odbranjen 03.10.2022.
29. Dajević, Anika. *Histopatološke karakteristike tumora mozga*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Filip Vukmirović, rad je odbranjen 14.02.2022.
30. Damjanović, Nenad. *Ciste kod djece – etiologija, dijagnostika i terapija*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Snežana Matijević, rad je odbranjen 15.01.2022.
31. Divčić, Sara. *Liječenje ortodonskih nepravilnosti aktivatorima*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jasminka Anđelić, rad je odbranjen 17.09.2022.
32. Doderović, Maja. *Potencijalna primjena aktivnih principa kanabisa u savremenoj terapiji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Vera Dabanović, rad je odbranjen 11.02.2022.
33. Dragojević, Jelena. *Tromboflebitisi i duboka venska tromboza – dijagnostika, liječenje i zdravstvena njega*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.
34. Drešević, Samra. *Uticaj nasleđa na razvoj nepravilnosti vilica i zuba*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jasminka Anđelić, rad je odbranjen 08.07.2022.
35. Dubljević, Tea. *Savremeni patološki parametri*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Mileta Golubović, rad je odbranjen 05.07.2022.
36. Duraković, Deniza. *Gojaznost*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Merdin Markišić, rad je odbranjen 20.09.2022.
37. Durović, Ensar. *Degenerativna oboljenja kuka (koksarproze) i hirurško liječenje*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Žarko Dašić, rad je odbranjen 06.07.2022.
38. Đilas, Tijana. *Transfuzija – uloga medicinske sestre*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 06.07.2022.
39. Đokić, Minja. *Fizikalni tretman i rehabilitacija bolesnika sa povredama glave*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 21.09.2022.
40. Đurišić, Anđela. *Etiologija, dijagnoza i terapija parodontopatije kod djece*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Mirjana Đuričković, rad je odbranjen 21.09.2022.
41. Đurišić, Jovan. *Epidemiologija oštećenja Ahilove tetive i fizioterapijski tretman*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Boban Mugoša, rad je odbranjen 17.09.2021.
42. Đurković, Sara. *Intrakranijalno krvarenje – dijagnostika i liječenje*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 19.09.2022.



43. Đurović, Milivoje. *Patohistološke karakteristike karcinoma mokraćne bešike*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Filip Vukmirović, rad je odbranjen 08.06.2022.
44. Femić, Bojana. *Epitelni tumori kože*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Filip Vukmirović, rad je odbranjen 08.06.2022.
45. Fetahović, Redžep. *Primarni glaukom otvorenog ugla*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Antonaeta Adžić Zečević, rad je odbranjen 06.07.2022.
46. Frljučkić, Emira. *Gingivitis kod djece, kao posledica loše oralne higijene*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Mirjana Đuričković, rad je odbranjen 08.07.2022.
47. Gačević, Aleksandra. *Hypericum perforatum l. (kantaron) u terapiji depresije*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sc Vera Dabanović, rad je odbranjen 19.09.2022.
48. Glušica, Ivana. *Karcinom dojke*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 06.07.2022.
49. Gogić, Mihailo. *Primjena implantata u stomatologiji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Boljević, rad je odbranjen 08.07.2022.
50. Goločevac, Zorana. *Ekstraintestinalne manifestacije inflamatornih bolesti crijeva*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Ljiljana Vučković, rad je odbranjen 04.07.2022.
51. Hajduković, Jelena. *Perspektive razvoja prirodnih emulzionih proizvoda sa propolisom*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 05.07.2022.
52. Heldić, Armin. *Kineziterapija kod ishemijske bolesti srca, primjena, uloga, značaj*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Emilija Nikolić, rad je odbranjen 21.09.2022.
53. Hosnić, Almir. *Polno prenosive bolesti*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milena Đurović, rad je odbranjen 11.02.2022.
54. Hosnić, Almira. *Endometrijoza – simptomi, dijagnoza i liječenje*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Saša Raičević, rad je odbranjen 13.01.2022.
55. Izgarević, Danica. *Stem ćelije u stomatologiji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Ljiljana Vučković, rad je odbranjen 08.07.2022.
56. Janković, Ivana. *Fizioterapija kod ishemijske bolesti srca*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Emilija Nikolić, rad je odbranjen 21.09.2022.
57. Jeknić, Marija. *Značaj i primjena profilaktičnih sredstava u dječjoj stomatologiji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Mirjana Đuričković, rad je odbranjen 08.07.2022.

