



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



# **ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXV

Број: 9/2020

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXV

Свеска: 9

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

Главни и одговорни уредник: проф. др Раде Дорословачки, декан Факултета техничких Наука у Новом Саду

#### **Уредништво:**

Проф. др Раде Дорословачки

Проф. др Драгиша Вилотић

Проф. др Срђан Колаковић

Проф. др Владимир Катић

В.проф. др Дарко Стефановић

В.проф. др Себастиан Балош

В.проф. др Драган Ружић

В.проф. др Мирослав Кљајић

В.проф. др Бојан Лалић

В.проф. др Дејан Убавин

В.Проф. др Мирослав Ђукић

В.проф. др Борис Думнић

Проф. др Јелена Атанацковић Јеличић

Проф. др Властимир Радоњанин

Проф. др Драган Јовановић

Проф. др Мила Стојаковић

Проф. др Ливија Цветићанин

Проф. др Драгољуб Новаковић

Проф. др Теодор Атанацковић

#### **Редакција:**

Проф. др Владимир Катић, главни  
уредник

В.проф. др Жељен Трповски, технички  
уредник

В.проф. др Дарко Стефановић

Проф. др Драгољуб Новаковић

Доц. др Иван Пинђер

Бисерка Милетић

#### **Језичка редакција:**

Бисерка Милетић, лектор

Софија Рацков, коректор

Мр Марина Катић, преводилац

Савет за библиотечку и издавачку делатност ФТН,  
проф. др Милан Мартинов, председник.

Штампа: ФТН – Графички центар ГРИД, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад

CIP-Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)

62

**ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука** / главни и одговорни уредник  
Раде Дорословачки. – Год. 7, бр. 9 (1974)-1990/1991, бр.21/22 ; Год. 23, бр 1 (2008)-. – Нови Сад :  
Факултет техничких наука, 1974-1991; 2008-. – илустр. ; 30 цм. –(Едиција: Техничке науке –  
зборници)

Месечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

## ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је девета овогодишња свеска часописа „Зборник радова Факултета техничких наука“.

Часопис је покренут давне 1960. године, одмах по оснивању Машинског факултета у Новом Саду, као „Зборник радова Машинског факултета“, а први број је одштампан 1965. године. Након осам публикованих бројева у шест година, пратећи прерастање Машинског факултета у Факултет техничких наука, часопис мења назив у „Зборник радова Факултета техничких наука“ и 1974. године излази као број 9 (VII година). У том периоду у часопису се објављују научни и стручни радови, резултати истраживања професора, сарадника и студената ФТН-а, али и аутора ван ФТН-а, тако да часопис постаје значајно место презентације најновијих научних резултата и достигнућа. Од броја 17 (1986. год.), часопис почиње да излази искључиво на енглеском језику и добија поднаслов «Publications of the School of Engineering». Једна од последица нарастања материјалних проблема и несрећних догађаја на нашим просторима јесте и привремени прекид континуитета објављивања часописа двобројем/двогодишњаком 21/22, 1990/1991. год.

Друштво у коме живимо базирано је на знању. Оно претпоставља реорганизацију наставног процеса и увођење читавог низа нових струка, као и квалитетну организацију научног рада. Значајне промене у структури високог образовања, везане за имплементацију Болоњске декларације, усвајање нове и активне улоге студената у процесу образовања и њихово све шире укључивање у стручне и истраживачке пројекте, као и покретање нових мастер и докторских студија, доносе потребу да ови, веома значајни и вредни резултати, постану доступни академској и широј јавности. Оживљавање „Зборника радова Факултета техничких наука“, као јединственог форума за презентацију научних и стручних достигнућа, пре свега студената, обезбеђује услове за доступност ових резултата.

Због тога је Наставно-научно веће ФТН-а одлучило да, од новембра 2008. год. у облику пилот пројекта, а од фебруара 2009. год. као сталну активност, уведе презентацију најважнијих резултата свих мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“.

Поред студената мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

Зборник излази у два облика – електронском на веб сајту ФТН-а ([www.ftn.uns.ac.rs](http://www.ftn.uns.ac.rs)) и штампаном, који је пред вама. Обе верзије публикују се сваки месец, у оквиру промоције дипломираних мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 03.02.2020. до 17.07.2020. год., а који се промовишу 18.09.2020. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова.

Известан број кандидата објавили су радове на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа. Њихови радови нису штампани у Зборнику радова.

Велик број дипломираних инжењера–мастера у овом периоду био је разлог што су радови поводом ове промоције подељени у две свеске.

У овој свесци, са редним бројем 9. објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- грађевинарства и
- архитектуре.

У свесци са редним бројем 10. објављени су радови из области:

- саобраћаја,
- графичког инжењерства и дизајна,
- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите на раду и заштите животне средине,
- мехатронике,
- геодезије и геоматике,
- инжењерства третмана и заштите вода – ТЕМПУС,
- управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара и
- инжењерства информационих система.

Уредништво се нада да ће и професори и сарадници ФТН-а и других институција наћи интерес да публикују своје резултате истраживања у облику регуларних радова у овом часопису. Ти радови ће бити објављивани на енглеском језику због пуне међународне видљивости и проходности презентованих резултата.

У плану је да часопис, својим редовним изласком и високим квалитетом, привуче пажњу и постане довољно препознатљив и цитиран да може да стане раме-уз-раме са водећим часописима и заслужи своје место на СЦИ листи, чиме ће значајно допринети да се оствари мото Факултета техничких наука:

**„Високо место у друштву најбољих“**

**Уредништво**



## SADRŽAJ

### STRANA

#### Radovi iz oblasti: Mašinstvo

1. Stefan Čikoš,  
UPOREDNA ANALIZA OPTEREĆENJA GLAVNIH LEŽIŠTA KOLENASTOG VRATILA KOD  
STANDARDNOG LINIJSKOG I BOKSER MOTORA ..... 1503-1506
2. Denis Olujić, Radomir Đokić,  
PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE MAŠINE ZA SEČENJE LEPLJIVIH TRAKA ..... 1507-1510

#### Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Marija Tomić,  
RAZVOJ APLIKACIJE ZA ELEKTROENERGETSKE PRORAČUNE U OKVIRU AWS  
OKRUŽENJA ..... 1511-1514
2. Dragan Stanković,  
RAZVOJ APLIKACIJE ZA SIMULACIJU RADA PROTOTIPA DISTRIBUTIVNOG  
ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA U SERVICE FABRIC OKRUŽENJU ..... 1515-1518
3. Mилош Милетић,  
ДИСТРИБУИРАНО УПРАВЉАЊЕ ФОРМАЦИЈОМ МОБИЛНИХ АГЕНАТА ..... 1519-1522
4. Milan Blagojević,  
REALIZACIJA LabVIEW PROGRAMA KORIŠĆENJEM OBJEKTNO ORIJENTISANOG  
PROGRAMIRANJA ..... 1523-1526
5. Smilja Medić,  
ANALIZA POUZDANOSTI I ISPLATIVOSTI ULAGANJA ZA RAZLIČITE NIVOE  
AUTOMATIZACIJE DISTRIBUTIVNE MREŽE ..... 1527-1530
6. Biljana Bijelić,  
PRIMJENA DISTRIBUIRANIH ELEKTROENERGETSKIH RESURSA NA RJEŠAVANJE  
PREOPTEREĆENJA U SAVREMENIM ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA ..... 1531-1534
7. Luka Šicar,  
VIZUELIZACIJA PODATAKA DOBIJENIH MJERENJIMA U VEB OKRUŽENJU ..... 1535-1538
8. Vanja Stupar,  
REGULACIJA FREKVENCIJE POMOĆU UREĐAJA ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE U  
IZOLOVANIM ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA ..... 1539-1542
9. Стефан Ристановић,  
ЈЕЗИК И ИНТЕРПРЕТЕР ЗА ИНТЕГРАЦИЈУ ВЕБ БАЗИРАНИХ АПЛИКАЦИЈА ..... 1543-1546

	<b>STRANA</b>
10. Никола Стојановић, СИЈАМСКЕ НЕУРОНСКЕ МРЕЖЕ .....	1547-1550
11. Sara Tomić, DECENTRALIZOVANO I CENTRALIZOVANO RJEŠENJE ZA LOKACIJU I IZOLACIJU KVARA I RESTAURACIJU NAPAЈANJA U PAMETNIM MREŽAMA .....	1551-1554
12. Страхинја Станивук, Милан Видаковић, ДИСТРИБУИРАНИ СОФТВЕРСКИ СИСТЕМ ЗА НАДГЛЕДАЊЕ ПЕРФОРМАНСИ ЈАВА АПЛИКАЦИЈА .....	1555-1558
13. Aleksandar Lupić, PRIMENA APIGEE PLATFORME ZA UPRAVLJANJE API-JEM .....	1559-1562
14. Marija Zečar, Vladimir Katić, MODELOVANJE I UPRAVLJANJE TROFAZNYM BOOST ISPRAVLJAČEM .....	1563-1566
15. Jovica Čubrić, UPOTREBLJIVOST ALATA ZA RAZVOJ INTERNET PRODAVNICA .....	1567-1570
16. Aleksandar Novaković, TEORIЈА KATEGORIЈА KAO OSNOVA ZA RAZVOJ POSLOVNYH VEB APLIKACIЈА .....	1571-1574
17. Ksenija Latinović, PRORAČUN ILUMINACIЈE PRIMENOM NEURALNYH MREŽА .....	1575-1578
18. Bojan Grbić, Vladimir Katić, MODELOVANJE EKOLOŠKE PUNIONICE ZA ELEKTRIČNE AUTOMOBILE .....	1579-1582
19. Mladen Stančić, Savo Đukić, UTICAJ SIMULTANOG PRIKLJUČENJA KONDENZATORA I SINHRONOG GENERATORA NA NAPONSKE PRILIKE U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI .....	1583-1586
20. Драгутин Марјановић, УПОТРЕБА ZIO TELEMETRY БИБЛИОТЕКЕ ЗА ПРИКУПЉАЊЕ ДИСТРИБУИРАНИХ ТРАГОВА У СИСТЕМИМА БАЗИРАНИМ НА МИКРОСЕРВИСНОЈ АРХИТЕКТУРИ .....	1587-1590
21. Ivana Mirković, Savo Đukić, PRORAČUN OPTIMALNYH TOKOVA SNAGA UZ UVAŽAVANJE PRINCIPA SIGURNOSTI MREŽE .....	1591-1594
22. Sanja Miljević, POREĐENJE BRZINE ČITANJA PODATAKA SKLADIŠTENNYH PO VRSTAMA I KOLONAMA U PostgreSQL BAZI PODATAKA .....	1595-1598
23. Zalan Fodor, Željko Trpovski, KODOVANJE U H.264 (AVC) I H.265 (HEVC) STANDARDIMA .....	1599-1602
24. Đina Stanković, GENERIČKI IEC 61968-100 ADAPTER .....	1603-1606
25. Dušan Borovčanin, GENERATOR KLIJENTSKE I SERVERSKE WEB APLIKACIЈE BAZIRAN NA GO PROGRAMSKOM JEZYKU I TOML SPECIFIKACIЈI .....	1607-1610
26. Mladen Terzić, PROGRAMABILNY LOGIČKI KONTROLERI I NYHOVE MNERNE KAKARISTIKE .....	1611-1614

## **Radovi iz oblasti: Građevinarstvo**

1. Јована Ивановић, ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА ВОДОСНАБДЕВАЊА ОПШТИНА ОЦАЦИ И БАЧ .....	1615-1618
2. Robert Vrabčenjok, OCENA STANJA I MERE SANACIЈA PROPUSTA NA MAGISTRALNYM PUTEVIMA .....	1619-1622
3. Tijana Lazarević, Matija Stipić, HIDRAULIČKA ANALIZA ODVOĐENJA UPOTREBLJENNYH VODA NASELJA MALI IDOŠ SA MAGISTRALNYM KOLEKTOROM MALI IDOŠ-FEKETIĆ-PROV .....	1623-1626

	<b>STRANA</b>
4. Bojana Bojanović, Srdjan Kolaković, IZGRADNJA SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE NA LOKALITETU MAGLAJANI, OPŠTINA LAKTAŠI .....	1627-1629
5. Jelena Vukić, Matija Stipić, ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА РАЗВОЈА ВОДОСНАБДЕВАЊА НАСЕЉА ОЦАЦИ .....	1630-1633
6. Đorđe Polić, Vladimir Mučenski, PRIMENA IoT U GRAĐEVINARSTVU .....	1634-1637
7. Jelena Sirovljević, UPRAVLJANJE PROCESOM PROJEKTOVANJA RAZVODNIH POSTROJENJA-TRAFO STANICE....	1638-1641
8. Slađana Đatkov, Matija Stipić, ANALIZA RAZVOJA VODOVODNOG SISTEMA NASELJA NOVI BEČEJ .....	1642-1645
9. Aleksandra Todorović, Igor Peško, UTICAJ POJAVE I RAZVOJA BUILDING INFORMATION MODELING SOFTVERA NA PROJEKTOVANJE I MENADŽMENT U GRAĐEVINARSTVU .....	1646-1648

### **Radovi iz oblasti: Arhitektura**

1. Katarina Pavlić, INTEGRISANI PRISTUP FABRIKOVANJU PAVILJONSKIH STRUKTURA LINIJSKIM ELEMENTIMA .....	1649-1652
2. Jelena Panić, DIZAJN I OPTIMIZACIJA FASADE OBJEKTA RADNIČKOG UNIVERZITETA SA ASPEKTA SOLARNE IRADIJACIJE U CILJU POSTZANJA UNUTRAŠNJEG TERMALNOG KOMFORA .....	1653-1656
3. Милица Нинковић, Драгана Константиновић, Слободан Јовић, СОЦИЈАЛНА ГРАДЊА КАО РЕШЕЊЕ ПРОБЛЕМА УГРОЖЕНИХ КАТЕГОРИЈА .....	1657-1660
4. Miloš Rajović, Dragana Konstantinović, Slobodan Jović, УТОПИЈА I ПРОСТОРИ АСИМУЛАЦИЈЕ .....	1661-1664
5. Milena Milić, ENTERIJER PROJEKTOG BIROA U REKONSTRUISANOM INDUSTRIJSKOM OBJEKTU .....	1665-1668
6. Vahida Hodžić, NOVI SAD - OLIMPIJSKI GRAD 2032 .....	1669-1672
7. Marta Bolok, ARHITEKTONSKA STUDIJA VELNES-SPA CENTRA NA JEZERU PALIĆ .....	1673-1676
8. Marija Baškalo, STAMBENA JEDINICA .....	1677-1680



**UPOREDNA ANALIZA OPTEREĆENJA GLAVNIH LEŽIŠTA KOLENASTOG VRATILA KOD STANDARDNOG LINIJSKOG I BOKSER MOTORA****COMPARATIVE ANALYSIS OF LOAD ON CRANKSHAFT MAIN BEARING BETWEEN IN-LINE AND BOXER ENGINE**Stefan Čikoš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – Glavni rukavci motora SUS su jedni od najopterećenijih delova motora. Sile koje deluju na rukavac kolenastog vratila menjaju se veoma intenzivno tokom jednog radnog ciklusa. Cilj ovog istraživanja je dobijanje dijagrama habanja glavnog ležišta za dve različite konfiguracije motora, standardne-linijske i bokser sa istim kinematskim parametrima kako bi se vizuelno prikazao uticaj same konfiguracije na opterećenje glavnog ležišta. U radu je prikazana primena grafoanalitičke metode određivanja dijagrama habanja pomoću AutoCAD Mechanical-sofvera.

**Ključne reči:** Motor SUS, standardni-linijski motor, bokser motor, uporedna analiza, kolenasto vratilo

**Abstract** – The main crankshaft bearings of the IC engine are one of the most loaded parts of the engine. The forces acting on the crankshaft bearings change very intensely over one engine operating cycle. The aim of this research is to obtain a wear diagram of the main bearing for two different engine configurations, In-line and boxer with the same kinematic parameters, to visually show the effect of the configuration itself on the load of the main bearing. The paper presents the application of graphoanalytic method for determining wear diagrams using AutoCAD Mechanical software.

**Keywords:** IC Engine, In-line engine, boxer engine, comparative analysis, crankshaft

**1. UVOD**

Postoje tri osnovne konstrukcije motora koje se razlikuju a to su: linijski motori, V-motori, bokser motori [1]. Konstruktivno se razlikuju po rasporedu cilindara duž ose motora. Pošto je tema ovog rada uporedna analiza dva tipa konstrukcije odnosno linijska i bokser konstrukcija motora, u nastavku će se spominjati samo linijski i bokser motor.

Kao što bi se i očekivalo, u linijskom rasporedu su svi cilindri montirani u pravoj liniji duž kolenastog vratila, što daje stepen mehaničke jednostavnosti [2]. Za ovu posebnu ugradnju motora sa cilindrima u liniji, prednosti se obično navode uključuju smanjenje ukupne visine instalacije i uvećanu dostupnost redovnog servisiranja.

Osim prostora, mehaničko ograničenje se postavlja na prihvatljivu dužinu cilindričnog motora, zbog poteškoća u kontroli torzionih vibracija kolenastog vratila.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Nebojša Nikolić.

Horizontalno suprotni motori (bokser motori) imaju svoje cilindre montirane na kućištu kolenastog vratila u dva suprotna reda (ugao između dva reda je 180°), a ponekad ih nazivaju i ravni ili bokser motori.

Glavne prednosti koje se za njih obično povezuju su inherentno dobar balans delova koji se okreću i nisko težište, što doprinosi stabilnosti automobila i manju dužinu motora.

Zahvaljujući svojoj maloj ukupnoj visini, horizontalno suprotni motor omogućuje da prednji deo automobila ima veću kosinu poklopca motora u automobilima sa motorom ugrađenim napred [3]. U automobilima sa motorom ugrađenim nazad mogu pružiti dodatni prostor za odlaganje prtljaga iznad njega.

Pored toga, bokser motori dobro prihvataju sistem hlađenja vazduhom, jer je pomoću linijskog rasporeda cilindra teško postići da se zadnji cilindri hlade kao i prednji, osim ako motor nije postavljen poprečno. Nedostaci povezani sa bokser motorima uključuju potrebu za dupliranje ulaznih i izlaznih priključaka rashladne tečnosti u slučaju tečnog hlađenja, i znatno smanjenu dostupnost glava cilindra i mehanizma ventila.

Njegova veća širina takođe može ograničiti raspoložive pokrete volana na točkovima.

U cilju provere mehaničkih naprezanja elemenata motora i rešenja problema kao što su: uravnoteženje, ravnomernost rada, torzione oscilacije kolenastog vratila, slika opterećenja i istrošenja zglobnih veza klipnog mehanizma (ležišta i rukavca), neophodno je izvršiti analizu sila koje se javljaju u klipnom mehanizmu.

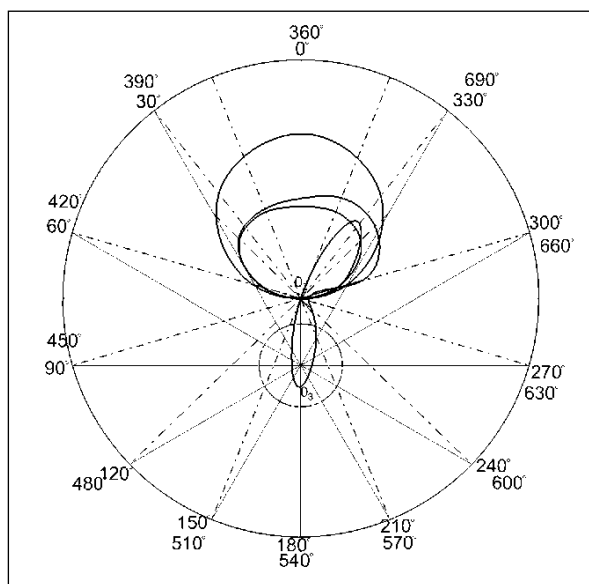
Pri tome se mora razjasniti suština nastajanja svih sila, zakon njihove promene u toku radnog ciklusa i način ispoljavanja njihovog dejstva pri radu motora [4].

Kako su ležišta zapravo mesta gde se prenose sile sa klipnog mehanizma na sam blok motora, od značaja je dobro pretpostaviti njihov intenzitet i zonu gde su najviše opterećeni a samim tim i koliko je očekivano habanje u tim zonama [5, 6].

Da bi se uporedio uticaj konstrukcije motora, koriste se isti kinematski parametri (Tabela 1) za oba motora a samim tim i isti polarni dijagram letećeg rukavca (Slika 1).

Tabela 1. Kinematički parametri oto motora

Kinematički parametri četvorotaktnog oto-motora	
Kinematički faktor	$\lambda_k = 0.28$
Hod klipa	$S = 80 \text{ mm}$
Nominalni br. obrtaja	$n_e = 5500 \text{ min}^{-1}$
Poluprečnik kolena kolenastog vratila	$R = L \cdot \lambda_k = 143.3 \cdot 0.28 = 40,124 \text{ mm}$
Dužina klipnjače	$L = \frac{S}{2 \cdot \lambda_k} = \frac{80}{2 \cdot 0.28} = 143.3 \text{ mm}$
Ugaona brzina	$\omega = \frac{n_e \cdot \pi}{30} = \frac{5500 \cdot \pi}{30} = 575.95 \text{ s}^{-1}$

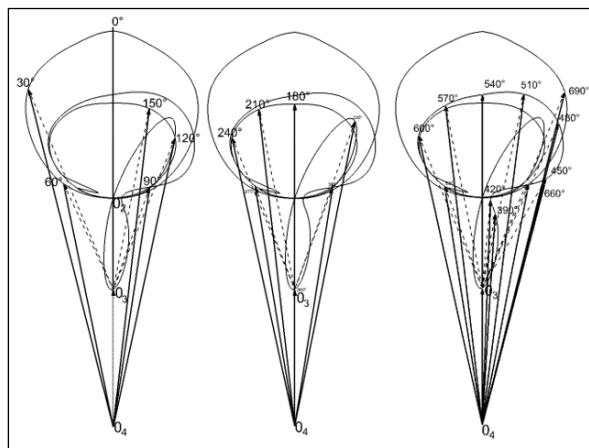


Slika 1. Polarni dijagram letećeg rukavca za četvorocilindrični oto motor

## 2. KONSTRUISANJE POLARNOG DIJAGRAMA OPTEREĆENJA GLAVNOG LEŽIŠTA

Da bi konstruisali dijagram habanja oslonačkog ležišta, potrebno je za početak odrediti silu kojom oslonački rukavac deluje na svoje ležište ( $F_{or_i}$ ).

Određuje se vektorskim zbirom sile  $F_{br_i}$  i  $F''_{ir_i}$ . Radi bolje preglednosti, vektori su sabrani u tri različita grafika (Slika 2).



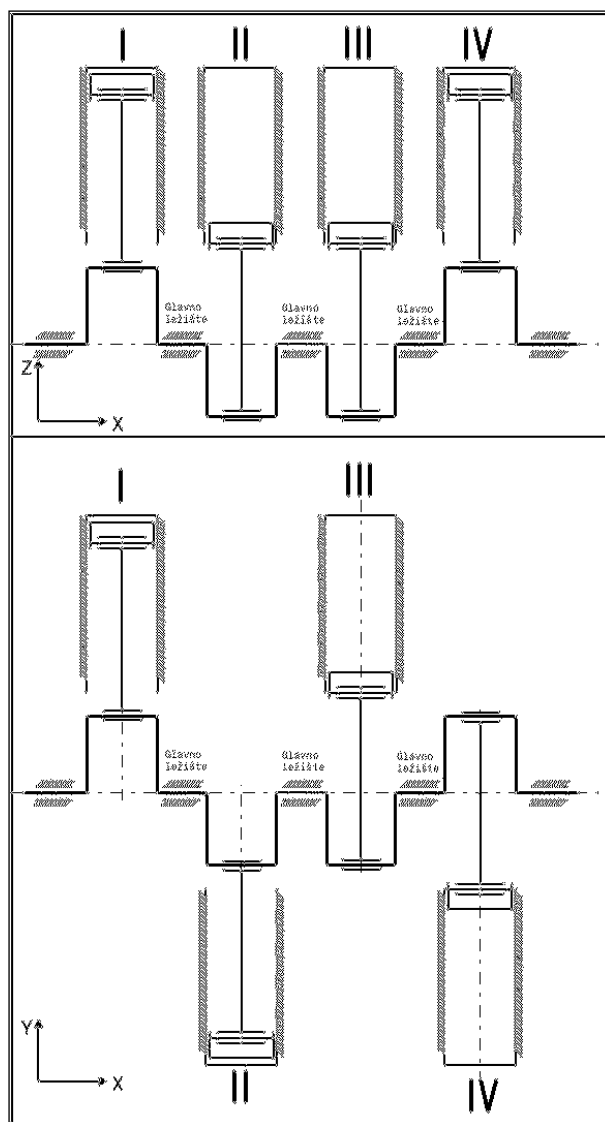
Slika 2. Polarni dijagrami sile kojom oslonački rukavac deluje na svoje ležište ( $F_{or_i}$ ) u rasponu 0-150° (levo), 180-360° (sredina) i 390-720° (desno)

## 2.1. Konstrukcija dijagrama habanja glavnog ležišta kod linijskog motora

U prethodnom koraku određeni su svi vektori sile kojom oslonački rukavac ( $F_{or_i}$ ) za jedan cilindar. Kako je potrebno odrediti dijagram habanja oslonačkog ležišta potrebno je odrediti rezultantnu silu koja opterećuje ležište između dva cilindra.

Za određivanje rezultantne sile treba uzeti u obzir razmak paljenja koji je ujedno povezan sa redosledom paljenja. Kako se radi o četvorocilindričnom motoru, razmak paljenja je:

$$\alpha_p = \frac{720}{i} = \frac{720}{4} = 180^\circ \quad (1)$$

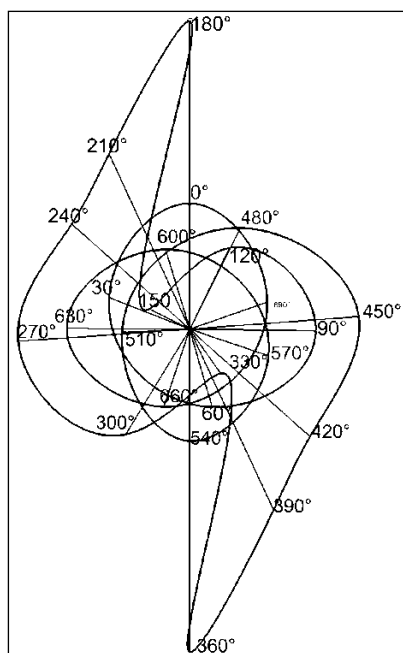


Slika 3. Raspored cilindara za linijsku konfiguraciju motora (gore) i bokser konfiguraciju motora (dole)

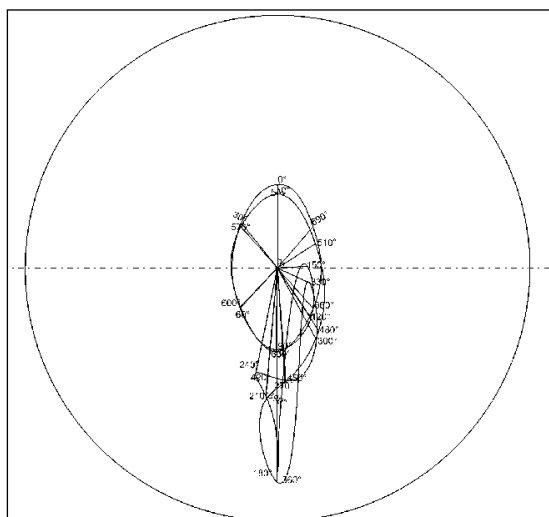
Isto tako treba uzeti u obzir i sam raspored cilindara prikazan na slici odnosno, kako će biti usmeren polarni dijagram susednog cilindra u odnosu na posmatrani. Pravilo je da prilikom posmatranja dva susedna cilindra, polarni dijagram prvog cilindra uvek stoji usmeren kao na početku radnog ciklusa odnosno na gore.

U nastavku na slici 4. prikazan je polarni dijagram opterećenja glavnog ležišta između prva dva cilindra.

Nakon što je određen polarni dijagram opterećenja glavnog rukavca, da bi se konstruisao dijagram habanja glavnog ležišta, potrebno je polarni dijagram koji se rotira zajedno sa kolenastim vratilom i crtan je u kordinatnom sistemu rukavca transformisati u nepokretni koordinatni sistem, tj. koordinatni sistem koji je vezan za glavno ležište, slika 5.



Slika 4. Polarni dijagram opterećenja glavnog rukavca između cilindra jedan i dva.



Slika 4. Dijagram opterećenja glavnog ležišta između cilindara jedan i dva kod linijskog motora

Kako su sada svi vektori svedeni da nepokretni koordinatni sistem, poslednji korak pred određivanje dijagrama habanja glavnog ležišta, potrebno je intenzitete sila skalirati radi dobijanja što boljeg prikaza slojeva habanja.

Kako će dolaziti do superponiranja ovih slojeva, potrebno je odabrati odgovarajuću razmeru. Kako je usvojena razmera za silu:

$$m_{scale} = \frac{mm_{crteza}[mm]}{F_{...}[N]} = 0.03 \quad (2)$$

Za slojeve habanja se koristi prethodna razmera, umanjena za 0.025:

$$mh_{scale} = m_{scale} \cdot 0.025 = 0.03 \cdot 0.025 = 0.00075 \quad (3)$$

Sve vrednosti sila izmerene su i skalirane, i prikazane su nastavku u Tabela 2:

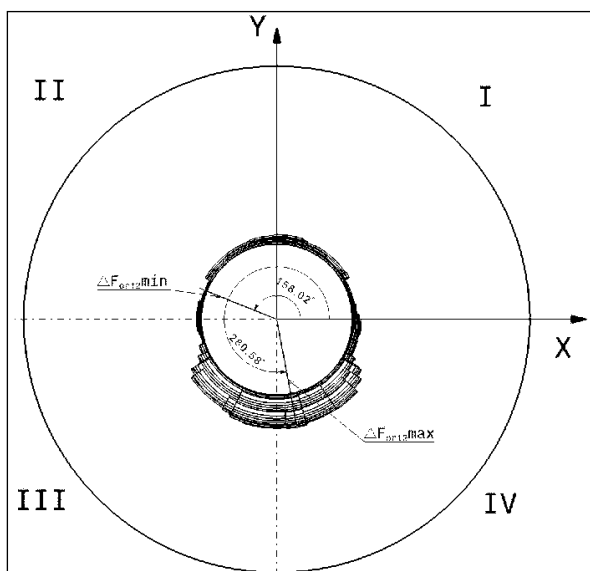
Tabela 2. Izmerene vrednosti sila sa dijagrama opterećenja glavnog ležišta i vrednosti visine slojeva habanja istih za 1,2 ležište linijskog motora

LM	Ležište 1,2	
	Izmerena vrednost sile u [mm]	Visina habajućeg sloja u [mm]
0	22	0.55
30	15	0.38
60	14.1497	0.35
90	22.0818	0.55
120	15.8073	0.40
150	7.9255	0.20
180	53.9447	1.35
210	33.8058	0.85
240	27.731	0.69
270	30.1663	0.75
300	21.543	0.54
330	9.4137	0.24
360	56.4764	1.41
390	34.8697	0.87
420	28.2305	0.71
450	29.6975	0.74
480	19.7757	0.49
510	11.9005	0.30
540	19.5235	0.49
570	14.5561	0.36
600	14.5852	0.36
630	21.6005	0.54
660	14.2591	0.36
690	14.374	0.36
720	22	0.55

Sada se pomoću Slika 4 i Tabela 2 konstruiše dijagram habanja glavnog ležišta. Dobijeni dijagram habanja glavnog ležišta prikazan je na Slika 5.

Sa dijagrama habanja (Slika 5) se može videti da je ležište najopterećenije između III i IV kvadranta a da je najveće dejstvo pod uglom od 280.58°.

Sa druge strane, ležište je najmanje opterećeno u II kvadrantu sa najmanjim dejstvom pod uglom od 158.02°. Na isti način se određuju i dijagrami habanja za sva ostala ležišta linijskog i bokser motora.



Slika 5. Dijagram habanja glavnog ležišta između prvog i drugog cilindra kod linijskog motora

### 3. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena grafoanalitička metoda dobijanja dijagrama habanja glavnog ležišta, po dijagramima habanja možemo da uporedimo kako sama konstrukcija utiče na opterećenje glavnog ležaja.

Ovakvom analizom primećuje se da su kod bokser motora procesi upareni tako da se dejstvo sila usmeri ka cilindrima jer se sa dijagrama habanja istog ležišta može primetiti da postoji mala zona i gore i dole pri kojoj nema ni jednog sloja habanja.

Na prvi pogled to može biti slučaj ali i ne mora, jer su se samo analizirale sile na svakih 30° kako bi se izbeglo pretrpavanje grafika.

U obe konstrukcije motora, čak i sa različitim redosledom paljenja i rasporedom cilindara, procesi su identično upareni. Uparivanjem procesa u susednim cilindrima kojima dejstvu veliki intenziteti sila i u kojima deluju niski intenziteti sila dobija se izbalansiran rezultujući intenzitet na glavni ležaj između dva cilindra, uzimajući u obzir i usmerenje rukavca.

U obe konfiguracije sa dijagrama habanja primećuje se da se najveći intenziteti sila se javljaju između drugog i trećeg cilindra čak i sa izbalansiranim procesima zbog usmerenja rukavca.

Na dijagramima habanja između prvog i drugog cilindra primećuje se da je kod bokser motora habanje skoro simetrično, imajući u vidu kretanje klipa u paru (ka UMT ili SMT) što je jedna od većih razlika u odnosu na linijsku konfiguraciju.

Kao predmet daljeg istraživanja bio bi verifikovanje oba tipa motora kroz programski softver ADAMS i poređenje rezultata sa rezultatima dobijenim grafoanalitičkim putem.

### 4. LITERATURA

- [1] M. J. Nunney (1988), Light and Heavy Vehicle Technology, ISBN 0 434 91473 8, Halley Court, Jordan Hill, Oxford.
- [2] Heywood, J.B.: Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, New York, 1988.
- [3] E. Koehler, R. Flierl, Internal Combustion Engines—Motor Mechanics, Calculation and Design of the Reciprocating Engines. (in German) 4th edition Vieweg & Sohn Verlag, GWV Wiesbaden, 2006.
- [4] Živković M. (1990), Motori sa unutrašnjim sagorevanjem II deo, II sveska, Mašinski Fakultet Univerziteta U Beogradu, 27. marta br.80.
- [5] Nebojša Nikolić, Tripo Torović, Života Antonić - A procedure for constructing a theoretical wear diagram of IC engine crankshaft main bearings, Mechanism and Machine Theory, Vol. 58, pp. 120-136. 2012.
- [6] Nebojša Nikolić, Tripo Torović, Života Antonić, Jovan Ž. Dorić—An Algorithm for Obtaining Conditional Wear Diagram of IC Engine Crankshaft Main Journals, FME Transactions, Vol. 39, pp. 157-164, 2011

### Kratka biografija:



**Stefan Čikoš** - Dipl. Inž. Mašinstva na fakultetu tehničkih nauka. Diplomirao na temi "Analiza raspodele kočnih sila na prednjoj i zadnjoj osovini kod teretnog vozila" 2017-te godine. Zaposlen je kao konstruktor fluidnih sistema u automobilske industriji..

kontakt: stefancikos1994@gmail.com



**PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE MAŠINE ZA SEČENJE LEPLJIVIH TRAKA  
BASES FOR DESIGN OF MACHINES FOR CUTTING OF ADHESIVE TAPES**Denis Olujčić, Radomir Đokić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je predstavljena konstrukcija lepljivih traka sa ciljem boljeg razumevanja istih radi projektovanja mašina za sečenje lepljivih traka. Mašine za sečenje lepljive trake ima za cilj postizanje bezbednosti na radu, funkcionalnosti i stabilnosti procesa. Mašina treba da omogući pouzdano sečenje trake, pouzdano razvlačenje trake i pouzdano sečenje lepljivih traka određene širine. U radu je predstavljena verzija mašine za sečenje duplo lepljivih traka koje se primenjuju kao vezivno sredstvo u automobilske industriji.

**Glavne reči:** Lepljive trake, sečenje trake, mašina za sečenje lepljivih traka

**Abstract** – The paper presents the construction of adhesive tapes with the aim of better understanding them in order to design machines for cutting adhesive tapes. Adhesive tape cutting machines aim to achieve safety at work, functionality and process stability. The machine should enable reliable cutting of the tape, reliable stretching of the tape and reliable cutting of adhesive tapes of a certain width. The paper presents a version of the machine for cutting double-adhesive tapes used as a binder in the automotive industry.

**Keywords:** Adhesive tapes, cutting tapes, machine for cutting adhesive tapes

**1. UVOD**

Istorija lepljive trake doseže do početka 20. veka. Vremenom njena upotreba i raznolikost sve više rastu. Danas se proizvodi više od 400 različitih vrsta lepljivih traka koje imaju primenu u avioindustriji, arhitekturi, građevinarstvu, grafičkom dizajnu, medicini, elektronici, automobilske industriji, ...

Lepljiva traka predstavlja poluproizvod koji omogućava spajanje dva različita materijala. Zahvaljujući napretku tehnologije lepljenja, jednostavnosti upotrebe i niskim troškovima lepljiva traka se danas sve više primenjuje za lepljenje ili spajanje predmeta umesto konvencionalnih metoda za spajanje kao što su zavarivanje ili vijčane veze.

**2. OPŠTI DEO**

Lepljive trake se sastoje od materijala koji se naziva podloga ili nosač (papir, plastični film, krpa, pena, folija), koji je po potrebi premazan lepkom i zaštitnim slojem.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Radomir Đokić, docent.

Najčešći materijali koji se koriste kao podloga su: papir, tkanina, pena, metalna folija, plastični film, PET, polimiid, PVC, guma, silikon, akrilni filmovi, staklo, filament i PTFE. Adhezivno sredstvo izrađuje se najčešće na bazi: gume, akrila, silikona, epoksidne smole, poliuretanskih i izocijanatnih lepkova [1, 2].

Trake se dele na 4 osnovna tipa: lepljive trake osetljive na pritisak, lepljive trake aktivirane toplotom, lepljive trake aktivirane vodom i nelepljive trake.

Razlikujemo dve grupe lepljivih traka: jednostrano lepljiva traka i dvostrano lepljiva traka. Jednostrano lepljiva traka je traka kod koje se lepak nanosi samo na jednu stranu za razliku od dvostrano lepljive trake gde je adhezivni sloj nanešen na obe strane podloge ili nosača.

Prema načinu aplikacije razlikujemo lepljive trake osetljive na pritisak, lepljive trake aktivirane toplotom, lepljive trake aktivirane vodom i nelepljive trake.

Primena lepljive trake se široko rasprostranjena u našoj svakodnevici gde se nove primene i zahtevi neprestano povećavaju. Oblasti u kojima se primenjuju lepljive trake: avioindustrija, arhitektura, građevinarstvo, grafički dizajn, medicina i zdravstvena zaštita, elektronika i elektrika, obnovljivi izvori energije, transport i logistika, automobilska industrija itd.

Proizvodnja lepljive trake je složen visoko tehnološki proces koji se sastoji iz nekoliko isprepletenih koraka. U postupku proizvodnje lepljive trake, proizvodi se ili kupuje lepljiva masa, sredstvo za tretiranje podloge i prajmer. Podloga se premazuje pomoću ovih materijala, rastvarač se uklanja sušenjem, a zatim namotava u rolnu. Rolna se dalje reže na željenu širinu i zatim pakuje.

U ovom radu su predstavljeni reprojektivni podsistemi za unapređenje mašina za sečenje lepljivih traka koje se primenjuju u autoindustriji, nakon čega je vršeno nekoliko zvaničnih internih testiranja prilikom kojih je poređena efikasnost iste mašine i operatera u proizvodnji.

**3. DEFINISANJE PROJEKTOVANOG ZADATKA**

Cilj je bio unapređenje mašine kako bi ona bila kompatibilna za sečenje silikonskih duplo lepljivih traka sa ili bez mrežice. Ova vrsta traka kao podlogu ili nosač ima silikonski papir, a adhezivno sredstvo je lepak na bazi gume. Obe vrste trake koriste se kao vezivno sredstvo između grejača za automobilske sedišta i sedišta [3,4].

**3.1. Opis prvobitnog stanja mašine**

Na slici 1 prikazan je koncept mašine koji je neophodno unaprediti u cilju postizanja bezbednosti na radu, funkcionalnosti i stabilnosti procesa.



Slika 1. Prvobitno stanje mašine

### 3.2. Projektni zadatak

Cilj projekta jeste unaprediti mašinu radi postizanja pouzdanog sečenja trake, pouzdanog razvlačenje trake i sečenja lepljivih traka širine od 15÷200 mm, slika 7.

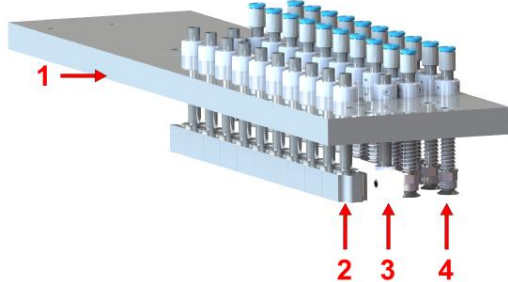
U cilju postizanja bezbednosti na radu operatera nadograđeno je kućište mašine sa nekoliko vrata. Vrata sa prednje strane mašine se zaključavaju sa magnetnom bravom direktno iz korisničkog interfejsa, a servisna vrata su mehanički zaključana.

Sečenje ostrim predmetom je najrasprostranjenija metoda za sečenje lepljivih traka. Jednostavna je i vrlo praktična. Za sečenje se koriste skalperi ili cirkularni noževi. Mana je brzo hvatanje adhezivnog sredstva na površini sečiva što zahteva češće čišćenje tačno definisanim sredstvima. Prema konceptu mašine sečenje se odvija sa cirkularnim nožem pomoću sistema za sečenje lepljive trake [5]. Tokom testiranja, primećeno je da dolazi do cepanja bočnih strana lepljive traka u položaju za sečenje, tokom sečenja, kao i da rezna ivica nije oštra i ravna. Nakon analize, dolazi se do zaključka da postoje dva razloga zbog kojih dolazi do pomenutih problema:

- 1) Lepljiva traka nije zategnuta u položaju sečenja,
- 2) Tokom sečenja, dolazi do prljanja noža u vidu nakupljanja lepka po obodu noža što doprinosi cepanju trake i neadekvatnoj reznoj ivici.

Rešenje prvog problema je razvoj vakuumske grupe. Vakuumska grupa ima dve funkcije. Prva je razvlačenje lepljive trake u zavisnosti od željene širine, a druga je omogućavanje zategnutosti trake u položaju za sečenje.

Vakuumska grupa (slika 2) se sastoji od: nosača vakuumske grupe (1), pritiskača 1 - zmijica (2), pritiskač 2 - ravni (3) i vakuumnog hvatača (4).



Slika 2. Vakuumska grupa

Vakuumska grupa se sastoji od dva reda po 10 vakuumnih hvatača (4). U zavisnosti od unesene vrednosti na upravljačkom monitoru, softver određuje broj aktivnih pneumatskih hvatača u procesu rada preko ventilskog ostrva.

Vakuumski hvatač (slika 3) se sastoji od: pneumatskog brzog konektora (1), prstena za podešavanje visine (2), prohromske cevi (3), opruge (4), podloške (5) i vakuumnog hvatača (6).



Slika 3. Vakuumski hvatač

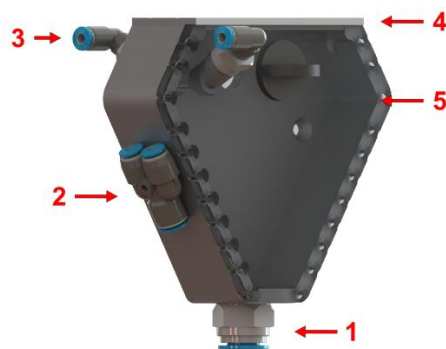
Mana vakuumnog sistema jeste češće čišćenje vakuumnih hvatača od prašine, naslaga lepka i ostalih nečistoća.

Razvoj rešenja drugog problema se granao u dva pravca, jedan u cilju omogućavanja čišćenja cirkularnog noža, a drugi u cilju preciznog sečenja trake.

Kućišta u kom bi se odvijalo samo pranje noža konstruisano je tako da prilikom pranja noža ne dolazi do prskanja tečnosti po ostalim delovima mašine i po isečenim trakama. Jedan od zahteva koji se nametnuo sa ovim rešenjem jeste da rezna ivica trake ne sme da ostane masna ili mokra.

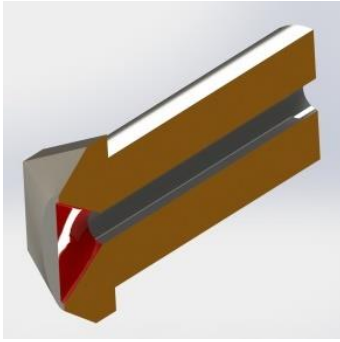
Koncept kućišta (slika 4) sastoji se od dve simetrično postavljene dizne, pod uglom od 60 stepeni. Profil dizne je takav da pokriva više od 60% radijusa cirkularnog noža.

Delovi sklopa kućišta za pranje noža su: konektor za izlaz prljave tečnosti (1), Y račva za dovod tečnosti i vazduha pod pritiskom (2), dizne sa pneumatskim konektorom (3), poklopac 1 (4) i poklopac 2 (5).