58. Jokić, Sladjana. *Klinička ispitivanja lijekova na pedijatrijskoj populaciji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Snežana Mugoša, rad je odbranjen 07.07.2022.
59. Jovanović, Ivona. *Makrovaskularni biomarkeri u procjeni rizika nastanka kardiovaskularnih oboljenja*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nataša Popović, rad je odbranjen 19.09.2022.
60. Jović, Dragan, *Prelomi gornje vilice*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Boljević, rad je odbranjen 08.07.2022.
61. Kastratović, Dejan. *Hipertenzija i komplikacije kod starijih osoba*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Merdin Markišić, rad je odbranjen 20.09.2022.
62. Klikovac, Jelena. *Dobročudni tumori mozga – epidemiologija, dijagnostika, liječenje i rehabilitacija*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Boban Mugoša, rad je odbranjen 12.09.2022.
63. Konatar, Andrijana. *Nitrozaminske nečistoće u lijekovima*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci pharm Nemanja Turković, rad je odbranjen 05.07.2022.
64. Kovač, Sara. *Rehabilitacija disfunkcije mokraćne bešike kod oboljelih od multiple skleroze*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nataša Popović, rad je odbranjen 03.10.2022.
65. Kovačević, Ivana. *Ileus – vrste, dijagnostika i liječenje*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.
66. Krejić, Nikola. *Fizioterapija bolesti perifernog nervnog sistema*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Bokan, rad je odbranjen 21.09.2022.
67. Krivošić, Adelisa. *Fizioterapija karličnog dna*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Saša Raičević, rad je odbranjen: 08.07.2022.
68. Krkeljaš, Ivana. *Opekotine*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 06.07.2022.
69. Krulanović, Mile. *Patohistološke karakteristike karcinoma štitne žlijezde*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Filip Vukmirović, rad je odbranjen 08.06.2022.
70. Kuzman, Tamara. *Koža i psiha*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milena Đurović, rad je odbranjen 04.07.2022.
71. Lazović, Anđela. *Fizioterapija kod djece sa razvojnim deformitetima koljena*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Dušan Mustur, rad je odbranjen 03.10.2022.
72. Ličina, Lejla. *Savremeni pristupi u formulacijama polučvrstih preparata za primjenu na koži kod djece*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 11.02.2022.
73. Lipovina, Ana. *Benigni tumor pljuvačnih žlijezda*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Boljević, rad je odbranjen 08.07.2022.