Slika 4. Sklop kućišta za pranje noža

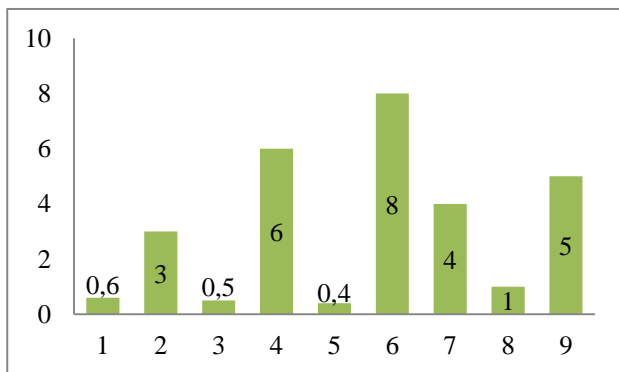
Važan element sistema za pranje noža je dizna. Projektovanje samog profila dizne kao i metoda izrade iste, bile su izazov. Vodio se osnovama Bernulijeve jednačine koja u grubom prevodu kaže da će se za isti protok a manji prečnik, povećati brzina kretanja fluida. Na slici 5 može se videti poslednja verzija dizne u preseku. Dizna je urađena uz pomoć 3D štampača sa FFD tehnologijom.



Slika 5. Dizna za pranje cirkulanog noža

Koristilo se nekoliko vrsta tečnosti za čišćenje lepka od lepljive trake. Sredstva za čišćenje koja su tom prilikom upoređivana su Sanitec Deink, Wacker emulzija i Top Clean. Prema dobijenim rezultatima testiranja zaključilo se da se ovi rastvarači razlikuju u vremenu reagovanja tečnosti sa lepkom radi otpuštanja i skidanja lepka sa sečiva i načinu reagovanja. Kao najefikasnije sredstvo za čišćenje pokazalo se Sanitec Deink.

Parametri za pranje noža (slika 6) usvojeni su eksperimentalnim putem. Pranje se odvija u 9 radnih koraka. Koraci pranja, prikazani su numeričkim brojevima na horizontalnoj osi i mogu se videti na dijagramu. Na vertikalnoj osi, prikazano je vreme u sekundama za svaki radni korak. Njihov zbir čini jedan ciklus za pranje cirkularnog noža. U koracima rada od 1 do 8 cirkularni nož obrće se malom brzinom kako usled centrifugalne sile sredstvo za pranje lepka ne bi bilo uklonjeno sa sečiva. U devetom koraku rada cirkularni nož se obrće najvećom ugaonom brzinom gde se usled centrifugalne sile i vazduha pod pritiskom vrši sušenje. Ukoliko cirkularni nož ne bi bio dovoljno suv, na prvim isečenim trakama bi ostao moker i masan trag, što bi rezultiralo škart. Postiglo se sečenje trake od zbirne dužine od 3000 mm nakon čega je potrebno pranje noža. U zavisnosti od širine trake zavisi i količina traka koja će se iseći na pokretnoj tacni. Maksimalni broj traka širine 15 mm je 180 dok maksimalni broj traka širine 200 mm je 14. Partije u proizvodnji su po 50 komada.

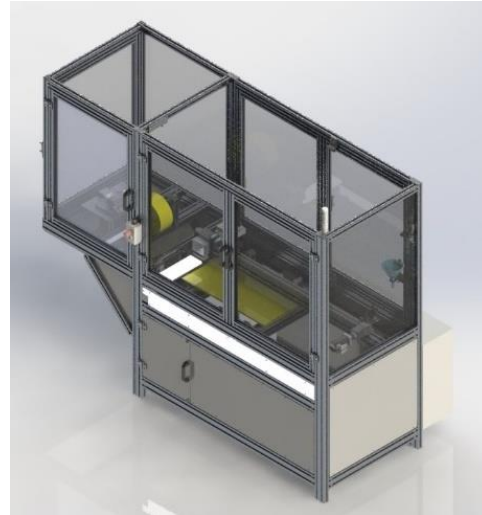


Slika 6. Prikaz ciklusa za pranje cirkularnog noža

Sledeća faza u projektovanju sistema za čišćenje noža bila je kontrola samog sistema za pranje. U tom cilju projektovani su podsistemi za dodavanje tečnosti u sistem ka rezervoaru tečnosti za pranje, za skladištenje i upravljanje tečnošću za pranje, ventil za relaksaciju i dovod vazduha pod pritiskom, ventili za kontrolu tečnosti i vazduha pod pritiskom.

Pouzdana razvlačenje trake omogućeno je podsistemima: sistem za prihvat rolne trake i kontrolu odmotavanja kotura trake sa podsistemima, sistem za kontrolu odmotavnosti trake sa kotura, sistem za fiksiranje rolne, sistem za kontrolu odmotavanja trake sa rolne, sistem za razvlačenje trake, vakuumska grupa i pokretni radni sto mašine.

U sklopu razvoja sistema i podsistema, razvijen je i korisnički interfejs. Cilj je da operater za kratko vreme unese parametre za mašinsko sečenje na mašini.



Slika 7. Unapređen model mašine

#### 4. REZULTATI

Prilikom testiranja mašine mereno je vreme potrebno za jedan ciklus koji se sastoji od sečenja maksimalnog broja traka u jendom sloju i pranja noža. Cilj je bio poređenje brzine mašine u odnosu na normu u proizvodnji. Uporedan test vršen je od strane operatera u proizvodnji radi adekvatnog poređenja. Podaci o tipu lepljivih traka kao i njihova količina koja je potrebna za izradu 100 delova grejača za sedište prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Podaci o tipu i količini lepljivih traka

Redni br.	Širina trake [mm]	Dužina trake [mm]	Broj komada
1	50	390	300
2	25	290	100
3	25	130	600
4	70	290	100

Tabela 2. Rezultati testiranja

Redni br.	A	B	C
1	81	381	32
2	100	405	0
3	120	497	28
4	56	277	24

Oznake u tabeli 2 su:

- A - maksimalni broj traka po sloju,
- B - vreme potrebno za sečenje po ciklusu mereno u (s),
- C - vreme potrebno za čišćenje po ciklusu mereno u (s).

Poređenjem dobijenih rezultata može se zaključiti da je mašini potrebno više vremena za postizanje norme u odnosu na operatera u proizvodnji.

Tabela 3. *Poređenje rezultata*

Subjekt poredjenja	A	B
Mašina	87,02	60
Operater	28,92	181

Oznake u tabeli 3 su:

A - produktivnost u odnosu na normu izražena procentualno,

B - vreme potrebno za sečenje lepljivih traka za izradu 100 grejača izraženo u (min).

## 5. ZAKLJUČAK

Operater u proizvodnji koristi skalper i specijalni sto. Na skalperu se tokom vremena hvata lepilo i potrebno ga je dodatno čistiti, a specijalni sto je presvučen silikonskim nosačem lepljive trake koji se tokom rada oštećuje i potrebno ga je menjati. Prednosti u odnosu na mašinu su fleksibilnost, brzina i mogućnost sečenja svih širina traka koje se koriste u proizvodnji. Mane su nehumanost radnog mesta, skupo održavanje opreme i pribora kao i nepotreban škart. U pogledu potreba proizvodnje, mašina je sposobna za rad sa trakama širine do 200 mm. Dodatna održavanja su minimalna i ne zahtevaju dopunska sredstva. Rezna ivica je potpuno ravna i odstupanje dužine je u toleranciji do 0,5 mm.

Važno je napomenuti da mašina radi potpuno automatski, bez potrebnog dodatnog čišćenja mašine tokom rada. Obavezno održavanje je minimalno i ne uključuje dodatna sredstva i pribore za održavanje.

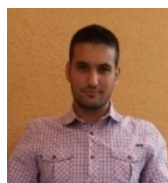
Zadovoljena su sva tri zahteva, odnosno omogućeno je pouzdano sečenje trake, pouzdano razvlačenje trake i sečenje lepljivih traka širine od 15 mm do 200 mm.

Poseduje brojne prednosti za upotrebu u automobilske industriji. Neke od njih su precizno sečenje lepljivih traka, minimalni škart po rolni, relativno nisko održavanje mašine, brzo osposobljavanje operatera za rad sa mašinom, bezbednost na radu i pre svega humanost radnog mesta.

## 6. LITERATURA

- [1] <https://www.can-dotape.com/adhesive-tape-consultant/adhesive-tape-glossary/> (pristupljeno u septembru 2019.)
- [2] <https://www.phsinverter.com/history-of-tape/> (pristupljeno u septembru 2019.)
- [3] <http://www.riewoldt.de/en/knowledge-center/technology-of-adhesive-bonding/> (pristupljeno u septembru 2019.)
- [4] [https://www.lohmann-tapes.com/en/industry-solutions\\_6/](https://www.lohmann-tapes.com/en/industry-solutions_6/) (pristupljeno u septembru 2019.)
- [5] <https://www.tesa.com/en/wikitapia/adhesive-tape-manufacturing-process.html> (pristupljeno u septembru 2019.)

### Kratka biografija:



**Denis Olujić** je rođen 22. juna 1993. godine u Kninu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Mašinske konstrukcije, transportni sistemi i logistika odbranio je 2020. godine.

kontakt: olujic.denis93@gmail.com



**Radomir Đokić** je rođen u Radaljici (Novi Pazar) 1978. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. godine, a od iste godine je zvanju docenta. Oblast interesovanja su konstrukciono mašinstvo i projektovanje mobilnih mašina.



**РАЗВОЈ АПЛИКАЦИЈЕ ЗА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКЕ ПРОРАЧУНЕ У ОКВИРУ AWS ОКРУЖЕЊА****DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR ELECTRIC POWER CALCULATIONS WITHIN THE AWS ENVIRONMENT**Марија Томић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај** – Овај рад се бави испитивањем перформанси микросервисне апликације која врши тополошке прорачуне у AWS cloud окружењу и њиховим поређењем са перформансама при раду у Azure окружењу.

**Кључне ријечи:** AWS, Cloud, Azure, микросервиси, електроенергетски систем, тополошки прорачуни

**Abstract** – This paper examines the performance of a microservice application that performs topological calculations in an AWS cloud environment and compares them to performance when running in an Azure environment.

**Keywords:** AWS, Cloud, Azure, microservices, electroenergy system, topological calculations

**1. УВОД**

Велике компаније раде са великим количинама података које је потребно складиштити. Раде се притом и многи прорачуни и анализе система и његових података. Зато је потребно увијек тежити механизмима и технологијама са којима се постиже брза обрада и сигурно и трајно чување велике количине података.

Cloud computing или рачунарство у облаку представља технологију која податке, софтвер или хардвер испоручује кориснику као услугу, а не као производ [1].

Подаци и апликације се налазе на удаљеној локацији и најчешће се испоручују путем Интернета, што значи да ће подаци увијек и са сваке локације бити доступни. Лиценца за коришћење Cloud сервиса се не купује већ се изнајмљује на мјесечном нивоу.

Како је употреба рачунарства у облаку расла, тако је растао и развој Cloud сервиса који се у ту сврху користе. Данас у свијету постоји велики број компанија које се баве развојем Cloud сервиса, од којих свака нуди своје сервисе и услуге.

Ти сервиси углавном обављају исте или сличне функције, само на различите начине, у другачијим окружењима и под другачијим условима.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Дарко Чапко, ред. проф.

С друге стране, све те компаније унутар себе имају мноштво различитих сервиса који нуде различите услуге и обављају задатке потребне за нормално функционисање апликација у Cloud окружењу.

**1.1. Прелазак са монолитне на микросервисну архитектуру**

Да би се избјегли проблеми као што је слаба стабилност система, опадање перформанси или спор развојни циклус, потребно је на вријеме размишљати о промјенама и преласку са монолитне на микросервисну архитектуру.

Најчешћи проблеми који се јављају у монолитним апликацијама настају због потенцијалних уских грла која настају под великим оптерећењем. На примјер, преоптерећење при обради споредних података у некој Web апликацији може довести до обарања цијелог сајта. Споредни подаци су подаци који не представљају главни садржај Web странице или апликације. У монолитним апликацијама сав садржај се учитава у исто вријеме тако да је тешко раздвојити главне од споредних података. У том случају, када падне дио система који се бави обрадом споредних података он са собом повуче и остатак апликације. Промјене на једном дијелу система утичу на неки други дио система иако они нису логички повезани и не очекује се да се то догоди.

Један од разлога зашто се не прелази са монолитне на микросервисну архитектуру је тај што је промјена технологије претешка. Многе монолитне апликације зависе од застарјелог софтвера.

Сви проблеми у монолитним апликацијама подижу се на један виши ниво уколико се налазе на Cloud-у. Уколико се деси неки проблем на одређеном дијелу система, након рјешавања проблема и преправљања кода потребно је сваки пут изнова publish-овати цијелу апликацију, без обзира на то што се можда промјенио само један мали дјелић. Ако систем има више клијената који користе апликацију рад на свим клијентима ће бити обустављен док се проблем не отклони, а самим тим перформансе система опадају.

Већина наведених проблема се смањује разбијањем једног великог проблема на више мањих, тј. подјелом монолитне апликације на више мањих сервиса.

**1.2. Коришћење Cloud-a**

Cloud замјењује скупу IT инфраструктуру, омогућава већу флексибилност у раду, једноставност и сигур-

ност за пословне процесе уз значajну уштеду. Гарантује потпуну приватност и безбједност података уз најсавременије системе заштите. Има аутоматски *backup* који омогућава поуздан опоравак система у случају неких поремећаја и кварова. Подацима се може приступати са било ког уређаја, битно је само да је тај уређај повезан на Интернет. Међу најпопуларнијим Cloud платформама данас су *Microsoft Azure Service Fabric* и *Amazon Web Services (AWS)*.

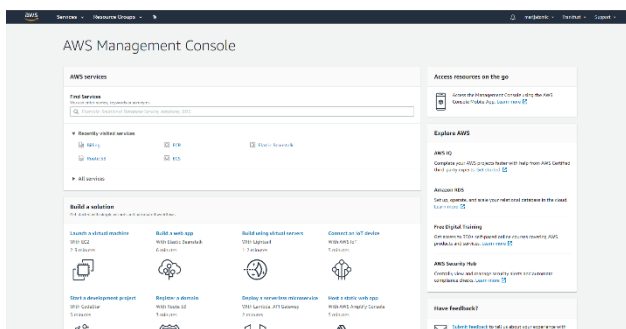
## 2. AMAZON WEB SERVICES

*Amazon Web Services* је скуп удаљених рачунарских сервиса који заједно граде платформу за рачунарско коришћење у Cloud-у, а коју Amazon нуди путем Интернета [2].

Најпознатији сервиси су *Amazon EC2* (обезбјеђује виртуелне машине) и *S3* (обезбјеђује капацитете за складиштење). Још један веома значајан сервис који се обично користи у комбинацији са наведена два, јесте *Elastic Beanstalk*, помоћу кога се апликације могу брзо и лако *deploy*-овати и управљати без претјеране потребе за познавањем инфраструктуре саме апликације.

AWS је најопсежнија и широко прихваћена Cloud платформа која нуди око 165 услуга из центара података широм свијета. Милиони купаца, укључујући највећа предузећа и водеће агенције вјерују AWS-у и повјеравају му да унапређује њихову инфраструктуру, да смањује трошкове и повећава агилност. У последњих десет година откако је објављен, AWS је израстао у водећу компанију за Cloud инфраструктуру која, према истраживањима организације *Synergy Research Group*, снабдијева 34% Cloud тржишта, док његови најближи ривали - Microsoft, IBM и Google заједно снабдијевају око 24% тржишта [3].

AWS сервисима се може управљати путем корисничког интерфејса заснованог на Web-у (*AWS Management Console*) и преко интерфејса командне линије (CLI) или програмски путем SDK-а. Најбоље мјесто за почетак рада или за експериментисање са AWS-ом јесте *AWS Management Console*. Ова конзола је веома прегледна и погодна за кориснике који су почетници у коришћењу AWS-а јер нуди брз и јасан преглед његових сервиса. Такође је погодна за подешавање жељене инфраструктуре и покретање нових виртуелних машина, инстанци итд. На слици 1 приказана је почетна страница *AWS Management Console*.



Слика 1. Изглед почетне странице *AWS Management Console*

AWS има интегрисане блокове који подржавају развој микросервиса. Два популарна приступа која се користе су *AWS Lambda* и *AWS Fargate*.

*AWS Lambda* омогућава покретање кода без обезбјеђивања или управљања серверима. Са овим сервисом, корисник је дужан само да једноставно пренесе свој код, а *AWS Lambda* се брине за све што је потребно за покретање и скалирање извршења. *AWS Lambda* заправо представља *serverless* архитектуру. *Serverless* архитектура је начин развоја и покретања апликација и сервиса без потребе за одржавањем инфраструктуре.

*AWS Fargate* је *serverless* рачунарска машина за контејнере који раде са *Amazon Elastic Container Service (ECS)* и *Amazon Elastic Kubernetes Service (EKS)*.

С обзиром на потребе истраживања овог рада, неће се користити уобичајени приступ развоја микросервиса у AWS. Потребно је имплементирати систем тако да корисник сам брине о броју инстанци, *load balancing*-у итд. Такав систем ће бити реализован помоћу *Amazon Elastic Beanstalk* и *Amazon EC2* сервиса који ће бити описани у наставку.

AWS нуди „*pay-as-you-go*“ приступ плаћања за преко 160 сервиса. Наплаћују се само појединачне услуге које се користе, за период који су коришћене, без икаквих дугорочних уговора или лиценцирања. Рачун од AWS-а је сличан рачуну за струју јер се наплаћује само вријеме када су сервиси или виртуелне машине биле покрнуте.

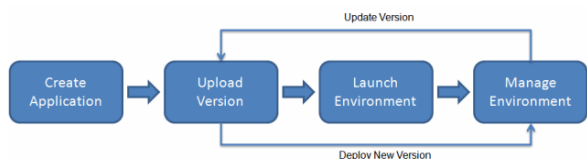
Неки од најпопуларнијих AWS сервиса који се данас користе су: *Amazon S3*, *Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)*, *AWS Lambda*, *Amazon Glacier*, *Amazon SNS*, *Amazon CloudFront*, *Amazon Elastic Block Store (EBS)*, *Amazon Kinesis*, *Amazon Virtual Private Cloud (VPC)*, *Amazon Simple Queue Storage (SQS)*, *Amazon Elastic Beanstalk*, *DynamoDB*, *Amazon Relational Database Service (RDS)*, *Amazon ElastiCache*, *Amazon Redshift*.

### 2.1. Elastic Beanstalk

*Amazon Elastic Beanstalk* је најатрактивнији сервис за програмере. Програмери више не морају да брину о инфраструктури и могу да се фокусирају на развој свог софтвера или апликације. Потребно је само да програмер *upload*-ује апликацију на Cloud, а *Elastic Beanstalk* аутоматски обрађује детаље о обезбјеђивању капацитета, скалирању, *load balancing*-у и надгледању здравља апликација. Корисник има пуну контролу над AWS ресурсима који напајају његову апликацију и може у било ком тренутку да им приступи. Може се управљати *Elastic Beanstalk*-ом помоћу *AWS Management Console*, AWS интерфејса командне линије (AWS CLI) или CLI високог нивоа дизајнираног посебно за *Elastic Beanstalk*.

Компаније које тренутно користе овај сервис су: *Zillow*, *Prezi*, *BMW*, *GeoNet*, *League of Women Voters*, *Samsung*, *Crowd Chat* итд. *Elastic Beanstalk* се не наплаћује – наплаћују се само ресурси (нпр. EC2 инстанце или *S3 Buckets*) који су потребни за складиштење и покретање апликација. *Elastic Beanstalk* је најбржи и најлакши начин за подизање апликација на AWS. За неколико минута, апликација

ће бити спремна за употребу. Корисник се може фокусирати на писање кода и не трошити вријеме на управљање и конфигурирање сервера, база података, *load balancer*-а и мрежа. На слици 2. приказан је ток рада *Elastic Beanstalk*-а.



Слика 2. Ток рада *Elastic Beanstalk*-а

Прво је потребно креирати *Elastic Beanstalk* апликацију. Након креирања апликације, потребно је *upload*-овати жељену верзију са локалне машине, након чега се прави и покреће окружење у којем ће *upload*-ована верзија да ради. Након тога може да се управља датим окружењем, након чега се *upload*-ују нове верзије апликације и процес покретања апликације се понавља.

## 2.2. Elastic Compute Cloud (EC2)

EC2 може се користити за покретање виртуелних сервера у складу са корисниковим захтјевима. *Amazon EC2* је централни дио цијелог AWS екосистема. Омогућава скалабилне рачунарске ресурсе на захтјев, омогућавајући да се AWS окружење лако прошири и смањи у неколико минута. Због своје велике флексибилности, EC2 још може лако да се интегрише са другим AWS сервисима као што је S3, VPC или RDS.

## 3. AZURE SERVICE FABRIC

*Azure Service Fabric* је дистрибуирана системска платформа која олакшава паковање, распоређивање и управљање скалабилним и поузданим микросервиси-ма и контејнерима. *Service Fabric* представља платформу нове генерације за изградњу и управљање пословним класама и Cloud базираним апликацијама које раде у контејнерима [4]. *Azure Service Fabric* омогућава стварање и управљање апликацијама заснованим на микросервиси-ма. Ти микросервиси раде на заједничком скупу машина, који се назива кластер. *Service Fabric* подржава лагано вријеме извршавања које подржава *statefull* и *stateless* микросервисе. *Stateless* микросервиси, као што су улазне тачке и проксији, не чувају промјенљива стања изван захтјева и одговора сервиса. *Statefull* микросервиси, попут корисничких налога, база података, шопинг картица и редова, чувају промјенљива стања изван захтјева и одговора сервиса. Актор (*actor*) је изолована, независна јединица која је намјенена за ситне прорачуне или промјене стања и која се извршава на једној нити [4].

*Service Fabric Reliable Actor* је имплементација актор дизајн патерна. Актор дизајн патерн представља модел за конкурентне и дистрибуиране системе у којима велики број актора може да се извршава истовремено и независно један од другог. Актори се најчешће користе када проблем укључује велики број (чак и по више хиљада) малих, независних и изолованих јединица стања или логике, или када се

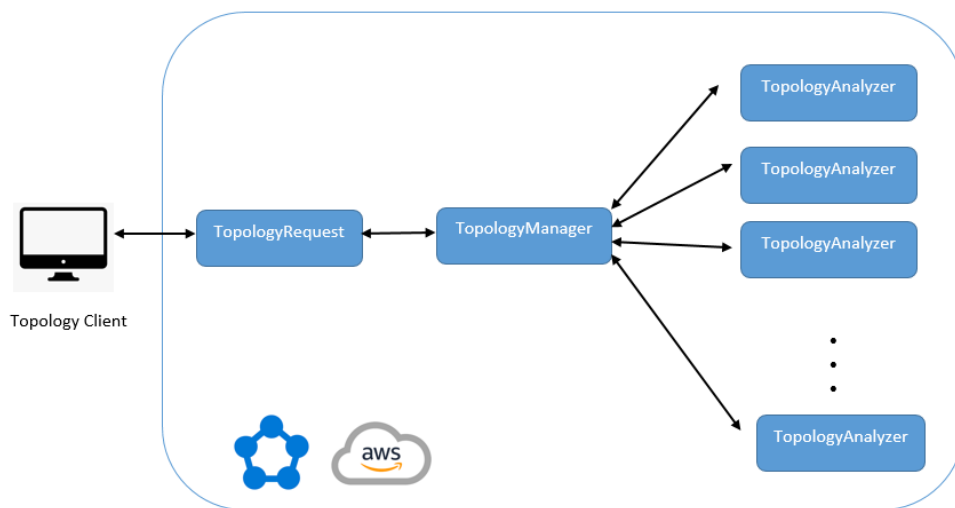
жели радити са *single-threaded* објектима који не захтјевају значајну интеракцију са спољашњим елементима. *Service Fabric* је прилагођен да креира изворне Cloud сервисе који могу да покрену мале али и велике апликације са масовним подацима уколико је потребно. Данашње Интернет апликације се састоје од комбинације *statefull* и *stateless* микросервиса.

*Service Fabric* данас посједује многе *Microsoft*-ове услуге, као што су: *Azure SQL* база података, *Azure Cosmos DB*, *Cortana*, *Microsoft Power BI*, *Microsoft Intune*, *Azure Event Hubs*, *Azure IoT Hub*, *Skype for Business* и многе друге основне *Azure* услуге.

## 4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА РЈЕШЕЊА

Апликација на којој се тестирају сервиси јесте .NET конзолна апликација заснована на микросервисној архитектури. Апликација се бави тополошким прорачунима у датом електроенергетском систему. Електроенергетски систем (ЕЕС) је технички систем чији је основни задатак да осигура квалитетну испоруку електричне енергије уз минималне трошкове у ЕЕС. Електроенергетске мреже се најчешће представљају графовима. Чворовима графа представљају се сабирнице високонапонских постојења или спојна места (рачве) у дистрибутивним мрежама, а гранама графа су моделовани водови и трансформатори. На мјестима гдје се спајају грана и чвор могу се налазити елементи графа којима се моделује расклопна опрема (прекидачи, растављачи итд.), релејна заштита и мјерни инструменти. Електродистрибутивна радијална мрежа се састоји од скупа коријена и острва. *Коријен* чине сви елементи који су напајани из једне напојне гране и они представљају енергизован дио мреже. Острва представљају скуп елемената који су међусобно повезани и са свих страна су изоловани од енергизованих дијелова мреже отвореним прекидачима. Топологија мреже представља логичку дефиницију међусобне повезаности опреме преко затворених прекидача. Тополошка анализа има задатак да одреди галвански повезане цјелине (коријене и острва) и прилагоди податке о повезаности мреже као и да снабдијева сваки елемент мреже потребним подацима, да би корисник имао увид у тренутно стање мреже. Након обављене тополошке анализе, модел који је освјежен представља основу за брзо и ефикасно извршење функција електроенергетских прорачуна [5]. Апликација врши тополошке прорачуне на захтјев корисника, по унапријед дефинисаном алгоритму обиласка графа дистрибутивне мреже, над задатом електроенергетском мрежном структуром. На слици 3 приказана је архитектура имплементираних рјешења.

Апликација садржи три микросервиса који врше највећи дио посла. *TopologyRequest* шаље корисников захтјев за прорачун са унапријед задатим параметрима. *TopologyManager* примјењује алгоритам за расподјелу коријена на пет листи гдје ће свака листа на крају имати исти број елемената и над сваком листом позива *TopologyAnalyzer* у оквиру кога је имплементирана тополошка анализа. Тополошка анализа се врши за сваки коријен посебно и обрађују се само неажурни коријени.



Слика 3. Архитектура имплементираниог рјешења

Апликација је раније имплементирана тако да ради у Azure окружењу и тестирана је локално [6]. За потребе овог истраживања тестирана је оптимизована верзија те апликације у *Azure Service Fabric* и AWS окружењу. Како би се на најбољи могући начин реализовала имплементација апликације у AWS-у, потребна је припрема у смислу одабира сервиса који ће се користити и њиховог обезбјеђивања. Након што је одлучено да ће се користити *Elastic Beanstalk* и EC2, да би се реализовала једна таква имплементација одрађена је конфигурација и припрема окружења на које ће се подизати жељени микросервиси. Најлакши начин за то је кроз *AWS Management* конзолу.

## 5. ТЕСТИРАЊЕ

Тестирана је апликација у Azure окружењу и апликација у AWS окружењу. Обе апликације су тестиране по 50 пута за одређен број коријена. Тестиране су апликације за тополошке прорачуне за 10, 20, 50, 100, 200, 300 и 400 коријена. Извучене су средње вриједности времена која су том приликом добијена. Резултати тестирања апликације у AWS и у Azure окружењу су приказани у табели 1.

Табела 1. Приказ резултата тестирања

Бр. коријена	Azure [s]	AWS [s]
10	2	2
20	3	3
50	7	8
100	14	26
200	42	68
300	82	94
400	131	166

Из табеле се види да се тополошка анализа брже извршава у Azure окружењу за већи број коријена. За мањи број коријена (10, 20, 50) вријеме извршавања прорачуна је исто, док се за већи број коријена времена доста разликују.

## 6. ЗАКЉУЧАК

Из резултата се види да микросервисна архитектура боље функционише на *Azure* платформи, тј. прорачуни тополошке анализе се брже извршавају на њој. Доказано је да се вријеме извршавања смањује коришћењем динамички подигнутих сервиса на *Azure Service Fabric* платформу. Из прикупљених информација током истраживања о теми може се закључити да је AWS погоднији за комплексније системе и апликације гдје корисници имају више простора и опција са којима раде.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] G.Kulkarni, J. Gambhir, R. Palwe, "Cloud Computing-Software as Service", *International Journal of Cloud Computing and Services Science*, Vol. 1, pp. 11-16, Март 2012.
- [2] S. Nagaprasad, A. VinayaBabu, K.Madhukar, D. Marlene G Verghese, V. Mallaiah and A. Sreelatha, "Reviewing some platforms in cloud computing", *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 2, pp. 348-353, 2010.
- [3] Synergy Research Group, "The Leading Cloud Providers Continue to Run Away with the Market", <http://mng.bz/qDY0>, 2017.
- [4] <https://docs.microsoft.com/bs-latn-ba/azure/service-fabric/service-fabric-overview> (приступљено у новембру 2019.)
- [5] Ковач ТЖ, Бекут ДД, Сарић АТ. „Topological analysis of unbalanced distribution networks with single-phase switching equipment and temporary elements.“ *Int Trans Electr Energ Syst.*, 2017.
- [6] Н. Петковић, Динамичка расподела микросервиса у дистрибуираном систему, *ФТН Нови Сад*, 2018.

### Кратка биографија:



**Марија Томић** рођена је у Бијељини 1996. године. Дипломирала је на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Примјењено софтверско инжењерство 2018.године.



**RAZVOJ APLIKACIJE ZA SIMULACIJU RADA PROTOTIPA DISTRIBUTIVNOG ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA U SERVICE FABRIC OKRUŽENJU****DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR SIMULATION OF THE PROTOTYPE OF DISTRIBUTION POWER SYSTEM ON SERVICE FABRIC PLATFORM**

Dragan Stanković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIČKO I RAČUNARSKO INŽENJERSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu predstavljena su dva programska rešenja simulacije rada distributivnog elektroenergetskog sistema – on-premise i Azure Service Fabric. Izvršena je implementacija, testiranje, analiza i poređenje performansi između dva pomenuta rešenja.

**Ključne reči:** *Distributivni elektroenergetski sistem, Service Fabric, Smart Grid, Azure*

**Abstract** – *This paper presents two software solutions for simulating the distribution power system - on-premise and Azure Service Fabric. Implementation, testing, analysis and performance comparison between the two mentioned solutions was performed.*

**Keywords:** *Distributed power system, Service Fabric, Smart Grid, Azure*

**1. UVOD**

Kako bi se postigla odgovarajuća pouzdanost i kvalitet u isporuci električne energije krajnjim potrošačima, elektroenergetski sistem je podeljen na četiri osnovne celine: proizvodnja, prenos, distribucija i potrošnja. Na ovaj način došlo je do podele odgovornosti i razdvajanja procesa gde svaki podsistem brine o ispunjavanju zadataka iz svog delokruga poslova. U svakoj celini je došlo do razvoja odgovarajućih alata za vođenje tehničkih poslova kako bi se ostvarili što bolji rezultati. Tako sa ubrzanim razvojem tehnike i tehnologije, hardverskih i softverskih rešenja i telekomunikacione opreme dolazi do velikog napretka u domenu nadzora i upravljanja infrastrukturnim sistemima kao što je npr. distributivna mreža. Ukoliko se posmatra model i broj elemenata koji je karakterišu, distributivna mreža predstavlja najkompleksniji podsistem elektroenergetskog sistema [1].

Napredak i modernizacija su omogućili uvođenje koncepta pametnih mreža u elektroenergetski sistem. Pametna mreža (eng. *Smart Grid*) predstavlja automatizovanu mrežu koja nadgleda, štiti i optimizuje sve elemente sistema, od generatora pa sve do potrošačkih čvorova. Donosi brojne benefite poput korišćenja distribuiranih generatora, smanjenja zagađenja životne sredine, identifikacija grešaka u radu itd. [2].

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Čapko, vanr. prof.**

Za razliku od tradicionalnih elektroenergetskih sistema, pametne mreže sa sobom donose softverska rešenja koja za cilj imaju kontrolu rada distributivne mreže. Aplikacije omogućuju dispečerima da na jednostavan način prate, kontrolišu i upravljaju delom mreže na koju je softver primenjen. Praćenje potrošnje, lokalizacija kvara, različiti proračuni od značaja, energizacija i deenergizacija određenih područja su samo neki od benefita koje nude aplikacije iz oblasti elektroenergetike.

Prosperitet u svetu informacionih tehnologija je evidentan iz dana u dan i ide toliko daleko, da omogućava da se veliki infrastrukturni sistemi, kakva je i sama distributivna mreža, obuhvate i obrade u moćnim i udaljenim servisima koristeći *Cloud* tehnologije. Jedno od solucija za tu vrstu realizacije je *Service Fabric*, distribuirana systemska platforma koja deli sistem na mikroservise i pojednostavljuje upravljanje aplikacijama u *Cloud* okruženju. Najveće prednosti *Service Fabric*-a su pouzdanost, skalabilnost i dostupnost [3].

Ovaj rad je organizovan u sedam poglavlja. U prvom poglavlju je dat uvod. Drugo poglavlje sadrži teorijske osnove distributivne mreže elektroenergetskog sistema i *Service Fabric* okruženja. Treće poglavlje daje uvid u predmet istraživanja. Način implementacije i arhitektura sistema se nalaze u poglavlju četiri. Testiranje i analiza rešenja su opisani u poglavlju pet. Zaključak je napisan u poglavlju šest, a korišćena literatura u poglavlju sedam. Kratka biografija se nalazi u poglavlju osam.

**2. TEORIJSKE OSNOVE****2.1. Tradicionalni elektroenergetski sistemi**

U dvadesetom i početkom dvadeset prvog veka su primenjivani tradicionalni koncepti i tehnike da bi se obezbedilo snabdevanje potrošača električnom energijom. Proizvodnja električne energije se odvijala u elektranama (hidro, termo, nuklearna) koje su izgrađene neposredno u blizini primarnih izvora energije, udaljene od naseljenih mesta. Smanjenje uticaja štetnih gasova na stanovništvo i određena vrsta prevencije od mogućih katastrofa su glavni razlog njihovog distanciranja u odnosu na naselja. Pored načina proizvodnje električne energije, glavna odlika tradicionalnih elektroenergetskih sistema je nizak stepen automatizacije. Otklanjanje kvarova se vršilo isključivo slanjem dežurne ekipe na teren i njihovim intervencijama. Evidentiranje utrošene električne energije je takođe bio zadatak čoveka. Obavljao se ručno, na mestu potrošnje,

očitanjem vrednosti sa konvencionalnih električnih brojila.

## 2.2. Pametne mreže

Električna energija se nametnula kao vodeća stavka u svakodnevnom životu ljudi i činjenica je da je život bez nje postao nezamisliv. Nemerljiv uticaj na čovečanstvo i okolinu i potražnja za njom su doveli do toga da tradicionalni elektroenergetski sistemi postaju neodrživi u takvim uslovima. Međutim, razvoj komunikacionih tehnologija, softverskih alata, nadzorno-upravljačkih sistema, mernih instrumenata i drugih naprednih sistema u oblasti elektroenergetike, doveo je do transformacije tradicionalnog elektroenergetskog sistema u pametnu mrežu.

Koncept pametnih mreža se zasniva na automatizovanom rukovođenju mrežom u realnom vremenu, uz posredstvo odgovarajuće opreme, adekvatnog nadzorno-upravljačkog sistema i softvera za upravljanje. Proizvodnja električne energije se, osim iz osnovnih tipova elektrana, dobija i iz tzv. alternativnih elektrana koje koriste obnovljive izvore kao što su: vetar, sunce i biomasa. Ova vrsta proizvodnje je uglavnom vezana za distribuirane generatore koji se najčešće priključuju na distributivnu mrežu, u blizini potrošača. Na taj način se povećava pouzdanost snabdevanja, doprinosi se očuvanju okoline i klime, a energija se proizvodi u blizini potrošnje [2].

Veliki pomak ka automatizaciji procesa je obezbeđen uvođenjem senzora, aktuatora i pametnih brojila. Tako je obezbeđen uvid u realno stanje sistema u svakom trenutku, uz mogućnost delovanja sa udaljenog mesta, posredstvom odgovarajuće aplikacije.

## 2.3. Service Fabric

*Azure Service Fabric* je distribuirana sistemka platforma razvijena od strane kompanije *Microsoft*. Omogućava stvaranje skalabilnih i pouzdanih aplikacija sastavljenih od mikroservisa koji rade na mnoštvu povezanih računara. Grupa računara, koji su tako povezani i pritom funkcionišu i ponašaju se kao jedan skladan sistem, naziva se klaster (eng. *Cluster*). Ova platforma pruža sveobuhvatne mogućnosti upravljanja aplikacijama zasnovanim na arhitekturi mikroservisa. Smešta ih unutar kontejnera koji su raspoređeni širom *Service Fabric* klastera.

Mikroservisi mogu biti *stateless* ili *stateful*. *Stateless* servisi ne čuvaju lokalno promenljiva stanja. Uglavnom se potrebni podaci za rad servisa čuvaju eksterno, u bazi podataka. Instance *stateless* servisa se raspoređuju po čvorovima i u slučaju otkaza bilo koje instance ili čvora na kojoj se instanca nalazi, vrši se ponovno startovanje na ispravnom čvoru. *Stateful* servisi održavaju promenljivo stanje. Programski kod se izvršava samo na jednom čvoru koji se naziva primarni, dok su ostali čvorovi određenog servisa pasivni.

U toku rada, primarni čvor konstantno replicira podatke na sekundarne čvorove i na taj način održava konzistentno stanje sistema. Odnosno, u slučaju otkaza primarnog čvora, jedan od sekundarnih preuzima posao i nastavlja njegovo izvršavanje. Takođe, vrši se oporavak čvora koji je otkazao, pri čemu se on formira kao sekundarni čvor.

Instance *stateful* servisa se nazivaju replike i njihov broj se može menjati, ali uvek je samo jedna od njih primarna [3].

## 3. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Aplikacija predstavlja programsko rešenje koje služi za nadzor, kontrolu i upravljanje distributivnim delom mreže. Može da obrađuje više različitih distributivnih mreža. Predmet istraživanja su efikasnost i performanse aplikacije u lokalnom i u *Service Fabric* okruženju čiji je cilj objašnjenje da li prelazak na *Cloud* bazirano rešenje nudi bolje performanse u odnosu na *on-premise* rešenje. Kada je aplikacija pokrenuta lokalno svi njeni servisi su pokrenuti na jednom računaru i koriste njegove hardverske resurse. U *Service Fabric* okruženju dolazi do podele poslova, odnosno određeni servisi rade na virtuelnim mašinama koje pripadaju geografski udaljenom klasteru, sa različitim konfiguracijama hardvera u odnosu na lokalni računar, dok se određeni delovi programskog koda izvršavaju na lokalnoj mašini.

## 4. IMPLEMENTACIJA APLIKACIJE

### 4.1. Opis rada aplikacije

Na osnovu dnevne krive potrošnje električne energije se vrši simulacija potrošnje gde svaki potrošač koristi određenu snagu u zavisnosti od satnice, odnosno dela dana. Tako će potrošnja kada ljudi spavaju, npr. u 03:00h, biti mnogo manja nego kada se ljudi spremaju za posao, npr. u 07:00h. Simulacija dnevne potrošnje funkcioniše tako što se svakom potrošaču postavlja određena snaga koja se menja na svakih  $n$  sekundi. Svaka iteracija predstavlja sat vremena stvarnog života.

Potrošnja, u bilo kom delu dana, ne sme da naruši maksimalno dozvoljenu. Ne sme da dođe do strujnog preopterećenja u distributivnoj mreži. Strujno opterećenje se računa sumiranjem snaga potrošača u tzv. *korenu* (skup elemenata mreže napajanih sa istog izvora). Zatim se taj zbir deli sa naponom na izvoru kako bi se dobila jačina struje, a potom se ista poredi sa limitom sekcije koja provodi struju. Dobijena vrednost ne sme biti veća u odnosu na propisanu jačinu električne struje koju vod može da provodi.

*Algoritam kružnih isključenja* vodi računa o ravnomernoj restrikciji električne energije između potrošača u slučaju strujnog preopterećenja, striktno obračunujući pažnju na njihov prioritet. Npr. bolnica je potrošač najvišeg prioriteta i ne sme ostati bez napajanja, dok su obična domaćinstva najnižeg prioriteta i oni će prvi ostati bez električne energije u slučaju prekomernog korišćenja iste. Isto tako, algoritam vodi računa da vreme provedeno bez napajanja između potrošača istih prioriteta bude ujednačeno.

U svakoj iteraciji simulacije se uzimaju vrednosti potrošnje za naredni sat koji su dobijeni dnevnom krivom potrošnje. Sa tim vrednostima se vrši proračun potrošnje mreže kako bi se preventivno delovalo na sistem, da ne dođe u stanje strujnog preopterećenja. Drugim rečima, aplikacija u tekućoj iteraciji, po potrebi, vrši isključenja

potrošača kako bi mreža u narednoj iteraciji ostala u normalnom stanju.

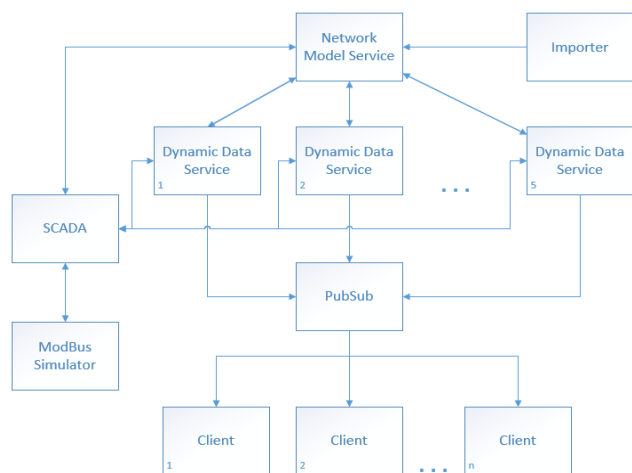
## 4.2. Arhitektura sistema

Arhitektura sistema *on-premise* aplikacije se razlikuje u odnosu na aplikaciju iste funkcionalnosti koja je pokrenuta u *Service Fabric* okruženju. Implementacija u *Service Fabric* okruženju je zahtevala određene izmene zbog pravilnog rutiranja pristiglih poruka unutar klastera.

### 4.2.1. Arhitektura aplikacije u lokalnom okruženju

Sistem je podeljen u nekoliko komponenti. Svaka od njih ima svoja zaduženja i zadatke koje ispunjava nezavisno od ostalih komponenti sistema. Arhitektura je prikazana na slici 1, odakle se može videti da je sistem izgrađen od sledećih elemenata:

- *Importer*
- *Network Model Service* – NMS
- *Dynamic Data Service* – DDS
- *Supervisory Control And Data Acquisition* – SCADA
- *PublishSubscribe* - PubSub
- *Modbus simulator*
- *Client*



Slika 1. Arhitektura *on-premise* aplikacije

**Importer** - učitava CIM XML dokument u kom se nalaze svi elementi elektroenergetske mreže i informacije o njima. Na osnovu pomenutog dokumenta pakuje podatke u pogodan format i šalje ih *Network Model Service*-u.

**NMS** - servis u kom se čuva statika sistema. Prima podatke o elektroenergetskoj mreži od *Importer*-a na osnovu kojih kreira objekte. DDS servisu i SCADA sistemu šalje sve jedinstvene identifikatore elemenata u mreži. Ukoliko je pokrenuto više DDS instanci u sistemu, podaci se prema njima šalju po *Round-robin* principu. Servisi kojima su potrebni podaci o elementima mreže se obraćaju ovoj komponenti.

**DDS** - čuva se dinamika sistema. Prima listu identifikatora od NMS-a. Dobijeni podaci omogućavaju servisu kreiranje topologije mreže na nivou *korena* uz dobavljanje potrebnih informacija sa NMS-a. Simulira trenutne vrednosti potrošnje potrošača u mreži. Vršiti proračun potrošnje mreže na nivou *korena* nakon promena vrednosti elemenata pristiglih sa SCADA sistema.

Realizuje kružna isključenja, odnosno generiše i šalje komande SCADA sistemu. Može biti pokrenuto više instanci DDS servisa.

**SCADA** – komunicira sa simulatorom uz pomoć *Modbus* protokola. Prima listu identifikatora od NMS-a. Mapira digitalne i analogne ulaze/izlaze na simulator. Izvršava komande primljene od DDS komponente menjajući digitalne ili analogne vrednosti na simulatoru. Periodično proverava da li je došlo do promena vrednosti na simulatoru i promene šalje odgovarajućem DDS servisu.

**PubSub** – mehanizam koji služi za komunikaciju sa klijentom. Posredstvom ove komponente DDS šalje podatke klijentu o trenutnom stanju mreže.