74. Lubarda, Sara. *Upotreba biljnih sirovina za izradu emulzija za primjenu na koži*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 11.02.2022.
75. Lukolić, Dražen. *Fizioterapija nakon povreda ramena kod sportista*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Dragan Radovanović, rad je odbranjen 12.09.2022.
76. Luković, Esada. *Rehabilitacija pacijenata nakon povrede mokraćne bešike*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nataša Popović, rad je odbranjen 21.09.2022.
77. Lješević, Sara. *Fizioterapija nakon povreda koljena kod sportista*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Dragan Radovanović, rad je odbranjen 21.09.2022.
78. Magdelinić, Milan. *Savremeni pristup u dijagnostici i liječenju ektopične trudnoće*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Saša Raičević, rad je odbranjen 06.07.2022.
79. Manojlović, Anja. *Retencija i recidivi u ortodonskoj terapiji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jasminka Anđelić, rad je odbranjen 17.09.2022.
80. Marić, Jovana. *Značaj sveobuhvatne kardijalne rehabilitacije u liječenju angine pectoris i hipertenzije*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Emilija Nikolić, rad je odbranjen: 06.07.2022.
81. Marković, Suzana. *Kineziterapija djece sa cerebralnom paralizom*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Bokan – Mirković, rad je odbranjen 09.02.2022.
82. Medunjanin, Ema. *Povrede i iščašenja talusa*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Žarko Dašić, rad je odbranjen 16.09.2021.
83. Mekić, Edita. *Upotreba mikrovaskularnih biomarkera u dijagnostici kardiovaskularnih oboljenja*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nataša Popović, rad je odbranjen 19.09.2022.
84. Metjahić, Mirela. *Tumori jetre – dijagnostika, liječenje i njega bolesnika*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.
85. Mijušković, Anja. *Krvarenje u prvoj polovini trudnoće*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Saša Raičević, rad je odbranjen 06.07.2022.
86. Mikulić, Milena. *Vrste anestezije kod laproskopskih hirurških zahvata*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 04.07.2022.
87. Miladinović, Stefan. *Bol u stomatologiji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Milena Đuričković, rad je odbranjen 17.09.2022.
88. Miličić, Maja. *Disanje kao etiološki faktor malokluzije*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jasminka Anđelić, rad je odbranjen 08.07.2022.

89. Milošević, Ana. *Dermatni preparati za tretman i njegu kože sklone aknama*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 14.02.2022.
90. Milošević, Martina. *Rehabilitacione tehnike kod poremećaja hoda uzrokovanog poremećajem mišićne aktivnosti*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Bokan, rad je odbranjen 03.10.2022.
91. Milović, Luka. *Histopatološke karakteristike prekancerijskih lezija i karcinoma grlića materice*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Ljiljana Vučković, rad je odbranjen 04.07.2022.
92. Miljanić, Sanja. *Značaj prepoznavanja i liječenja kratkovidosti*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Antonaeta Adžić Zečević, rad je odbranjen 14.02.2022.
93. Minić, Aleksandra. *Racionalna antibakterijska terapija – izazov 21. Vjeka*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Snežana Mugoša, rad je odbranjen 07.07.2022.
94. Mitrović, Ana. *Prelomi donje vilice*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Boljević, rad je odbranjen 17.09.2022.
95. Mojašević, Marija. *Fizioterapija kod oboljenih od tromboflebitisa i flebotromboze*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Emilija Nikolić, rad je odbranjen 21.09.2022.
96. Muratović, Emir. *Karcinom debelog crijeva – dijagnostika, liječenje i zdravstvena njega*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.
97. Mušura, Nikola. *Povrede mliječnih zuba*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Snežana Matijević, rad je odbranjen 17.09.2022.
98. Niković, Jovana. *Izazovi u rješavanju odlaganja i uništavanja neiskorištenih farmaceutskih oblika*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 19.09.2022.
99. Obradović, Luka. *Epidemiologija spondilitisa vratne kičme i fizioterapijski tretman*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Boban Mugoša, rad je odbranjen 17.09.2021.
100. Osmani, Behidin. *Sindrom karpalnog kanala: etiologija, klinička slika i liječenje*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Žarko Dašić, rad je odbranjen 12.09.2022.
101. Ostojić, Anđela. *Vakcine protiv COVID 19 – razvoj i regulatorni okvir*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Snežana Mugoša, rad je odbranjen 09.02.2022.
102. Pantović, Aleksa. *Rascjeli nepca i vilice – etiologija, klinička slika i ortodontske terapije*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jasminka Anđelić, rad je odbranjen 15.01.2022.
103. Paunović, Ana. *Kineziterapija djece sa cerebralnom paralizom*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Bokan – Mirković, rad je odbranjen: 09.02.2022.