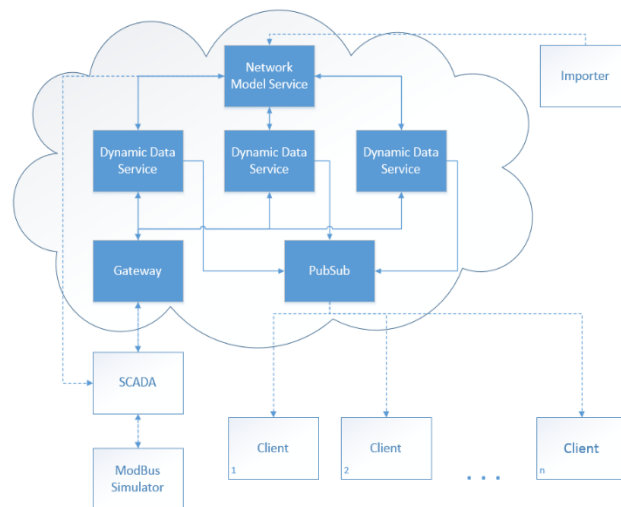
**Modbus simulator** – alat koji simulira stvarno stanje sistema. Sadrži analogne i digitalne ulaze/izlaze sa kojih se čita/upisuje stanje. Predstavlja stanje sistema, odnosno stanje prekidačke opreme.

**Client** – prati trenutno stanje mreže.

### 4.2.2. Arhitektura aplikacije u *Service Fabric* okruženju

*Cloud* arhitektura sistema je za nijansu drugačija u odnosu na lokalnu i prikazana je na slici 2. Pored komponenti koje su pomenute u prethodnom poglavlju, dodata je još komponenta:

- **Gateway**



Slika 2. Arhitektura *Service Fabric* aplikacije

**Gateway** – posrednik u komunikaciji između SCADA i DDS komponente. DDS je pokrenut na udaljenoj virtualnoj mašini, dok je SCADA pokrenuta na lokalnom računaru. Vršiti rutiranje dobijenih poruka od strane SCADA sistema ka odgovarajućoj instanci DDS sistema.

Servisi koji se pokreću u *Service Fabric* okruženju su: *Gateway*, NMS, DDS i PubSub. *Gateway* predstavlja *stateless* servis, dok su ostali servisi pokrenuti kao *stateful*. Ostale komponente sistema se pokreću na lokalnom računaru.

## 5. TESTIRANJE

Testiranje je sprovedeno u cilju poređenja performansi *Service Fabric* aplikacije sa performansama *on-premise*

aplikacije. Kao rezultat testiranja dobija se broj *korena* koje aplikacija uspeva uspešno da obradi u iterativnom periodu. Drugim rečima, rezultat testiranja je broj *korena* koje aplikacija može da obradi bez pojave strujnog preopterećenja. Promenljivi parametri prilikom testiranja su: broj DDS instanci koje su zadužene za obradu simulacije nad mrežom, trajanje pauze između dve iteracije simulacije (iterativni period) i vremenski interval na koji se vrši periodično prikupljanje podataka na SCADA komponenti.

Rezultati prikazani u tabelama 1 i 2 predstavljaju broj uspešno obrađenih *korena*. Sa  $n$  je označen broj pokrenutih DDS instanci, sa *sim* - trajanje pauze između dve iteracije simulacije, a sa *poll* - period za prikupljanje podataka na SCADA komponenti.

### 5.1. Testiranje *on-premise* aplikacije

Testiranje je izvršeno na računaru, odnosno virtuelnoj mašini, sa procesorom Intel Core i3-4130 CPU @ 3.4 GHz i memorijom od 32GB, od čega je 26GB dodeljeno virtuelnoj mašini. U tabeli 1 prikazani su dobijeni rezultati.

Tabela 1. Rezultati testiranja *on-premise* aplikacije

n \ sim	Poll = 2s				Poll = 1.4s			
	3s	5s	7s	10s	3s	5s	7s	10s
1	22	33	75	75	20	35	50	60
2	22	24	26	30	18	22	22	24
3	18	21	27	30	18	21	21	27
4	20	28	24	24	16	20	20	24
5	15	25	25	25	15	20	20	20

### 5.2. Testiranje *Service Fabric* aplikacije

Servisi pokrenuti u *Service Fabric* okruženju su podignuti na virtuelnim mašinama koje poseduju Intel Xeon CPU E5-2673 v3 @ 2.40 GHz, 1 Core procesor i RAM memoriju od 3.5 GB.

Ostale komponente su pokrenute na računaru sa memorijom od 6 GB i procesorom Intel Core i5-4200U CPU @ 1.60 GHz, turbo 2.30 GHz.

Rezultati dobijeni testiranjem su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati testiranja *Service Fabric* aplikacije

n \ sim	Poll = 2s				Poll = 1.4s			
	3s	5s	7s	10s	3s	5s	7s	10s
1	24	25	38	40	20	28	30	30
2	20	30	36	36	16	26	28	30
3	18	21	30	36	18	27	27	30

Poređenjem rezultata iz tabela 1 i 2 se može primetiti da su rezultati u većini slučajeva približni. Uočava se da u slučaju pokrenute jedne DDS instance *on-premise* aplikacija postiže bolje rezultate, odnosno može uspešno da obrađuje više *korena*. To je naročito izraženo u slučajevima kada je trajanje pauze između dve iteracije simulacije (*sim*) 7s i 10s. Aplikacija pokrenuta u *Service Fabric* okruženju daje za nijansu bolje rezultate kada je startovano više DDS instanci. Postoje slučajevi kada *on-premise* aplikacija postiže bolje rezultate, kada je pokrenuto više od jedne DDS instance (pokrenute dve DDS instance, pri pauzi između simulacija od 3 sekunde),

ali u svim ostalim slučajevima sa više DDS instanci *Service Fabric* aplikacija je uspešnija.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je i testirana aplikacija koja simulira rad distributivnog dela elektroenergetskog sistema. Objašnjeno je na koji način radi i kojim se metodama služi u cilju zaštite mreže od strujnog preopterećenja. Ispitana je njena efikasnost varijacijom vrednosti parametara od značaja. Korišćenja su dva testna okruženja pri čemu su u većini slučajeva dobijeni slični rezultati.

*On-premise* aplikacija je bolje rešenje kada je pokrenuta jedna DDS instanca zato što bolje hardverske komponente lokalnog računara dolaze do izražaja u odnosu na iznajmljenu virtuelnu mašinu. Značajna prednost je i to što podaci cirkulišu brže u okviru lokalne mreže, na istom računaru. *Service Fabric* rešenje daje bolje rezultate sa više DDS komponenti, jer se svaka od njih pokreće na različitoj virtuelnoj mašini, za razliku od *on-premise* aplikacije gde se sve DDS instance pokreću na istom računaru. Resursi u vidu hardvera daju razliku u rezultatu. Ta razlika bi verovatno bila veća da je postojala mogućnost iznajmljivanja boljih računara, sa boljom hardverskom konfiguracijom. Probna verzija naloga na *Microsoft Azure* portalu ograničava korisnika da iznajmi virtuelne mašine sa novčanim ograničenjem (200\$ u periodu testiranja), za period od mesec dana. Pritom, može se napraviti klaster sa najviše 3 čvora, s ograničenjem da skup iznajmljenih virtuelnih mašina ima na raspolaganju 4 jezgra. Drugim rečima, broj jezgara procesora iznajmljenih virtuelnih mašina u zbiru ne može biti veći od 4.

## 7. LITERATURA

- [1] P. Vidović, "Proračuni tokova snaga neuravnoteženih distributivnih mreža", doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad, 2015.
- [2] S. Borlase, *Smart Grids: Advanced Technologies and Solutions*, 2nd ed., CRC press, 2017.
- [3] Azure Service Fabric Documentation, <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/service-fabric/> (pristupljeno u novembru 2019.)

### Kratka biografija:



**Dragan Stanković** rođen je 03.06. 1995. godine u Somboru. Osnovnu školu je završio u Bačkom Brestovcu, a srednju ekonomsku školu u Odžacima. Fakultet Tehničkih Nauka, smer Elektroenergetski softverski inženjering, upisao je 2014. godine u Novom Sadu. Osnovne akademske studije završio je 2018. godine i upisao master akademske studije na smeru Primenjeno softversko inženjerstvo. Ispunio je sve obaveze i položio je sve ispite predviđene studijskim programom.



## ДИСТРИБУИРАНО УПРАВЉАЊЕ ФОРМАЦИЈОМ МОБИЛНИХ АГЕНАТА DISTRIBUTED CONTROL OF THE MOBILE AGENT FORMATION

Милош Милетић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај** – *Тема овог рада је управљање формацијом возила која може да има произвољан облик. Облик формације треба да буде одржан током читаве симулације. Такође, возила требају да прате референтну трајекторију. Поред тога, на референтној путањи се могу наћи препреке које формација возила треба да избегне.*

**Кључне речи:** *Управљање формацијом возила, избегавање препрека, предиктивно управљање*

**Abstract** - *The topic of this paper is vehicle formation control. Formation shape must be maintained during the simulation. Beside formation maintenance, vehicles have task to follow referent trajectory. Finally, vehicles must avoid obstacles that can appear at the referent trajectory.*

**Keywords:** *Vehicle formation control, predictive control, obstacle avoidance*

### 1. УВОД

Тема овог рада јесте оптимално управљање формацијом возила која имају задатак да одржавају облик формације и прате референтну путању. Такође, формација возила треба да обиђе све препреке које се нађу на жељеној путањи. Данас постоје разне примјене управљања формацијом објеката, а најчешће се односе на управљање мобилним агентима [1]. Најчешћи приступ рјешавању проблема управљања формацијом возила јесте такозвани вођа-пратилац приступ [1]. У овом приступу, нека возила су дефинисана као вође, док су друга возила дефинисана као пратиоци. У овом раду кориштен је управо приступ вођа-пратилац, гдје се формација састоји од једног вође који има задатак да прати референтну путању али и одржава облик формације, док сва остала возила имају само задатак да одржавају унапријед дефинисани облик формације. Да би читав концепт управљања формацијом возила могао функционисати, мора се дефинисати начин интеракције између возила. Све чешће се примјењује децентрализовани приступ доношења одлука. Самим тим, потребно је пронаћи начин за рјешавање конфликта приликом доношења одлука. У ту сврху се најчешће користе принципи теорије игара [1]. Поред задатака праћења референтне трајекторије и одржавања облика формације, возила имају задатак да обилазе препреке које се нађу на жељеној путањи.

### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Милан Рапаић, ванр. проф.

Најчешће се слични проблеми рјешавају декомпозицијом основног проблема у мање проблеме који су значајно мање компликовани. Ти мали проблеми се често називају задацима. Тада је потребно пронаћи одговарајућу стратегију управљања задацима, пошто задаци могу да буду у конфликту, односно могу да имају контрадикторне захтјеве. У тим ситуацијама потребно је одредити приоритет задацима, као и начин како ће се израчунавати резултујућа корективна акција. У овом раду коришћено је стратегија управљања базираног на кернелима (енг. Null-space based) [2, 3].

### 2. МОДЕЛ ПРОБЛЕМА

Посматраћемо општи случај, када се возила могу кретати по  $m$  степени слободе. Формација се састоји од  $N$  возила. Свако возило има динамику дуплог интегратора. Вектор позиције сваког возила  $i \in N$  можемо означити као  $p_i = [z_i, \dots, z_i^m]^T \in \mathbb{R}^m$ . Тада је вектор стања за свако возило  $x_i(t) = [p_i(t)^T, \dot{p}_i(t)^T]^T \in \mathbb{R}^{2m}$ , док жељени вектор стања за свако возило можемо означити са  $x_i^d(t) = [p_i^d(t)^T, \dot{p}_i^d(t)^T]^T \in \mathbb{R}^{2m}$ . Дефинисани жељени вектор стања  $x_i^d$  биће од помоћи приликом дефинисања грешке формације. Вектор управљања за свако возило  $i \in N$  означаћемо са  $u_i(t) \in \mathbb{R}^m$ . Као што је већ речено, сматрамо да је динамика сваког возила линеарна, те стога математички модел кретања возила и жељеног вектора стања можемо записати као

$$\dot{x}_i(t) = ax_i(t) + bu_i(t) \quad (1)$$

$$\dot{x}_i^d(t) = ax_i^d(t) + bu_i^d(t), \quad (2)$$

гдје су  $a$  и  $b$  матрице дефинисане са

$$a = \begin{bmatrix} 0 & I_{(m)} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ I_{(m)} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Тада, динамика читавог тима возила и њихова жељена динамика могу се записати као

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + \sum_{i=1}^N B_i u_i(t), \quad (4)$$

$$\dot{x}^d(t) = Ax^d(t) + \sum_{i=1}^N B_i u_i^d(t), \quad (5)$$

гдје је  $A = I_{(N)} \otimes a$  и  $B_i = [0, \dots, 1, \dots, 0]^T \otimes b$ . Оператор  $\otimes$  представља Кронекеров производ. Сам облик формације може бити дефинисан употребом графова. У овом раду користимо усмјерени граф са ивицама само ка сусједним возилима. Наравно да матрице инциденција и тежина зависе од изгледа формације возила, па их

нећемо наводити овде, него ће бити наведене приликом симулација, док ћемо их овде користити у општем облику. Жељени вектор удаљености између два сусједна возила  $v_i$  и  $v_j$  је  $d_{ij}^d = x_i^d - x_j^d$ . Тада је грешка формације између два сусједна возила  $\epsilon_{ij} = x_i - x_j - d_{ij}^d$ . Грешка формације комплетног тима може се изразити као

$$\sum_{(i,j) \in E} w_{ij} \|x_i - x_j - d_{ij}^d\| = (x - x^d)^T \tilde{B} \tilde{W} \tilde{B}^T (x - x^d) \quad (6)$$

гдје је  $\tilde{B} = B \otimes I_{(2m)}$ ,  $\tilde{W} = W \otimes I_{(2m)}$ .  $W$  је матрица тежина графа, док је матрица матрица инциденција. Лапласијан матрица графа  $G$  је  $Q = BWB^T$ , или  $\tilde{Q} = \tilde{B} \tilde{W} \tilde{B}^T$ . Лапласијан матрица графа је симетрична и њене карактеристичне вриједности су не-негативне реалне вриједности, па су ове матрице позитивно семи-дефинитне. Ово је битно због рјешавања критеријума оптималности који ће бити формулисан у наставку.

### 2.1 Критеријуми оптималности

Пошто смо дефинисали структуру графа који репрезентује формацију возила, потребно је дефинисати критеријуме оптималности, на основу којих ће се одржавати распоред возила унутар формације, али и пратити референтна путања. Једно од возила из формације треба да буде вођа формације. Сва возила имају задатак да оржавају распоред возила у формацији, а вођа има још задатак да прати референтну путању. Прво ћемо размотрити ситуацију када сва возила имају задатак да одржавају формацију. Управљање ће бити формулирано у форми предиктивног управљања [4], те је сходно томе критеријуме оптималности потребно дефинисати у односу на хоризонт коначне дужине. Дакле, на крају коначног хоризонта очекујемо да распоред возила унутар формације буде у формату који је унапријед дефинисан. Такође, током трајања коначног хоризонта, возила треба да одрже дефинисани облик формације.

Знајући све наведене чињенице, критеријум оптималности за свако возило  $i$  у односу на хоризонт коначне дужине може се дефинисати у линеарној квадратној форми као

$$J_i = h_i(T, x(T)) + \int_0^T g_i(\tau, x(\tau), u(\tau)) d\tau \quad (7)$$

$$h_i(T, x(T)) = \|x(T) - x^d(T)\|_{H_{if}}^2 \quad (8)$$

$$g_i(\tau, x(\tau), u(\tau)) = \|x(\tau) - x^d(\tau)\|_{G_i}^2 + \sum_{(i,j) \in E} \|u_j(\tau)\|_{R_{ij}}^2. \quad (9)$$

Као што видимо у претходним једначинама, у крајњем тренутку грешка треба да буде одступање од жељеног распореда возила у формацији. Слично  $g_i$  посједује члан који је задужен за одржавање формације, међутим са другачијим тежинским коефицијентима. Поред тога, функција  $g_i$  садржи члан који има задатак да ограничи управљање тиме што неће дозволити велике вредности и велике промјене управљања. У претходним изразима важи да су матрице  $H_{if} = \tilde{Q}_{if} = \tilde{B} \tilde{W}_{if} \tilde{B}^T$ ,  $\tilde{W}_{if} = W_{if} \otimes I_{(2m)}$ ,  $W_{if} = \text{diag}[w_{ij}]$ , односно ова матрица је заправо Лапласијан матрица иницијалног графа. Слично, важи да је  $G_i = \tilde{Q}_i =$

$\tilde{B} \tilde{W}_i \tilde{B}^T$ ,  $\tilde{W}_i = W_i \otimes I_{(2m)}$ ,  $W_i = \text{diag}[\lambda_{ij}]$ . Јасно је да су  $H_{if}$  и  $G_i$  симетричне и позитивно семи-дефинитне матрице, а да  $\lambda_{ij}$  и  $R_{ij}$  представљају тежинске факторе, док  $T$  представља крајњи тренутак хоризонта који посматрамо. Претходно описани критеријуми оптималности погодни су за пратиоце, међутим вођа треба да прати жељену трајекторију коју можемо означити са  $x_1^d$ , а да притом одржава жељену удаљеност са сусједним возилима. Да би испунио наведени задатак, критеријум оптималности вође мора укључити грешку која је последица одступања од жељене трајекторије, што се може дефинисати као

$$h_l(T, x(T)) = \|x(T) - x^d(T)\|_{H_{lf}}^2 + \|x_l(T) - x_l^d(T)\|_{h_{lf}}^2 \quad (10)$$

$$g_l(\tau, x(\tau), u(\tau)) = \|x(\tau) - x^d(\tau)\|_{G_l}^2 + \|x_l(\tau) - x_l^d(\tau)\|_{g_l}^2 + \|u_l(\tau)\|_{R_{ll}}^2 \quad (11)$$

гдје су  $h_{lf} = \text{diag}[w_l]$ , и  $g_l = \text{diag}[\lambda_l]$ ,

### 3. УПРАВЉАЊЕ ФОРМАЦИЈОМ ВОЗИЛА

У овом раду се за управљање возилима користи предиктивно управљање [4]. Предиктивно управљање базирано је на итеративној оптимизацији управљања над хоризонтом коначне дужине. Наиме, у тренутку  $t$  се одреди тренутно стање система, након чега се на основу одређеног критеријума оптималности одреди оптимално управљање за интервал  $[t, t + T]$ , гдје  $T$  представља дужину хоризонта који се посматра. Тада се примјењује само први корак из стратегије управљања која је израчуната, а хоризонт се помјера за  $T_s$ , односно за време одабирања. Тада се опет врши оптимизација за нови хоризонт и ново стање система. Да би се координисале акције које појединачна возила захтјевају искористићемо принципе теорије игара, прецизније алгоритам диференцијалних игара са отвореном спрегом [5]. Доказано је да за линеарно-квadratни проблем оптималног управљања, који се користи у предиктивном управљању, употребом диференцијалних игра са отвореном спрегом, постоји јединствено рјешење које доводи систем у Нешов еквилибријум. Доказ за ову тврдњу дао је Јакоб Енгверда (Jacob Engwerda) [5]. За класу проблема који обухватају диференцијалне игре  $N$  играча и који је описан у претходном поглављу, постоји јединствени сет рјешења  $\{L_i, i \in N\}$  матрице Рикатијевих једначина дефинисаних изразом

$$\dot{L}_i = -L_i A - A^T L_i - G_i + L_i \sum_{j=1}^N B_j R_{j,j}^{-1} B_j^T L_j, \quad (12)$$

$$L_i(T) = H_{if}. \quad (13)$$

У претходним једначинама фигуришу матрице  $G_i, R_{i,i}$  и  $H_{if}$ . Ове матрице су дефинисане у претходном поглављу, приликом описа структуре формације и дефинисања критеријума оптималности за сва возила. У крајњем тренутку  $T$  хоризонта коначне дужине, вриједност матрица  $L_i$  мора бити једнака  $H_{if}$ , што представља гранични услов приликом рјешавања система Рикатијевих диференцијалних једначина. Познато је да се рјешавањем Рикатијевих једначина стичу сви услови за израчунава-

ње оптималног управљања. Због тога, диференцијална игра са  $N$  играча посједује јединствено рјешење које доводи систем у Нешову равнотежу уколико се примјени управљање

$$u_i^*(t) = -R_{i,i}^{-1} B_i^T L_i(t) e_i(t), \quad (14)$$

гдје  $e_i(t)$  представља грешку за возило са индексом  $i \in N$ . За возило  $i = 1$  може се дефинисати грешка као

$$e_i = \left[ x_1 - x_1 - d_{1,1}, x_1 - x_2 - d_{1,2}, \dots, x_1 - x_N - d_{1,N} \right]^T. \quad (15)$$

У претходним изразима елементи  $d_{i,j}$  представљају жељену разлику између два сусједна возила. Ове вриједности се одређују приликом дефинисања облика формације возила.

### 3.1 Избјегавање препрека

Последњи захтјев који формација возила треба да испуњава јесте обилажење препрека које се могу наћи на референтној путањи. У те сврхе, кориштена је стратегија базирана на пројектовању задатка нижег приоритета у кернел простор задатака вишег приоритета. Ова стратегија позната је као управљање базирано на кернелима (енг. *Null-space based*). Стратегија је детаљно описана у радовима [2, 3], те овде не наводимо опис него само примјену. Проблем ћемо подијелити на два дијела. Обилажење препрека које представља задатак вишег приоритета и одржавање облика формације уз праћење референтне путање, што ће престављати мање приоритетан задатак. Када говоримо о избјегавању препрека, логичан избор за промјенљиву која представља задатак би била удаљеност од возила од препреке. Наравно поред израчунавања удаљености од препреке, потребно је одредити управљање које ће одржавати возило на сигурној удаљености од препреке. Јасно је да за успјешно избјегавање препрека, управљање које израчунава овај задатак мора да посједује информацију у правцу на коме се налази препрека у односу на возило. Ова информација садржана је у матрици  $J_1$ . На основу свега наведеног, избјегавање препрека се може дефинисати задатком на следећи начин

$$\sigma_1 = \|p - p_o\| \quad (16)$$

$$\sigma_{1,d} = d \quad (17)$$

$$J_1 = \left( \frac{p - p_o}{\|p - p_o\|} \right)^T. \quad (18)$$

У претходним изразима  $p$  представља позицију возила,  $p_o$  позицију препреке, док  $d$  представља пречник кружнице око препреке унутар кога возило не би требало ући. Као што је већ најављено,  $\sigma_1$  представља удаљеност возила од препреке, док  $J_1$  јединични вектор у правцу возило-препрека. На основу основног концепта комбинавања задатака приказаног у [3] добија се израз за израчунавање управљања које генерише задатак задужен за обилажење препрека

$$v_1 = J_1^\dagger \Lambda_1 (d - \|p - p_o\|). \quad (19)$$

Са друге стране, када говоримо о задатку који дефинише одржавање облика формације и праћење референтне путање, очигледно је да управљање мора бити дозвољено у свим правцима, односно матрица  $J_2$  је представљена јединичном матрицом. Због тога може се доћи до закључка да је  $v_2 = u_l^*$ , гдје  $l$  представља вођу. Логич-

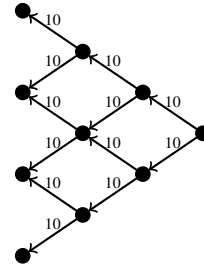
но је да вођа буде задужен за одређивање путање којом ће се избјећи ударање у препреку. Израчунавање коначног вектора управљања на основу поједначних задатака објашњено је [3], а може се записати као

$$u_l = v_1 + (I - J_0^\dagger J_0) v_2. \quad (20)$$

Дакле, када су у близини препреке, вођа ће израчунавати вектор управљања према претходном изразу, док ће у случају када препрека није близу управљање бити  $u_l^*$ .