104. Pavićević, Bojan. *Karcinom debelog crijeva*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Veselin Stanišić, rad je odbranjen 20.09.2022.
105. Pavićević, Tamara. *Prijevremeni porođaj*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Saša Raičević, rad je odbranjen 13.01.2022.
106. Pešić, Dušica. *Biogarmaceutska karakterizacija lijekova*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 11.02.2022.
107. Pešić, Nenad. *Prostatitis kod starijih osoba*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Merdin Markišić, rad je odbranjen 20.09.2022.
108. Petrović, Danijela. *Značaj aktivnih biljnih principa za sintezu lijekova*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sc Vera Dabanović, rad je odbranjen 19.09.2022.
109. Piljević, Irma. *Piogene infekcije-vrste, liječenje i njega bolesnika*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.
110. Popović, Anja. *Farmakokinetika levofloksacina*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 19.09.2022.
111. Popović, Katarina. *Povezanost dijabetesa melitusa i karcinoma*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Brigita Smolović, rad je odbranjen 04.07.2022.
112. Popović, Lidija. *Opšta razmatranja pri dizajniranju doznog oblika za vukalnu primjenu*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 04.07.2022.
113. Radetić, Maša. *Maligne neoplazme mozga*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Boban Mugoša, rad je odbranjen 12.09.2022.
114. Radević, Anđela. *Menopauza i njene posljedice na psihički status*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Merdin Markišić, rad je odbranjen 20.09.2022.
115. Radojević, Katarina. *Primjena kineziterapije kod bolesnika sa Behterevljevom bolešću*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Dušan Mustur, rad je odbranjen 03.10.2022.
116. Radulović, Danijela. *Anestezija nekad i sad*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Marijana Karišik, rad je odbranjen 06.07.2022.
117. Radunović, Ana. *Uloga farmaceuta u farmakoterapiji bola*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Snežana Mugoša, rad je odbranjen 07.07.2022.
118. Rakonjac, Tijana. *Potrošnja anksiolitika u Crnoj Gori – farmakoerapijske smjernice*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Snežana Mugoša, rad je odbranjen 07.07.2022.



119. Raković, Boris. *Tumori gušterače, zdravstvena njega operisanih bolesnika*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.
120. Ramusović, Amina. *Toksičnost lijekova koji se koriste u terapiji bola*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sc Vera Dabanović, rad je odbranjen 07.07.2022.
121. Raonić, Aleksandra. *Povrede skočnog zgloba i njihovo liječenje*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Žarko Dašić, rad je odbranjen 16.09.2021.
122. Raspospović, Ivona. *Razvijajuća uloga vježbanja u srčanoj rehabilitaciji*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Emilija Nikolić, rad je odbranjen 21.09.2022.
123. Redžematović, Adelina. *Etiologija i klinički značaj amenoreje*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Saša Raičević, rad je odbranjen 06.07.2022.
124. Rešetar, Nina. *Urođeni i stečeni deformiteti lica i vilica*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Boljević, rad je odbranjen 08.07.2022.
125. Spahić, Ernad. *Toksikološki pregled aktuelnih pesticida sa osvrtom na glifosfat*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sc Vera Dabanović, rad je odbranjen 07.07.2022.
126. Spaić, Dušanka. *Primjena ortoza za donje ekstremitete*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Dušan Mustur, rad je odbranjen 12.09.2022.
127. Stijović, Malina. *Tehnološki aspekti u razvoju dermalnih preparata za tretman kože zahvaćen ekcemom*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 14.02.2022.
128. Stojanović, Balša. *Oboljenja arterijskih krvnih sudova – fizikalni tretman i rehabilitacija nakon operativnog tretmana*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 08.07.2022.
129. Stojanović, Vukašin. *Autoimunost-patofiziološki i klinički aspekti*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Milica Martinović, rad je odbranjen 04.07.2022.
130. Šćepanović, Ivana. *Uticaj nespavanja na kognitivnu performansu*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nataša Popović, rad je odbranjen 06.07.2022.
131. Šćepanović, Mijat. *Povrede grudnog koša – dijagnostika liječenje i zdravstvena njega*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 06.07.2022.
132. Šestović, Snežana. *Fizioterapija spastičnog i atetoznog oblika cerebralne paralize*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Bokan, rad je odbranjen 21.09.2022.
133. Šestović, Svetlana. *Uloga fizioterapeuta u prevenciji nastanka deformacija zglobova*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nataša Popović, rad je odbranjen 12.09.2022.

134. Šukurica, Ines. *Značaj adekvatne oksigenacije hirurških pacijenata, obezbjeđivanje disajnog puta u elektivnim i hitnim hirurškim procedurama*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: dr sci med Marijana Karišik, rad je odbranjen 20.09.2022.
135. Topuzović, Milada. *Atrijalna fibrilacija kao uzrok arterijalne kardiomiopatije*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Ljilja Gledović Musić, rad je odbranjen 04.07.2022.
136. Veljović, Dragan. *Mjesto fizioterapije u prevenciji nastanka bolnih stanja kičmenog stuba*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Dušan Mustur, rad je odbranjen 12.09.2022.
137. Vidić, Anja. *Fizioterapija radno sposobnog stanovništva sa bolom u donjem dijelu leđa*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Dušan Mustur, rad je odbranjen 16.09.2021.
138. Vraneš, Aleksandar. *Nepravilnosti strukture zuba kod djece*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Mirjana Đuričković, rad je odbranjen 17.09.2022.
139. Vreteničkić, Nevena. *Preventivne mjere u pojedinim razvojnim razdobljima*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jasminka Anđelić, rad je odbranjen 08.07.2022.
140. Vujisić, Ivana. *Kinezitertapija kod cistične fibroze: primjena, uloga i značaj*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Emilija Nikolić, rad je odbranjen: 06.07.2022.
141. Vuković, Ivana. *Ekscipiensi prirodnog porijekla za poboljšanje rastvorljivosti ljekovitih supstanci za oralnu upotrebu*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 11.02.2022.
142. Vuković, Jovana. *Epidemiološka slika posledica šećerne bolesti i fizioterapijski tretman*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Boban Mugoša, rad je odbranjen 17.09.2021.
143. Zečević, Ksenija. *Poremećaji cirkardijalnog ritma kao uzrok metaboličkih poremećaja*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nataša Popović, rad je odbranjen 08.06.2022.
144. Zejnilović, Eldin. *Dijabetesna retinopatija – klinički značaj i liječenje*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Antoneta Adžić Zečević, rad je odbranjen 06.07.2022.
145. Zekić, Azemina. *Njega bolesnika nakon operacije karcinoma pluća*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.
146. Zekić, Sara. *Fizioterapijske procedure kod lumboišijalgije*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Dušan Mustur, rad je odbranjen 16.09.2021.
147. Zekić, Tatjana. *Funkcionalnost ekscipijensa*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Tanja Vojinović, rad je odbranjen 07.06.2022.



148. Zindović, Vasilije. *Epidemiologija moždanog udara i fizioterapijski tretman*. Igalo: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Boban Mugoša, rad je odbranjen 17.09.2021.
149. Živaljević, Milica. *Vježbe snage i kondicioniranja u trudnoći*. Podgorica: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Saša Raičević, rad je odbranjen 21.09.2022.
150. Živković, Dražen. *Šok i vrste šoka – njega bolesnika u šoku*. Berane: Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miodrag Radunović, rad je odbranjen 20.09.2022.

### METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

1. Bakija, Elma. *Prisustvo rezidua teških metala u bijelim salamurnim sirevima Crne Gore*. Podgorica: Metalurško-tehnološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Slavko Mirecki, rad je odbranjen 24.11.2022.
2. Bošković, Gordana. *Antioksidativni kapacitet pitome i divlje kupine (*Rubus fruticosus L.*) sa područja Crne Gore*. Podgorica: Metalurško-tehnološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Vukašinić – Pešić, rad je odbranjen 30.11.2022.
3. Efović, Adnan. *Analiza mogućnosti primjene savremene tehnologije za mehaničku obradu otpadnih guma u Crnoj Gori*. Podgorica: Metalurško-tehnološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jelena Šćepanović, rad je odbranjen 21.12.2022.
4. Kaluđerović, Marija. *Sinteza novih Schiff-ovih baza aldehida i ketona sa tiokarbohidrazidom i njihovih kompleksa sa prelaznim metalima i ispitivanje njihovog antioksidativnog potencijala*. Podgorica: Metalurško-tehnološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Miljan Bigović, rad je odbranjen 29.11.2022.
5. Kandić, Mara. *Antioksidativni potencijal drenjine (*Comus as L.*) sa područja Crne Gore*. Podgorica: Metalurško-tehnološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nada Blagojević, rad je odbranjen 28.10.2022.
6. Marušić, Ana. *Biopotencijal industrijskog duvanskog otpada*. Podgorica: Metalurško-tehnološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Biljana Damjanović – Vratnica, rad je odbranjen 29.11.2022.
7. Sekulić, Jovana. *Antioksidativni potencijal crnog dudu (*Morus nigra*) i bijelog dudu (*Morus alba*) sa područja Crne Gore*. Podgorica: Metalurško-tehnološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vesna Vukašinić – Pešić, rad je odbranjen 18.11.2022.
8. Šćepanović, Sanja. *Šćepanović, Sanja. Analitički model pirometalurškog tretmana elektropećne prašine*. Podgorica: Metalurško-tehnološki fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Žarko Radović, rad je odbranjen 03.11.2022.

**MUZIČKA AKADEMIJA**

1. Bubanja Slađana. *Sinestezija kao fundament muzičkog jezika i interpretacije u Mesijanovim Preludijumima za klavir (1928-29)*. Cetinje: Muzička akademija Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. mr Bojan Martinović, rad je odbranjen 30.11.2022.
2. Vučković Anita. *Implementacija sadržaja iz crnogorske muzičke kulture u opštem muzičkom obrazovanju*. Cetinje: Muzička akademija Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jelena Martinović Bogojević, rad je odbranjen 16.12.2022.

**POMORSKI FAKULTET**

1. Knežević Ilija. *Primjena koncepta virtuelne instrumentacije u mjerenju procesnih veličina*. Cetinje: Muzička akademija Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Tatijana Dlabač, rad je odbranjen 16.11.2022.

**PRAVNI FAKULTET**

1. Bosović, Zerina. *Neposredno dejstvo direktiva u pravu Evropske unije*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vladimir Savković, rad je odbranjen 18.11.2022.
2. Doderović, Maja. *Ugovor o osiguranju od odgovornosti usljed ljekarske greške*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Velibor Korać, rad je odbranjen 22.12.2022.
3. Drljević, Dajana. *Zaštita kolektivnih interesa potrošača u pravu Evropske unije*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Nikola Dožić, rad je odbranjen 14.10.2022.
4. Gogić, Nikola. *Krivičnopravna reakcija na organizovani kriminalitet*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Darko Radulović, rad je odbranjen 25.11.2022.
5. Gojković, Ivona. *Pravni i sociološki aspekti nasilja u porodici*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Draginja Vuksanović Stanković, rad je odbranjen 22.12.2022.
6. Grbović, Mustafa. *Istraživanje prakse sudova u procesuiranju krivičnog djela nasilja u porodici u Crnoj Gori*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Velimir Rakočević, rad je odbranjen 25.11.2022.
7. Jokanović, Jela. *Starateljstvo nad licima lišenim poslovne sposobnosti – pravna regulativa i sudska praksa*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Draginja Vuksanović Stanković, rad je odbranjen 02.11.2022.
8. Mitrović, Milica. *Predmet i pravna dejstva bračnog ugovora*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Draginja Vuksanović Stanković, rad je odbranjen 26.12.2022.
9. Pavićević, Milena. *Zaštita državnine u Crnoj Gori*, Podgorica: Pravni fakultet

- Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Draginja Vuksanović Stanković, rad je odbranjen 02.11.2022.
10. Pepeljak, Andrea. *Institut povrata u krivičnom pravu Crne Gore*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Darko Radulović, rad je odbranjen 25.11.2022.
  11. Radonjić, Radovan. *Pravno-politički aspekti evropskih integracionih procesa od Zenovog kosmopolisa do Evropske unije*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Nebojša Vučinić, rad je odbranjen 20.12.2022.
  12. Rolović, Iva. *Pravne implikacije odluke Evropskog suda pravde u slučaju Schrems II na poslovanje stranih privrednih društva u Evropskoj uniji*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Aneta Spaić, rad je odbranjen 18.11.2022.
  13. Tomović, Nikolina. *Usaglašene prakse kao prepreka slobodi konkurencije na unutrašnjem tržištu Evropske unije*. Podgorica: Pravni fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vladimir Savković, rad je odbranjen 18.11.2022.

### PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

1. Gajević Kristina. *Bioakumulacija teških metala u odabranim vrstama roda Satureja*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Slađana Krivokapić, rad je odbranjen 20.12.2022.
2. Jovanović Jelena. *Statistička procedura detektovanja epidemije*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vladimir Božović, rad je odbranjen 29.12.2022.
3. Petrović Vladimir. *Modeliranje uticaja zagadjenja na koncentraciju rastvorenog kiseonika rijeke Morače*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Slavoljub Mijović, rad je odbranjen 04.11.2022.
4. Pilica Suada. *Kolonizacija vještačkih supstrata od stranemakroinvertabratskena Skadrskom jezeru i rijeci Morači*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Vladimir Pešić, rad je odbranjen 3.11.2022.
5. Pižurica Nikola. *Razvoj regularizovanih konvolucionih endoker-dekoder modela dubokog učenja za detekciju površinskih oštećenja proizvoda u industriji na osnovu digitalnih 2D slika*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: doc. dr Igor Jovančević, rad je odbranjen 23.11.2022.
6. Šćepanović Stefan. *Mapiranje prostorne zavisnosti elektronskog stanja u jednomolekularnim magnetima*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Jovan Mirković, rad je odbranjen 07.12.2022.
7. Tahirović Azra. *Prilog poznavanju vegetacije smrčevih šuma na teritoriji opštine Rožaje*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Danka Caković, rad je odbranjen 14.12.2022.

8. Vešović Anđela. *Karakteristike gravito-akustičkih talasa umngravitacijom raslojenoj atmosferi*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof dr. Gordana Jovančević, rad je odbranjen 03.11.2022.
9. Vučurović Milica. *Procjena uticaja teških metal na biohemijske parametre kod ploda vrste *Trapa nstsns L.** Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Slađana Krivokapić, rad je odbranjen 28.12.2022.
10. Vujičić Marija. *Efikasnost bioakumulacije teških metala u makrofiti *Spirodela polyrhiza (L.) Schleid.* i mogućnost primjene u fitoremedijaciji kontaminiranih vodenih ekosistema*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Slađana Krivokapić, rad je odbranjen 07.12.2022.
11. Vuković Danijela. *Izolovanje i hemijska karakterizacija etarskog ulja *Crithmum maritimum L.* sa područja Crne Gore*. Podgorica: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor: prof. dr Danka Caković, rad je odbranjen 18.10.2022.

CIP - Каталогизација у публикацији  
Национална библиотека Црне Горе, Цетиње

ISSN 3027-4001 = Glasnik studenata Univerziteta Crne Gore  
COBISS.CG-ID 27605508