## 4. СИМУЛАЦИЈЕ

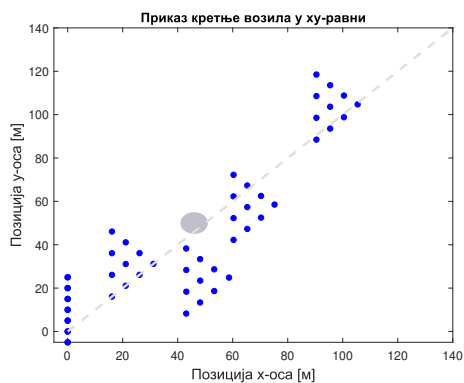
Посматраћемо формацију од десет возила ( $N=10$ ). На Слици 1 приказан је жељени облик формације возила, као и тежине које је потребно искорисити за дефинисање матрице тежина графа формације возила. На основу графика, лако је дефинисати матрицу инциденција графа формације. У претходним поглављима показано је да дефинисањем матрица тежина графа, можемо добити матрице  $H_{if}$  које су гранични услов за рјешавање система Рикатијевих једначина.



Слика 1: Приказ жељеног изгледа формације возила, као и тежина потребних за дефинисање графа формације.

Матрице  $G_i$  су идентичне за све агенте, осим лидера. Матрице  $G_i$  су дијагоналне матрице, у којима сви елементи који су различити од нула имају вриједност 20. Као што је већ речено, за возило које представља лидера, претходно дефинисане матрице се разликују у односу на остала возила. Потребно је на већ дефинисане матрице додати тежине праћења  $h_{lf} = g_l = 10I_4$ , гдје  $I_4$  представља јединичну матрицу. Матрице  $R_{i,i}$  могу бити идентичне за све агенте и могу се дефинисати са  $0.3I_{i,i}$ . У овој симулацији изабрана је дужина хоризонта од 10 секунди, док је вријеме одабирања (вријеме које протекне између два израчунавања оптималног управљања за задани хоризонт) 0.1 секунд. Такође, потребно је дефинисати параметре који се тичу обилажења препрека, односно потребно је одредити  $\lambda$  и пречник круга који преставља сигурну удаљеност,  $d$ . У овој симулацији  $\lambda$  је постављено на 0.1, док је симулација извршена у два случаја, када је вриједност  $d = 30$ , као и у случају када је  $d = 20$ . За овако постављене услове симулиран је систем који има задатак да прати путању која представља линеарну зависност између оса. Притом, препрека се налази на референтној путањи, те возила треба да обиђу препреку.

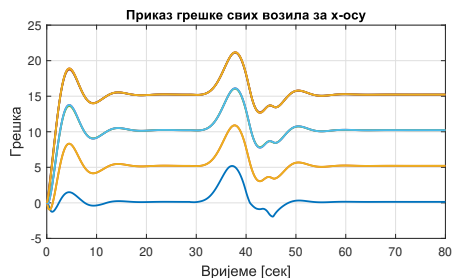
На Слици 2 приказана је кретња возила у  $xu$  равни, када је  $d = 30$ . Очигледно је да возила успјешно прате референтну путању све до наилазак на препреку. Потом, главни задатак постаје обилазак препреке који возила такође успјешно извршавају, након чега се поново враћају на референтну путању и настављају да је прате.



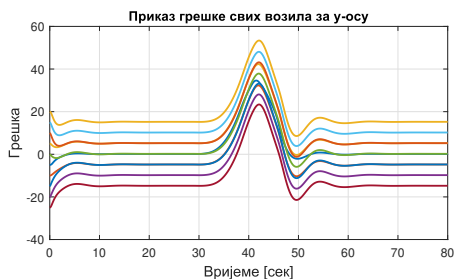
Слика 2: Приказ крeтње формације возила у ху-равни.

Слике 3 и 4 приказују вриједност грешке свих возила у односу на референтну путању. Као што се види на сликама, грешке имају константну разлику што потврђује одржавање облика формације током времена.

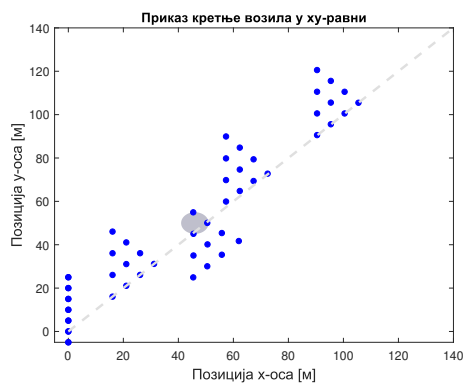
Слика 5 приказује крeтњу возила у ху равни у случају када је  $d = 20$ . Као што се види на слици, возила и у овом случају прате референтну путању када је то главни задатак. Такође, облик формације је одржан током времена. Међутим, као што се види на слици, не успијевају сва возила да обиђу препреку, тј. нека возила дођу у контакт са препреком. Јасно је да је то посљедица лоше изабране вриједности пречника сигурне удаљености од препреке.



Слика 3: Приказ грешке у односу на референтну путању за сва возила (х-оса).



Слика 4: Приказ грешке у односу на референтну путању за сва возила (у-оса).



Слика 5: Приказ крeтње формације возила у ху-равни приликом лошег одабира параметра  $d$ .

## 5. ЗАКЉУЧАК

Овај рад првенствено је посвећен децентрализованом управљању формацијом возила. Фокус је био на примјени принципа предиктивног управљања на управљање формацијом возила. На основу симулација може се закључити да предложени алгоритам функционише у складу са очекивањима. Такође, симулације показују осјетљивост алгоритма на избор параметра који представља сигурну удаљеност од препреке.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Eren Mehmet Erdogan, Mario Innocenti, and Lorenzo Pollini. „Obstacle avoidance for a game theoretically controlled formation of unmanned vehicles”. 2011.
- [2] Filippo Arrichiello and S. Chiaverini. „The null-space-based behavioral control for mobile robots”.
- [3] Filippo Arrichiello and Stefano Chiaverini. „The null-space-based behavioral control for autonomous robotic systems”. *Intelligent Service Robotics*, 1:27\_39, 01 2008.
- [4] Yu-Geng XI, Dewei Li, and Shu Lin. „Model predictive control- status and challenges”. *Acta Automatica Sinica*, 39:222\_236, 03 2013.
- [5] Jacob Engwerda. „Lq dynamic optimization and differential games”. *Journal of Banking and Finance - J BANK FINAN*, 01 2005.

### Kratka biografija:



**Милош Милетић** рођен је у Мркоњић Граду 1995. године. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Рачунарско и аутоматика одбранио је 2018. године. Исте године уписао је мастер студије. контакт: m.miletic@uns.ac.rs



**REALIZACIJA LabVIEW PROGRAMA KORIŠĆENJEM OBJEKTNO ORIJENTISANOG PROGRAMIRANJA****REALIZATION OF LabVIEW PROGRAM USING OBJECT ORIENTED PROGRAMMING**Milan Blagojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Tema ovog master rada je korišćenje savremenih alata iz softverskog inženjeringa u cilju realizacije kvalitetnih programa za merenje i analizu signala u LabVIEW programskom paketu. Ova sinergija je nastala iz tesnog povezivanja metroloških i informacionih tehnologija prvenstveno korišćenjem PC računara u mernim aplikacijama. U radu će biti prikazano menjanje svojstava (properties) elemenata LabVIEW programa, zatim generisanje i korišćenje DLL biblioteka u LabVIEW programu i na kraju korišćenje ActiveX komponenti u LabVIEW programu. Takođe će biti prikazan i jedan program koji na jasan način prikazuje korišćenje ovih funkcija.

**Ključne reči:** LabVIEW, Virtualna instrumentacija, DLL biblioteka, ActiveX

**Abstract** – The topic of this paper is the use of modern tools in software engineering in order to realize quality programs for signal measurement and analysis in the LabVIEW software package. This synergy arose from the close integration of metrology and information technology primarily through the use of PCs in measurement applications. This paper will show how to change the properties of LabVIEW program elements, then generate and use DLLs in the LabVIEW program, and finally use ActiveX components in the LabVIEW program. There will also be one program that clearly demonstrates the use of these features.

**Keywords:** LabVIEW, Virtual instrumentation, DLL libraries, ActiveX

**1. UVOD**

Krajem prošlog veka dolazi do razvoja računara i sve veće upotrebe u komercijalne svrhe. Ubrzo počinje i razvoj mernih sistema koji su zasnovani na softveru. Ovi sistemi se sastoje od računara, mernih kartica pomoću kojih se vrši merenje i softvera koji služi za izradu aplikacija i obradu podataka.

Ovakvi softveri daju veću slobodu korisniku da definiše merni softver prema svojim potrebama.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Josif Tomić, vanr. prof.

Merenja su osnova prirodnih nauka i svuda prisutan faktor moderne automatske proizvodnje, trgovine, saobraćaja, zaštite čovekove sredine, medicinske dijagnostike i lečenja. Merenja su takođe i ključni element istraživanja i razvoja u svakoj vrsti praktične delatnosti. Osnovne karakteristike savremenih merenja su:

- realizacija merenja gotovo svih fizičkih veličina električnim putem,
- pojava novih inteligentnih metoda merenja, koje su nastale iz tesnog povezivanja metroloških i informacionih sistema,
- tehnološki prelazak na sredstva merenja kod kojih softver postaje dominantan i ključni resurs razvoja i proizvodnje, umesto sredstava merenja sa hardverom kao dominantnim elementom, i
- korišćenje izuzetno složenih matematičkih algoritama, iz domena digitalne obrade signala u cilju dobijanja veoma preciznih rezultata merenja.

Virtualni instrumenti predstavljaju kombinaciju hardverskih i softverskih elemenata, najčešće korišćenih u varijanti sa personalnim računarom, u cilju realizacije klasičnog instrumenta. Oni kao takvi uzimaju prednosti iz savremene tehnologije ugrađene u personalne računare, koja se veoma brzo menja i usavršava zbog svoje ogromne masovnosti. Ova masovna proizvodnja sa svoje strane dovodi do veoma kvalitetnih uređaja po veoma niskim cenama. Virtualni instrument se sastoji od PC računara ili radne stanice, opremljen moćnim softverom za izradu aplikacija, jeftinim ugradnim ili USB mernim karticama i upravljačkim softverom, što zajedno čini funkcije tradicionalnog instrumenta.

Virtualni instrumenti predstavljaju pomeranje od tradicionalnih hardverskih instrumentacionih sistema u softverske sisteme koji eksploatišu računarsku snagu, produktivnost, izuzetno veliku mogućnost vizualizacije i grafičke prezentacije i mogućnosti povezivanja popularnih desktop kompjutera i radnih stanica. Mada su PC računari i tehnologija integrisanih kola značajno napredovali u poslednje tri decenije, softver je taj koji ima moć da postavi temelje za kreiranje virtualnih instrumenata, obezbeđujući bolje načine za inoviranje i značajno smanjujući troškove. Sa virtualnim instrumentima inženjeri i naučnici prave sisteme za merenje i automatizaciju koji tačno odgovaraju njihovim potrebama (*user-defined*) umesto da se ograniče tradicionalnim instrumentima sa fiksnim funkcijama (*vendor-defined*) [1].

## 2. LABVIEW

*LabVIEW* programski paket nastao je 1986. godine od strane američke kompanije *National Instruments*, sa ciljem da se obezbedi programski alat koji bi omogućio inženjerima da razvijaju svoje specifične aplikacije bez velikog poznavanja programiranja. Ovaj, takozvani G (grafički) jezik za inženjere, bio je odgovor na *spreadsheet* programske pakete koji su omogućavali ekonomistima da analiziraju finansijske podatke. *National Instruments* je na neki način pionir u virtualnoj instrumentaciji, novom načinu merenja, testiranja i automatizacije procesa. Ovakav način rada značajno je smanjio troškove i povećao efikasnost rada bez žrtvovanja tačnosti i kvaliteta merenja. Skraćenica *LabVIEW* potiče iz naziva *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*.

*LabVIEW* je grafički programski jezik koji za formiranje aplikacija koristi ikone umesto tekstualnog koda. Za razliku od tekstualnih programskih jezika, gde se izvršavanje programa određuje instrukcijama, u *LabVIEW*-u se za izvršavanje programa koristi protok podataka. Programi pisani, možda je bolje reći pravljeni (jer je tekstualni kod sveden na minimum), u *LabVIEW*-u, nazivaju se Virtualnim Instrumentima (skraćeno VI). Razlog tome je što njihova pojava i operacije imitiraju fizičke instrumente kao što su, npr. osciloskopi i multimetri. Pri tome treba biti obazriv sa korišćenjem termina *virtualni*, jer se pod njim u merenjima ne podrazumeva samo simulacija rada, već realan instrument koji poseduje neophodan hardver (najčešće akvizicionu karticu opšte ili posebne namene), a način rada se definiše programom. Kod objektno orijentisanih programskih jezika (kao *LabVIEW*, *Delphy*, *Visual Basic* i dr.) prednja ploča instrumenta se zamenjuje tzv. front panelom na ekranu računara. U daljem radu, pod terminom *Virtualni Instrument*, podrazumeva se program kreiran u *LabVIEW* programskom paketu, kome su pridružena dva prozora: front panel (*front panel*) i blok dijagram (*block diagram*).

U *LabVIEW*-u, korisnički interfejs tj. front panel se gradi posredstvom alatki nad skupom objekata. U *LabVIEW*-u objekti mogu biti upravljački i indikatorski, a putem njihov korisnik može interaktivno da učestvuje u izvršavanju programa. Upravljački objekti predstavljaju ulazne terminale koji mogu biti razne varijante prekidača, preklopnika, klizača, potencijometara i ostalih ulaznih uređaja. Indikatorski objekti predstavljaju izlazne terminale koji mogu biti razne vrste grafika, LED dioda i ostalih vrsta prikazivača [2].

Nakon izgradnje front panela, dodaje se kod kojim se vrši upravljanje nad postavljenim objektima. Kod je grafička prezentacija funkcija kojim se to upravljanje obavlja. Blok dijagram je prozor koji se simultano otvara sa otvaranjem front panela i sadrži izvorni kod programa u grafičkom obliku. Grafički oblik je taj, koji daje akcenat na protok podataka i samim tim se problem postavlja u ravan jasnog fizičkog poimanja. Zapravo, grafički kod sadrži sve one elemente koje i tradicionalni programski jezici, promenljive, podatke, objekte, petlje i strukture, kao i mogućnost upravljanja greškama.

## 3. OBJEKTNO ORIJENTISANO PROGRAMIRANJE U LabVIEW PROGRAMU

Objektno programiranje pokazalo je svoju superiornost nad proceduralnim programiranjem. Prilikom rada sa objektno orijentisanim programom lakše je otklanjati greške koje nastaju prilikom izrade programa, a takođe omogućava lakšu izradu softvera u velikim programerskim timovima. Ideja objektnog programiranja je da se računarski program može posmatrati kao da sadrži zbir pojedinačnih jedinica ili objekata koji deluju jedni na druge, za razliku od tradicionalnog pogleda u kojem se program može posmatrati kao skup funkcija ili jednostavno kao lista uputstava za računar. Svaki objekat može da primi poruke, obrađuje podatke i šalje poruke drugim objektima. Objektno programiranje promovise veću fleksibilnost i održivost u programiranju i popularno je u izradi velikih softverskih projekata. Ovaj način programiranja se smatra jednostavnijim, kako za učenje, tako i za razvoj i održavanje.

*LabVIEW* objektno programiranje koristi pojmove iz drugih objektno orijentisanih programskih jezika kao što su C++ i Java uključujući strukturu klase, enkapsulaciju i nasledstvo. Ove koncepte je moguće koristiti za kreiranje koda koji je lakši za održavanje i modifikaciju bez uticaja na druge delove koda unutar aplikacije. Moguće je koristiti objektno programiranje u *LabVIEW*-u da bi se kreirali korisnički definisani tipovi podataka. Ono što *LabVIEW* čini moćnim alatom je mogućnost da složene programerske tehnike koriste klijenti koji nemaju prethodno iskustvo sa programiranjem [6].

Menjanje svojstava (properties) elemenata *LabVIEW* programa odvija se preko čvorova (*Property Nodes*). U nekim aplikacijama, postoji potreba da programski izmenite izgled predmeta na front panelu kao odgovor na određene ulaze. Na primer, ako korisnik unese neispravnu lozinku, moguće je aktivirati crvenu LED diodu da počne da treperi ili da u zavisnosti od ulaza menjamo boju signala na grafikonu. Kada su vrednosti podataka iznad određene granice, moguće je da podesimo crveni trag umesto zelenog. Čvorovi omogućavaju da se ove modifikacije izvrše programski. Takođe, oni se mogu koristiti za promenu veličine predmeta na front panelu, sakrivanje delova panela, za programsko dodavanje kursora na grafikone i tako dalje. Čvorovi u *LabVIEW*-u su veoma moćni i imaju mnogo upotreba.

## 4. KORIŠĆENJE DLL BIBLIOTEKA

U operativnom sistemu *Windows*, deljena biblioteka se zove *DLL* (eng. *Dynamic Link Libraries - biblioteka dinamičke veze*). *DLL* je modul koji sadrži funkcije i podatke koje može koristiti drugi modul (aplikacija ili *DLL*). *DLL* može definisati dve vrste funkcija: eksportnu i unutrašnju. Eksportne funkcije su predviđene za pozivanje od strane drugih modula, kao i iz *DLL*-a gde su definisane. Unutrašnje funkcije se obično pozivaju samo iz *DLL*-a gde su definisane. Iako *DLL* može izvoziti podatke, njegovi podaci se uglavnom koriste samo u funkcijama. Međutim, ništa ne sprečava drugi modul da pročita ili napiše tu adresu. *DLL*-ovi pružaju način za modularizaciju aplikacija tako da se njihova funkcional-

nost lakše ažurira i ponovo koristi. *DLL* takođe pomažu u smanjenju zauzimanja memorije kada nekoliko aplikacija koristi istu funkciju istovremeno [4, 5].

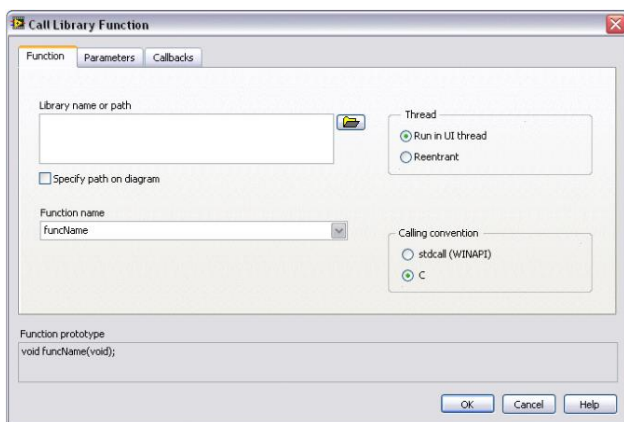
Većina standardnih deljenih biblioteka može se pozvati pomoću čvora funkcije poziva biblioteke (*Call Library Function Node*). U *Windows*-u, te deljene biblioteke su *DLL*-ovi, na *Mac OS*-u, to su *Frameworks*, a na *Linux*-u su *Shared Libraries*. Čvor funkcije poziva biblioteke uključuje veliki broj tipova podataka i konvencije pozivanja.

*DLL* ima sledeće prednosti:

- Može se menjati bez promene bilo koje od VI koje su povezane sa *DLL*-om tako da se ne menjaju ni prototipovi funkcija
- Praktično sva moderna razvojna okruženja omogućuju podršku za izradu *DLL*-a.

Ako je potrebno izvršenje nekog zadatka u tačno određeno vreme na raspolaganju je čvor funkcije poziva biblioteke. Čvor funkcije poziva biblioteke najprikladniji je kada imate postojeći kod koji želite da pozovete ili ako ste upoznati sa procesom stvaranja standardnih deljenih biblioteka. Budući da biblioteka koristi standard formata među nekoliko razvojnih okruženja, možete koristiti skoro svako razvojno okruženje da biste stvorili biblioteku koju *LabVIEW* može pozvati. *LabVIEW* kompajler u većini slučajeva generiše kod dovoljno brzo za potrebe programskih zadataka. Pozovite deljene biblioteke iz *LabVIEW*-a da biste izvršili zadatke na kojima tekstualni programski jezik može lakše da se izvrši, kao što su zadaci kod kojih je vreme ključni faktor.

*National Instruments* preporučuje korišćenje čvora funkcije poziva biblioteke za kreiranje interfejsa u *LabVIEW*-u da biste pozvali postojeće biblioteke ili nove biblioteke posebno napisane za upotrebu sa *LabVIEW*-om. Upotrebom dijalog prozora Funkcija poziva biblioteke, koji je prikazan na Slici 1, izaberite biblioteku, funkciju, parametre, povratnu vrednost za čvor, konvenciju poziva i povratne funkcije u sistemu *Windows*.



Slika 1. Dijalog prozor Funkcije poziva biblioteke

Konvencija o pozivanju definiše način prenošenja informacija iz dela koda u funkciju. Upotrebom kontrole Konvencija poziva na kartici Funkcija u dijalog prozoru Funkcija poziva biblioteke bira se konvencija poziva za

funkciju. Podrazumevana konvencija poziva je *C* (u *Windows*-u je moguće koristiti i standardnu *Windows* konvenciju poziva, *stdcall*).

U operativnom sistemu sa više tredova moguće je istovremeno upućivati više poziva *DLL*-u ili deljenoj biblioteci. Svi čvorovi funkcije poziva biblioteke pokreću se u treditu korisničkog interfejsa. Kontrola treda na funkcijskoj kartici u dijalog prozoru Funkcija poziva biblioteke odražava vaš izbor *Run in UI Thread* ili *Reentrant*.

Pre nego što se konfigurira čvor funkcije poziva biblioteke za ponovnu upotrebu, potrebno je proveriti da li više tredova (niti) može istovremeno pozvati funkciju. Sledeće karakteristike su osnovne karakteristike tredit sigurnosnog koda u deljenoj biblioteci.

Kod je siguran za korišćenje tredova kada:

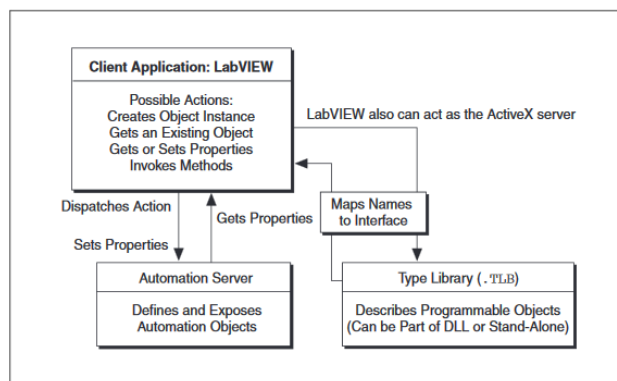
- ne pohranjuje nikakve globalne podatke, kao što su globalne promenljive, datoteke na disku i slično.
- ne pristupa hardveru, tj. kod ne sadrži programiranje na nivou registra.
- ne poziva funkcije, deljene biblioteke ili upravljačke programe koji nisu bezbedni za korišćenje u nitima.
- poziva ga samo jedan *non-reentrant* VI.

## 5. KORIŠĆENJE *ActiveX* KOMPONENTI

*LabVIEW* pruža pristup drugim *Windows* aplikacijama pomoću *.NET* ili *ActiveX* tehnologija.

*.NET* se odnosi na *Microsoft*-ovu *.NET* tehnologiju. *.NET Framework* je osnova programiranja u *.NET* okruženju koje koristite za pravljenje, implementaciju i pokretanje veb aplikacija, pametnih klijentskih aplikacija i XML veb usluga.

*ActiveX* se odnosi na *Microsoft*-ovu *ActiveX* tehnologiju i *OLE* tehnologiju. Pomoću *ActiveX Automation*, *Windows* aplikacija, poput *LabVIEW*, pruža javni skup objekata, naredbi i funkcija kojima druge *Windows* aplikacije mogu pristupiti. Moguće je koristiti *LabVIEW* kao *ActiveX* klijent za pristup objektima, svojstvima, metodama i događajima povezanim sa drugim aplikacijama koje podržavaju *ActiveX*. *LabVIEW* takođe može da se koristi kao *ActiveX* server, tako da druge aplikacije mogu pristupiti *LabVIEW* objektima, svojstvima i metodama [4, 7]. Na Slici 2. Prikazano je kako *LabVIEW* vrši interakciju kada se koristi kao *ActiveX* klijent.



Slika 2. Prikaz kako *LabVIEW* vrši interakciju kada se koristi kao *ActiveX* klijent

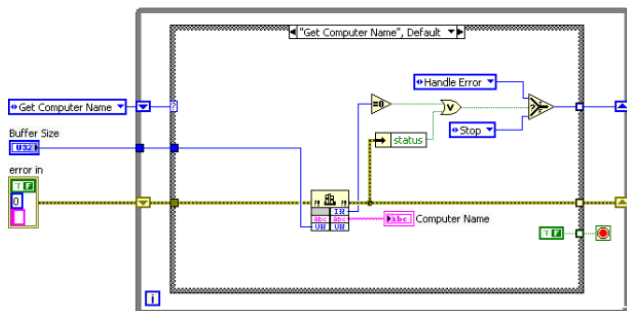
## 6. PRIMER ODREĐIVANJA IMENA RAČUNARA

Programsko određivanje imena *Windows* računara neophodno je u mnogim situacijama. Na primer, ako postoji nekoliko računara koji beleže podatke na centralnom serveru, trebalo bi odrediti ime računara za svaki skup podataka da bi podaci mogli da se prate. Ime računara takođe je korisno za čuvanje ili preuzimanje podataka preko *Windows File Share*-a i koristan je podatak koji treba da se obuhvati prilikom generisanja izveštaja. U *LabVIEW* nema matične funkcije za preuzimanje računarskog imena. Međutim, *Windows* operativni sistem obezbeđuje API u obliku *DLL*-ova koji vam omogućava interfejs sa operativnim sistemom. Jedna uobičajena upotreba ovog API-ja je pronalaženje korisnih informacija o operativnom sistemu ili računaru, kao što je ime računara. Na Slici 3. prikazan je front panel realizovanog programa.



Slika 3. Prikaz Front panela

Kada pozivate funkcije iz *DLL*-a, *DLL* često definiše metod prijavljivanja grešaka. *Windows* API vraća brojanu vrednost iz svakog poziva funkcije koji pokazuje da li je funkcija pravilno izvedena. U slučaju pogrešnog izvršenja, možete pozvati dodatne *Windows* API funkcije da biste identifikovali kod greške i pretvorili kod u razumljiv string. Da bi ispravno identifikovali grešku, funkcije za rukovanje greškama moraju se pozvati odmah nakon poziva originalne funkcije, jer će se informacije o grešci izgubiti ako se bilo koji drugi *Windows* API poziv izvrši iz istog programa. Ovaj mehanizam za upravljanje greškama funkcioniše drugačije od uobičajenog mehanizma za upravljanje greškama u *LabVIEW*, gde svaki pod VI izveštava o sopstvenim greškama, a greške se mogu povezati i obraditi na kraju programa ili sekcije. Da biste implementirali ovaj mehanizam za upravljanje greškama u *LabVIEW*, koristite mašinu stanja za proveru povratne vrednosti svakog poziva funkcije. Na Slici 4. prikazan je blok diagram realizovanog programa.



Slika 4. Prikaz Blok dijagrama

Za ovaj program koristite mašinu stanja (*State Machine*) sa tri stanja: Odredi ime računara (*Get Computer Name*), rukovanje greškom (*Handle Error*) i zaustavljanje (*Stop*). Prvo stanje preuzima ime računara. Ako je uspešno, program prelazi u stanje *Stop* i završava se. Ako *DLL*

poziv za dobijanje računarskog imena ne uspe ili ako se dogodi normalna *LabVIEW* greška, program ulazi u stanje rukovanja greškom, gde pristupa kodu greške i prevodi kod greške u poruku o grešci.

*Windows* API obezbeđuje funkciju koja se u *Kernel32.dll* zove *GetComputerName*. Morate dodeliti bafer dovoljno velik da sačuva niz karaktera koji je vratila funkcija, srećom, čvor poziva biblioteke u *LabVIEW* verziji 8.2 ili novijoj može automatski dodeliti bafer na osnovu parametra veličine koji je prosleđen funkciji. Ako je bafer previše mali da biste sačuvali ime računara ili se dogodi druga greška, ova funkcija vraća vrednost nula. Koristite povratnu vrednost iz ove funkcije kao i klaster greške iz čvora poziva biblioteke da biste kontrolisali logiku promene mašine stanja.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je rad sa softverskim paketom *LabVIEW*. U radu je prikazano menjanje svojstava (*properties*) elemenata *LabVIEW* programa, zatim generisanje i korišćenje *DLL* biblioteka u *LabVIEW* programu i na kraju korišćenje *ActiveX* komponenti u *LabVIEW* programu. Ovakav način rada znatno povećava mogućnosti i fleksibilnost *LabVIEW* programa jer omogućava komunikaciju sa drugim programima kao i prikaz podataka u programu koji korisniku najviše odgovara. Kao izuzetno moćan softverski alat, *LabVIEW* pruža velike mogućnosti za razvoj složenih programa koji se mogu koristiti prilikom merenja, praćenja i upravljanja složenim procesima.

## 8. LITERATURA

- [1] Josif Tomić, Miodrag Kušljević, *Merenje i analiza signala primenom LabVIEW programa*, FTN-GRID Novi Sad, 2016.
- [2] *LabVIEW Basics I: Introduction Course Manual*, National Instruments Corporation, Ostin, Teksas, USA, 2006.
- [3] *LabVIEW Basics II: Development Course Manual*, National Instruments Corporation, Ostin, Teksas, USA, 2003.
- [4] *LabVIEW Intermediate II Connectivity Course Manual*, National Instruments Corporation, Ostin, Teksas, USA, 2007.
- [5] *Dynamic-Link Libraries*, <https://docs.microsoft.com>, preuzeto 26.11.2019.
- [6] Milan Blagojević, *Objektno programiranje u LabVIEW programu*, diplomski rad, FTN Novi Sad, 2018.
- [7] R. Bitter, T. Mohiuddin, M. R. Nawrocki, *LabVIEW advanced programming techniques*, Taylor & Francis Group, USA 2007.

### Kratka biografija:



**Milan Blagojević** rođen je u Bačkoj Topoli 1990. godine. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka završio je 2018. godine. Master studije upisao je iste godine.



ANALIZA POUZDANOSTI I ISPLATIVOSTI ULAGANJA ZA RAZLIČITE NIVOE  
AUTOMATIZACIJE DISTRIBUTIVNE MREŽERELIABILITY AND INVESTMENT ANALYSIS FOR DIFFERENT LEVELS OF  
DISTRIBUTION NETWORK AUTOMATIONSmilja Medić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je teorijski i praktično prikazan problem proračuna pokazatelja pouzdanosti i izvršena je analiza pouzdanosti i isplativosti ulaganja za različite nivoe automatizacije distributivne mreže. Praktičnim primerom na modelu distributivne mreže i korišćenjem softverskih rešenja urađena je analiza pouzdanosti za različite nivoe automatizacije mreže. Analizirani su dobijeni rezultati.

**Ključne reči:** *Pokazatelji pouzdanosti, Automatizacija, Distributivna mreža, Fideri*

**Abstract** – *The analysis of reliability and profitability of investment for different levels of automation of the distribution network was performed, as well as calculation of reliability indices. Practical approach was applied using the model of a power distribution network and software solutions, conducting simulations. Results achieved were analysed and discussed.*

**Keywords:** *Reliability indices, Automation, Distribution network, Feeders*

**1. UVOD**

Pouzdanost distributivnog sistema predstavlja sposobnost distributivnog sistema da izvršava svoju funkciju pod datim radnim uslovima tokom datog vremena bez kvara. Pod funkcijom se misli na napajanje potrošača, a pouzdanost se meri tokom nekog vremenskog perioda – obično godinu dana. Pouzdanost napajanja se danas postiže primenom različitih vidova distributivne automatike i softverskih alata. Pouzdanost distributivnog sistema zavisi od pouzdanosti njegovih elemenata. Elementi distributivnog sistema se najčešće opisuju sa dva stanja:

- element u radu (ispravnom stanju),
- element ne radi, u stanju otkaza.

Implicitno sledi da se i sam sistem može naći u jednom od ova dva stanja [1]. Za sve potrošače električne energije pouzdanost napajanja je od velike važnosti, s obzirom na to da ona znatno utiče na svakodnevne aktivnosti [2].

Najefektniji način za unapređenje pouzdanosti i efikasnosti u distributivnim sistemima, kroz smanjenje kako trajnih prekida napajanja, tako i broja pogođenih korisnika, je automatizacija distributivnih mreža.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Nenad Katić, vanr. prof.**

U automatizovanim distributivnim mrežama najvažniju ulogu imaju daljinski kontrolisani i nadgledani uređaji. Pored automatizacije neophodna su i ulaganja u bolje održavanje ili zamenu opreme sa kvalitetnijim i savremenijim rešenjima, čime se utiče na smanjenje intenziteta kvarova u mrežama [4].

Ovaj rad je usmeren ka upoređivanju pouzdanosti za različite kombinacije različitih tipova prekidačke opreme kako bi se postiglo najveće moguće poboljšanje pouzdanosti distributivne mreže.

**2. MATEMATIČKI MODEL POUZDANOSTI SISTEMA**

Pouzdanost elektrodistributivnog sistema zavisi od pouzdanosti njegovih elemenata, pa se modelovanje sistema izvodi preko modela elemenata. Bilo koji element se može naći u jednom od dva stanja:

- element u radu (ispravnom stanju),
- element ne radi, u stanju otkaza.

Boravak u bilo kom od ova dva stanja predstavlja stohastičku veličinu, te je zbog toga i stanje sistema u pogledu ispravnosti takođe stohastička veličina. Da bi se modelovalo ponašanje realnog elementa on se transformiše u idealizovan element, tj. niz slučajnih realizacija trajanja ispravnog rada i otkaza realnog elementa svodi se na idealizovani niz u kome su trajanja rada i otkaza nepromenjenog trajanja.

Matematička očekivanja trajanja rada  $m$  i otkaza  $r$  se računaju relacijama [1]:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} m_i}{N} \quad (1)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} r_i}{N} \quad (2)$$

$$T = m + r \quad (3)$$

gde su:

$N$  – broj boravaka elementa u stanju ispravnog rada,

odnosno u stanju otkaza,

$T$  – period rada elementa.

Osnova za modelovanje pouzdanosti elemenata su matematički opisi uzroka i posledica otkaza. Ispadi elemenata sistema se modeluju odgovarajućim intenzitetom otkaza –  $\lambda$  [1/god]. Ispadi deonice izvoda modeluju se intenzitetom otkaza koji je proporcionalan dužini deonice izvoda  $l$  [km] i podužnom (jediničnom) intenzitetu otkaza deonice izvoda –  $\lambda_0$  [1/god, km]:

$$\lambda = \lambda_0 \cdot l \quad (4)$$

Posledice ispada modeluju se prosečnim trajanjem iznenadnih prekida napajanja – r [h][1].

### 3. ELEMENTI DISTRIBUTIVNE AUTOMATIKE

Primena distributivne automatike u srednjenaponskim mrežama ima ključan uticaj na smanjenje trajanja otkaza sistema, a time i na ukupnu pouzdanost sistema. Pod koncepcijom automatizacije distributivne mreže podrazumeva se utvrđivanje vrste i količine opreme distributivne automatike, lokacije te opreme u srednjenaponskoj mreži, kao i utvrđivanje tehnike za njeno korišćenje [3]. Izbor elemenata distributivne automatike zasnovan je na inženjerskom iskustvu i intuiciji i tehničkim uslovima koji postoje u distributivnoj mreži.

U nastavku su dati najčešće korišćeni elementi distributivne automatike.

#### 3.1 Prekidači

Srednjenaponski izvodi su najčešće povezani preko izvodnog prekidača sa srednjenaponskom sabirnicom u napojnoj transformatorskoj stanici. Glavni zadatak tog prekidača jeste da provodi radne struje u svakodnevnom radu i da u kombinaciji sa zaštitnim relejom prekine struju kvara ako se kratak spoj desi negde na izvodu.

U slučaju kvara u distributivnoj mreži, izvodni prekidači imaju zadatak da lokalizuju kvar, tako da što je moguće manje korisnika bude pogođeno prekidom isporuke električne energije [1].

#### 3.2 Rastavljači snage

Rastavljači snage SN sa ili bez daljinske komande, su rasklopna oprema koja može da provodi, uključuje i isključuje nazivne struje SN voda. Ukoliko imaju ugrađen motorni pogon, onda postoji i mogućnost daljinske komande. Obično se proizvode kao:

- RMU – kompaktne jedinice izolovane u SF6 gasu sa motornim pogonom (Ring Main Unit), koje se ugrađuju u TS SN/NN,
- Pole mounted – kompaktne jedinice izolovane u SF6 gasu sa motornim pogonom, koje se ugrađuju na vrhu stuba nadzemne mreže, za odvajanje delova nadzemne mreže pod naponom i teretom, radi ubrzanja restauracije ili rezerviranja napajanja.

#### 3.3 Osigurači

Osigurač predstavlja element EES koji u električnim kolima, najčešće niskog napona, služi kao zaštita pri velikim vrednostima struje izazvanih preopterećenjem ili kratkim spojem. Tom prilikom, osigurač prekida električno kolo i na taj način štiti od kvara ili požara. Osiguračima se obično štite laterali u srednjenaponskim mrežama, odnosno predstavljaju osnovnu zaštitu u niskonaponskoj mreži.

Oni imaju zadatak da povećaju pouzdanost srednjenaponskog voda, tako što lateral u kvaru isključuju odmah po nastanku kvara, pre nego što deluje relejna zaštita na početku voda.

Na taj način se uticaj kvara ne proširuje na ceo vod, već se ograničava samo na potrošače koji se napajaju preko laterala u kvaru.

#### 3.4 Snimači kvara

Snimač kvara ima ulogu da na mestima u mreži na kojima je instaliran izmeri vrednosti napona i struje kvara. Na osnovu vrednosti napona i struja izmerenih pomoću snimača kvara, prvo se identifikuje tip kvara, a potom se upotrebom odgovarajućih algoritama mogu najtačnije i najkvalitetnije izvršiti procene mesta kvara u mreži.

#### 3.5 Detektori ili indikatori kvara

Detektori kvara su jednostavni senzori prolaska struje kratkog spoja koji generiše odgovarajući signal. Primenom nove tehnologije, razvijeni su indikatori koji se mogu uklopiti u rad SCADA sistema što znači da je omogućeno daljinsko praćenje i delovanje naprava putem radio signala, telefonskih linija ili optičkih kablova [1].

#### 3.6 SCADA sistemi

SCADA je termin koji se koristi za opremu i sisteme koji omogućuju daljinsko upravljanje i nadzor uređaja i obavljanja njihovih funkcija na udaljenim lokacijama gde su instalirani. Kompleksnost takvog sistema uslovljena je s jedne strane zahtevima naručioca, a sa druge strane raspoloživim materijalnim sredstvima. Bez obzira na kompleksnost, svaki sistem se sastoji iz sledećih komponenti:

- centralna stanica,
- daljinske jedinice odnosno jedinice udaljenih terminala (RTU),
- komunikacioni sistem.

Svako SCADA rešenje podrazumeva postojanje određenog softvera na centralnom računaru [6].

#### 3.7 DMS sistemi – sistemi za upravljanje distribucijom

DMS je sistem za upravljanje, modelovanje i analizu distributivnih mreža. Sastoji od tri osnovne komponente: baza podataka sa modelom mreže, infrastrukture realnog vremena i energetske aplikacije, koje treba da obezbede platformu za primenu velikog broja različitih funkcionalnosti. Osnova DMS je baza podataka u kojoj je opisana povezanost elemenata srednjenaponske i niskonaponske distributivne mreže, kao i parametri elemenata distributivne mreže. Korisnički interfejs omogućava dispečerima, inženjerima, tehničarima i menadžerima da unose i menjaju podatke o elementima distributivne mreže, primaju informacije sa terena putem sistema realnog vremena, analiziraju, planiraju, optimizuju i šalju komande na uređaje na terenu [7].

### 4. BENEFITI UVOĐENJA AUTOMATIZACIJE

Ugradnja opreme za automatizaciju distributivne mreže je jedna od najefektnijih mera kojima se utiče na unapređenje pouzdanosti kroz smanjenje trajanja prekida isporuke električne energije kao i broja pogođenih korisnika.

Pored direktnih finansijskih dobiti, indirektno dobiti se mogu prikazati preko mnoštva pokazatelja, kao što je smanjenje broja i vremena angažovanja ljudi, produžavanje životnog veka opreme, unapređenje iskorišćenja opreme, smanjenje gubitka prihoda, unapređenje ostalih pokazatelja kvaliteta isporuke električne energije, unapređivanje upravljanja distributivnom mrežom, dobit vezana za bezbednost i sigurnost i slično.

Ukupni efekti uvođenja automatizacije ogledaju se u [3]:

- smanjenje trajanja prekida napajanja (bržom lokacijom i izolacijom kvara, kao i efikasnom restauracijom napajanja posle kvara),
- smanjenje broja manipulacija, a time i kvarova na rasklopnoj opremi,
- bolji nadzor i vođenje pogona,
- smanjenje (odlaganje) investicionih troškova na vrlo skupu energetske opremu,
- povećanje bezbednosti pri radovima na mreži,
- smanjenje šteta (odšteta, kompenzacija) potrošačima.
- smanjenje gubitaka električne energije,
- smanjenje operativnih troškova,
- povećanje profita elektroenergetskih kompanija.

U slučaju postojanja automatizacije u mreži rešavanje kvarova je znatno unapređeno **Error! Reference source not found.**

- napojne transformatorke stanice su daljinski kontrolisane (SCADA) i sve informacije i daljinska kontrola su dostupni operatoru u kontrolnom centru, tako da nema potrebe da ekipa ide na teren, kontrola i akcije su veoma brze,
- bitne tačke distributivne SN mreže su daljinski kontrolisane i informacije o kvarovima su dostupne zbog čega je mesto kvara bolje poznato, uz manje operacija nad prekidačima i rastavljačima duž SN izvoda,
- ukoliko postoji potreba, jedna ekipa ide duž izvoda kako bi obezbedila prekidačke akcije nad opremom koja nije daljinski kontrolisana i kako bi potpomogla restauraciju napajanja,
- trajanje ispada je 4-5 puta kraće, samo 15 do 20 min ukoliko postoji više RTU u SN mreži ovo vreme može biti čak i kraće zbog čega je i neisporučena energija (ENSI) 4 do 5 puta manja,
- penali plaćeni potrošačima ili na drugi način proračunati su znatno smanjeni zbog kraćeg trajanja ispada,
- operativni troškovi su smanjeni zbog manjeg broja operacija nad prekidačkom opremom i zbog manjeg broja kvarova same opreme.

## 5. ANALIZA POUZDANOSTI ZA RAZLIČITE NIVEOE AUTOMATIZACIJE MREŽE

U ovom radu je korišćena test distributivna mreža, i predstavljeni su rezultati proračuna neekonomskih pokazatelja pouzdanosti (SAIFI, SAIDI i ENSI) bez ugradnje i sa ugradnjom distributivne automatike na srednje-naponskom delu mreže. Proračun se vrši pomoću jednog komercijalnog softvera za upravljanje distributivnom mrežom. Istorija događaja je simulirana, tako da ne mora da odgovara stvarnim događajima u sličnoj mreži.

Rezultati proračuna pokazatelja pouzdanosti, bez ugradnje opreme za automatizaciju, su dati u Tabela 1.

Tabela 1. Rezultati proračuna pokazatelja pouzdanosti bez automatizacije

Potrošnja [MWh/god]	ENSI [MWh/god]	SAIFI [1/god]	SAIDI [h/god]

167,655	280.41	5.89	14.48
---------	--------	------	-------

Automatizacije mreže će se izvoditi za tri različita slučaja. Koristiće se „Automatizacija mreže“ - analitička funkcija u okviru komercijalnog softvera, koja se koristi za simulaciju automatizacije sa ciljem smanjenja vremena trajanja prekida napajanja i poboljšanja pokazatelja pouzdanosti, uključujući i cost – benefit analizu. Radi se sa budžetom od 500,000 \$ i vrednost SAIDI pokazatelja ne treba da premašuje 10h +/- 3%. Funkcija daje optimalne scenarije automatizacije (vrstu opreme, količinu, cenu) za zadata ograničenja.

### 4.1 Prvi slučaj automatizacije

Za prvi slučaj automatizacije koristiće se samo daljinski kontrolisani detektori kvara.

Uvažavajući ograničenja budžeta i postavljene kriterijume funkcijom je određen optimalni scenario.

Pregled opreme koja treba da se ugradi, vrednost investicije, vrednost pokazatelja SAIDI i ENSI pre i posle primene automatizacije su prikazani u Tabela 2.

Tabela 2. Optimalni scenario za prvi slučaj automatizacije

Tip opreme	Potreban broj opreme	Ukupni troškovi (C) [\$]	SAIDI*/SAIDI	ENSI*/ENSI
FD	41	96,600	14.48/	280.41/
RTU	24		10.03	210.68

U navedenoj tabeli, kao i u svim sledećim, oznake SAIDI\* i ENSI\* jesu vrednosti parametara SAIDI i ENSI pre automatizacije.

### 4.2 Drugi slučaj automatizacije

Za drugi slučaj automatizacije se koriste daljinski kontrolisani detektori kvara i daljinski kontrolisani rastavljači snage. Funkcijom je određen optimalni scenario, uvažavajući sva navedena ograničenja i rezultati su predstavljeni u Tabela 3.

Tabela 3. Optimalni scenario za drugi slučaj automatizacije

Tip opreme	Potreban broj opreme	Ukupni troškovi (C) [\$]	SAIDI*/SAIDI	ENSI*/ENSI
FD	61	185,400	14.48/	280.41/
RMU	2		9.70	203.78
RTU	36			

### 4.3 Treći slučaj automatizacije

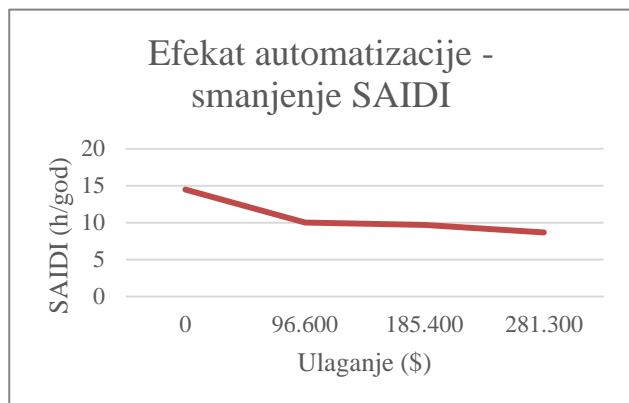
Za treći slučaj automatizacije korišćena je sledeća oprema: daljinski kontrolisani detektori kvara, daljinski kontrolisani rastavljači snage, daljinski kontrolisana rasklopna oprema sa detektorima kvara.

Funkcijom je određen optimalni scenario. Potrebna oprema, vrednost investicije i vrednosti pokazatelja SAIDI i ENSI pre i posle automatizacije su dati u Tabela 4.

Tabela 4. Optimalni scenario za treći slučaj automatizacije

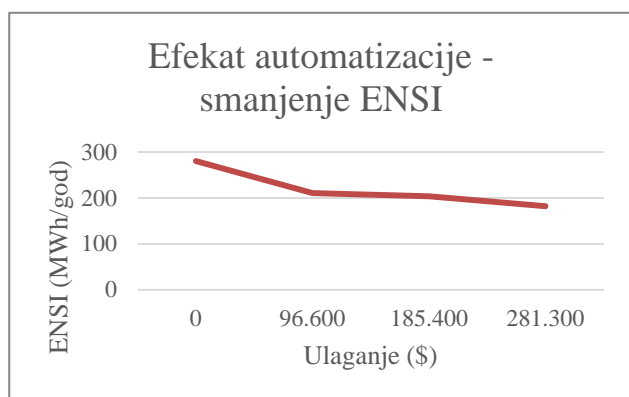
Tip opreme	Potreban broj opreme	Ukupni troškovi (C) [\$]	SAIDI*/SAIDI	ENSI*/ENSI
FD	8	281,300	14.48/8.67	280.41/181.89
RMU	19			
RTU	28			
SWG	8			

Zavisnost smanjenja SAIDI od visine ulaganja u automatizaciju je prikazana na Slika 1.



Slika 1. Smanjenje SAIDI u zavisnosti od visine ulaganja

Zavisnost smanjenja ENSI od visine ulaganja u automatizaciju je prikazana na Slika 2.



Slika 2. Smanjenje ENSI u zavisnosti od visine ulaganja

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je izvršen proračun pokazatelja pouzdanosti za različite nivoe automatizacije srednjenaponske distributivne mreže.

Izvršeni proračuni su pokazali da je svaki od razmatrana tri slučaja automatizacije distributivne mreže profitabilan i da obezbeđuje poboljšanje SAIDI i ENSI. Od razmatrana tri slučaja se najoptimalnije rešenje bira uzimajući u obzir troškove ulaganja, i postignuto poboljšanje pokazatelja pouzdanosti.

Uvažavajući ograničenje budžeta, i ograničenje vrednosti SAIDI može se odabrati drugi slučaj automatizacije kao najoptimalnije rešenje. Za ulaganje veće nego u prvom slučaju postignute su bolje vrednosti pokazatelja pouzdanosti, a s druge strane, uloženi budžet je dosta manji nego u trećem slučaju.

## 7. LITERATURA

- [1] Miroslav D. Nimrihter: "Elektrodistributivni sistem"i, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [2] Milan S. Čalović, Andrija T. Sarić, Predrag Č. Stefanov: "Eksploatacija elektroenergetskih sistema u uslovima slobodnog tržišta", Tehnički fakultet u Čačku, Čačak, 2005.
- [3] Studija – "Izbor koncepcije upravljanja elektrodistributivnom 10 kV mrežom EPS JP EDB", DMS Grupa – Novi Sad
- [4] Željko N. Popović: "Određivanje optimalnog broja, tipa i lokacije uređaja za automatizaciju elektrodistributivnih mreža", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015.
- [5] Nenad Katić: Skripta iz predmeta "Menadžment sistemi u elektroenergetici – EMS i DMS", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [6] Miloš Vulin: „Višekriterijumsko odlučivanje u planiranju automatizacije elektrodistributivnih mreža“, Master rad, Novi Sad, 2019.
- [7] Branislav Brbaklić: „Određivanje optimalnog broja, tipa i lokacije uređaja za automatizaciju elektrodistributivnih mreža“, Doktorska disertacija, Novi Sad, 2018.

### Kratka biografija:



**Smilja Medić** rođena je u Zrenjaninu 1994. godine. Osnovne studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2018. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi. Master rad na istom fakultetu smer Elektroenergetika – Elektroenergetski sistemi odbranila je 2020. godine.  
kontakt: smiljamedic@gmail.com



**PRIMJENA DISTRIBUIRANIH ELEKTROENERGETSKIH RESURSA NA RJEŠAVANJE  
PREOPTEREĆENJA U SAVREMENIM ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA****THE SOLVING OF OVERLOADS IN ADVANCED POWER DISTRIBUTION  
NETWORKS USING DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES**

Biljana Bijelić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U teorijskom dijelu rada obrađen je pojam i vrste distribuiranih elektroenergetskih resursa, kao i pojmovi „Non-wires alternatives“ i „Smart Grid“ koncepta. Praktičnim radom je pokazan uticaj ovih resursa na preopterećenje u distributivnim mrežama uz pomoć komercijalnog softverskog rješenja za kontrolu i upravljanje distributivnom mrežom. Dodatno, izvršen je proračun isplativosti odabranog rješenja i analiza dobijenih rezultata.

**Ključne reči:** Distribuirani elektroenergetski resursi, DER, preopterećenje, „Non-wires alternatives“, solarne elektrane, vjetrogeneratori

**Abstract** – The theoretical part of this thesis deals with the concept and types of distributed energy resources, as well as the terms "Non-wires alternatives" and "Smart Grid" concept. Practical work has demonstrated the impact of these resources on overloading in distribution networks by using a commercial software solution for controlling and managing the distribution network. In addition, the cost-benefit analysis of the selected solution was performed and the results obtained were analyzed.

**Keywords:** Distributed energy resources, DER, overloading, Non-wires alternatives, solar power plants, wind generators

**1. UVOD**

Distributivni elektroenergetski sistem vrši raspodjelu i distribuiranje električne energije od prenosnih transformatorskih stanica i manjih elektrana do svakog potrošača u obliku spremnom za upotrebu. Tradicionalni koncept prenosa električne energije, koji je uvijek bio jednosmjernan i koji je uvažavao tok proizvodnja – prenos – potrošnja značajno se mijenja uvođenjem distribuiranih izvora u distributivni elektroenergetski sistem.

U radu je definisan pojam „Smart Grid“ koncepta i opisane su prednosti koje ovakav vid upravljanja donosi. Obradene su različite vrste distribuiranih elektroenergetskih resursa.

Uveden je i definisan pojam „Non-wires alternatives“. Dat je primjer proračuna i simulacije korišćenjem jednog komercijalnog softverskog rješenja koje se temelji na „Smart Grid“ konceptu i naprednim principima za kontrolu

i upravljanje distribuiranih elektroenergetskih resursa (DER) u distributivnim elektroenergetskim mrežama. Zatim je izvršen proračun isplativosti odabranog rješenja.

Na kraju rada, dat je konačan zaključak u vezi sa obrađenom temom i literatura korišćena prilikom izrade rada.

**2. SAVREMENA DISTRIBUTIVNA MREŽA**

Zbog ubrzanog razvoja, zaštite životne sredine i promjena u tržištu električne energije, javljaju se novi uslovi za proizvodnju električne energije. To je sve više podstaknuto pojavom obnovljivih izvora električne energije, te se dolazi do novog koncepta električnih mreža.

Tradicionalan elektroenergetski sistem čine četiri osnovna podsistema: podsistem proizvodnje, podsistem prenosa, podsistem distribucije i podsistem potrošnje. Ovi podsistemi imaju jasno definisane granice [1].

Novi koncept distributivnih mreža unosi izvesne promene. I u ovakvim sistemima dio energije se proizvodi na tradicionalan način. To znači da jedan dio energije do krajnjih potrošača dolazi iz velikih elektrana preko podsistema prenosa i distribucije. Drugi dio energije se dobija iz malih proizvodnih jedinica koje su smještene u okviru distributivne mreže. Iz tog razloga, distributivne mreže nisu više pasivne, nego i one aktivno učestvuju u proizvodnji električne energije, pa se za moderne distributivne mreže kaže da su to aktivne distributivne mreže. U ovakvim distributivnim mrežama tok snage više nije jednosmjernan, od srednjenaponskih transformatorskih stanica ka potrošačima, već se snaga vraća i u drugom smjeru.

Struktura distributivnih mreža se ubrzano mijenja. Takođe, ubrzan razvoj tehnologije i potreba za boljim kvalitetom električne energije postavljaju nove standarde u upravljanju distributivnim mrežama. Pojava dvosmjernog toka snage dovodi do potrebe za dvosmjernom komunikacijom, gdje na snagu stupaju informacione tehnologije i tako dolazimo do pojma pametnih distributivnih mreža, odnosno koncepta poznatog pod nazivom „Smart Grid“ rješenje.

Pametna mreža omogućava:

1. centralizovano razumijevanje stanja u dubini mreže, kompletan prikaz stanja mreže, optimizaciju distribuiranih i obnovljivih izvora, ali i mreže u cjelini,
2. značajno povećanje efikasnosti pogona današnjih mreža,
3. potrošačima da upravljaju svojom potrošnjom energije i uštede novac.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nenad Katić, vanr. prof.**

### 3. NAPREDNI PRINCIPI UPRAVLJANJA ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

„Smart Grid“ koncept ne bi bio moguć bez naprednih softverskih alata za upravljanje distributivnim mrežama, ili kako ga komercijalno različite kompanije nazivaju „ADMS“ (eng. *Advanced Distribution Management System*).

To je savremeni softverski sistem koji omogućava obavljanje tehničkih poslova u distributivnom preduzeću na efikasan i optimalan način [2].

#### 3.1. Distributivne mreže sa distribuiranim elektroenergetskim resursima

Savremene distributivne mreže suočavaju se sa sve većim brojem distribuiranih elektroenergetskih resursa.

U distribuirane elektroenergetske resurse se ubrajaju:

1. Fotonaponske elektrane
2. Vjetrogeneratori
3. Mikroturbine
4. Gorivne ćelije
5. Distribuirana skladišta energije
6. Baterije akumulatora
7. Električni automobili
8. Mikromreže

„Demand Response“ programi:

„Demand Response“ može da se definiše kao promjena u korišćenju električne energije od strane krajnjih potrošača i odstupanje od njihovih ustaljenih oblika potrošnje kao odgovor na promjene u cijeni električne energije ili u skladu sa pravilima drugih komercijalnih programa.

#### 3.2. Definisanje pojma „Non-wires alternatives“

„Non-wires alternatives“ se definiše kao investiranje u električnu mrežu ili projekte koji koriste netradicionalna prenosna i distributivna rješenja, kao što su distribuirani generatori, skladišta energije, energetska efikasnost, i softver za upravljanje i kontrolu mreže, da odlože ili zamijene potrebu za nadogradnjom, kao što su prenosni i distributivni transformatori, redukujući opterećenje na nivou podstanica ili električnog kola [3].

#### 3.3. Definicija sistema za upravljanje distribuiranim elektroenergetskim resursima

Definicija sistema za upravljanje distribuiranim elektroenergetskim resursima (eng. *Distributed Energy Resource Management System – DERMS*) sistema koja je usvojena prilikom pisanja rada:

„DERMS“ teži upravljanju naponima, regulisanju napona i kontroli DER kao što su skladišta energije, solarni sistemi i električna vozila. Kompanije koje vrše upravljanje DER nemaju pristup aparatima i energetske uređajima iza brojila, zato se one fokusiraju na sisteme kao što su skladišta energije u transformatorskim stanicama, solarne nadstrešnice nad parkiralištima, skladišta energije [4].

„Virtualne elektrane“ (eng. *Virtual Power Plant - VPP*) nastaju spajanjem više DER koji djeluju kao jedinstven entitet na tržištu električne energije. Agregator upravlja sa više distribuiranih resursa zajedno kreirajući virtualnu elektranu znatnog kapaciteta i zapravo predstavlja softver koji operiše virtualnom elektranom.

Kao što je prethodno istaknuto, za „DERMS“ kao softver za upravljanje DER smatraće se sistem koji ne upravlja resursima iza brojila, niti se bavi upravljanjem proizvodnim resursima uz potrošače. „DERMS“ uzima u obzir postojanje i uređaja iza brojila i proizvodnih potrošača, ali i virtuelnih elektrana, ali se ne ograničava, niti usko bavi nekima od njih.

Komunicirajući sa agregatorom „DERMS“ indirektnim putem šalje informacije i zahtjeve distribuiranim resursima koji se nalaze u sklopu virtuelne elektrane. Jedan ovakav softver ima informaciju o stanju svih DER u mreži i vrši komandovanje uzimajući u obzir zahtjeve za proizvodnjom i potrošnjom cjelokupne mreže. Imajući uvid u cjelokupno stanje mreže omogućava da manipulacija ovim resursima ne dovede do dodatnih narušenja u mreži. Da bi se to omogućilo, jedna od najbitnijih osobina svih DER resursa za „DERMS“ je njihova fleksibilnost.

Fleksibilnost podrazumijeva informaciju o trenutnoj vrednosti nekog DER, ali i za koliko DER može da smanji ili poveća aktivnu ili reaktivnu snagu koju odaje u mrežu.

Može se reći da, za razliku od softvera za upravljanje virtuelnim elektranama, „DERMS“ mora imati mnogo složeniju funkcionalnost i mnogo širu upotrebu.

### 4. RJEŠAVANJE PROBLEMA PREOPTEREĆENJA

Za test primjer izabrana je nebalansirana šema jednog dela severnoameričke mreže. Posmatranja su vršena na primjeru transformatorske stanice sa dva napojna dvonamotajna transformatora 69/12.5 kV/kV. Za test fider uzet je primjer fidera koji ima jedan vjetrogenerator i dvije baterije za skladištenje električne energije. I vjetrogenerator i baterije za skladištenje energije su u vlasništvu elektro-distributivne kompanije koja vrši isporuku električne energije ka potrošačima. Vjetrogenerator je povezan na mrežu preko invertora, što omogućava upravljivost ovog vjetrogeneratora. Razmatrani fider ima 2605 potrošača, a distributivnim transformatorima 12.5/0.2 kV/kV vrši se isporuka energije do krajnjih potrošača. Sa susjednim fiderima transformatorske stanice povezan je sa po dva normalno otvorena prekidača.

Na fideru sa vjetrogeneratorom i baterijama za skladištenje električne energije uočena je pojava preopterećenja.

Razmatrana su 2 načina rješavanja problema. Prvi način je korišćenjem komercijalnog „ADMS“ softverskog rješenja bez „DERMS“ modula, dok je u drugom slučaju problem preopterećenja rešen uz pomoć implementiranog „DERMS“ modula.

#### 4.1. Korišćenje „ADMS“ rješenja bez „DERMS“ modula

Normalna radna struja koju kablovi na razmatranom dijelu sekcije mogu da podnesu je 240A. U trenutku preopterećenja, struja dostiže vrijednost od 285A, što izaziva reagovanje relejne zaštite i otvaranje prekidača na početku fidera. U tom slučaju, 2605 potrošača ostaje bez napajanja.

Brzom reakcijom operatera, koji uz pomoć softvera prepoznaje da nije došlo do kvara u mreži, već ispada zbog preopterećenja, vrši se slanje ekipa na teren. Ekipe izvršavaju prekidačke instrukcije rasterećenja mreže

predložene od strane „ADMS“ funkcije „Rekonfiguracija mreže“, odnosno preraspodjelu opterećenja sa razmatranog fidera na dva susjedna fidera. Zatvaranjem normalno otvorenih prekidača prema susjednim fiderima, kao i zatvaranjem prekidača na početku fidera vraća se napajanje potrošačima i vrijednost struje na preopterećenom dijelu sekcije smanjuje na 230A.

Za rješavanje problema na ovaj način bio bi potreban „ADMS“ softver za prepoznavanje problema, predlaganje akcija potrebnih za rasterećenje, kao i angažovanje dvije ekipe, koje izvršavaju predložene akcije. S obzirom da se radi o mreži na američkom tržištu, potrebno je izračunati penale koje će distributivno preduzeće isplaćivati potrošačima usljed ostanka bez napajanja. Ukupno trajanje beznaponske pauze za potrošače, tokom rješavanja problema preopterećenja i izvršenja neophodnih prekidačkih akcija, bilo bi oko 30 minuta.

Da bi se riješio problem, koristio bi se radni proces „Lokalizacija kvara, izolacija i restauracija napajanja“ (FLISR – *Fault Location, Isolation and Supply Restoration*). Potrebno je poznavanje modela svih elemenata mreže, i raspoloživost baznih funkcionalnosti: „Tokovi snaga“ i „Estimacija stanja“.

#### 4.2. Korišćenje „ADMS“ rješenja sa implementiranim „DERMS“ modulom

„ADMS“ rješenje sa implementiranim „DERMS“ modulom ima brojne dodatne funkcionalnosti, poput praćenja i kontrole stanja distributivnih resursa u mreži, korišćenja DER prilikom rješavanja problema preopterećenja i inverznog toka snage uz pomoć funkcije „Rasterećivanja mreže“, a posebno funkcionalnost koja je veoma napredna i korisna za upravljanje DER u mreži je „Upravljanje ograničenjima u nastupajućem periodu“ (eng. Lookahead Constraint Management – LACM).

Za rješavanje ovog problema uz pomoć DER resursa korišćena je „LACM“ funkcionalnost.

Iako funkcija može da prati i prognozira stanje u mreži do 72h, u ovom slučaju praćenje je vršeno za 24h, radi dobijanja što boljih rezultata. Posmatrajući dijagram opterećenja na fideru u toku 24h, vidi se da se može očekivati značajno preopterećenje dva puta u toku dana, koje može dovesti do prorade zaštite od preopterećenja i ispada za veliki broj potrošača.

Funkcija „LACM“ na bazi prognoziranog dnevnog dijagrama opterećenja vrši izbjegavanje preopterećenja aktivirajući distribuirane elektroenergetske kapacitete u mreži.

S obzirom da se očekuje da se preopterećenje javi 2 puta u toku dana, funkcija „LACM“ kao izvore za razrješenje problema navodi različite resurse.

U prvom slučaju, napunjenost baterija je 80%, što znači 1200kWh, a brzina njihovog pražnjenja je 500kW, što pri datom naponu daje struju od 23A, po bateriji. Kako je period preopterećenja od 600kW u trajanju od oko 2h, slijedi da baterije imaju dovoljno kapaciteta da pokriju preopterećenje.

U drugom periodu razmatranog dana preopterećenje je veće nego u prvom slučaju. U ovom trenutku kapacitet baterija, čija napunjenost sada iznosi 33%, nije dovoljan da se pokrije očekivano preopterećenje, te stoga „LACM“ funkcija šalje signal regulatoru na vjetrogeneratoru od

koga se zahtijeva da promijeni injektiranje u mrežu sa 200kW na 1000kW u trajanju od 2h. Kako se u tom periodu očekuje da će duvati vjetar brzinom oko 35 km/h, slijedi da će vjetrogenerator moći da nadomjesti potrebe za električnom energijom.

Simulacijom ovakvih događaja, koji ne moraju striktno da odgovaraju događajima u stvarnosti, testirana je upotreba „DERMS“ modula na test mreži.

Funkcija „LACM“ omogućila je razrješenje problema u budućnosti, odnosno dovela do izbjegavanja problema u budućnosti. Na taj način nije došlo ni do preopterećenja, niti do ispada u snabdijevanju potrošača, odnosno neisporučene električne energije.

U ovom slučaju bilo je potrebno aktiviranje automatskog režima funkcije „LACM“, razvijene u okviru „DERMS“ modula odabranog komercijalnog softverskog rješenja. Na ovaj način, pored implementacije „DERMS“ modula uz „ADMS“ softver, nisu bila potrebna dalja ulaganja u aktiviranje ekipe na terenu, niti troškovi u vidu penala za neisporučenu električnu energiju.

#### 5. COST – BENEFIT ANALIZA

U radu su testirana dva slučaja rješavanja problema preopterećenja. U oba primjera bilo je potrebno postojanje softvera za praćenje, kontrolu i upravljanje distributivnom mrežom.

Procjena za cijenu komercijalnog softverskog rješenja bez „DERMS“ modula za upravljanje i kontrolu distributivne mreže, zajedno sa inženjeringom i puštanjem u rad, je oko \$150,000.

Procjena za cijenu komercijalnog softverskog rješenja za upravljanje i kontrolu distributivne mreže sa „DERMS“ modulom je oko \$180,000.

U prvom slučaju je došlo do ispada i dio potrošača je ostao bez napajanja. Cijena za neisporučenu električnu energiju je definisana regulatornim procesima jedne države, i razlikuje se za svaku američku državu pojedinačno. Štete za snabdjevača (penali) i potrošače se izražavaju u vidu virtualne „cijene“ neisporučene električne energije, odnosno ukupna šteta koja nastaje se podijeli sa brojem neisporučenih kWh i dobija prosečna „cijena“. Cijena neisporučene električne energije je obično oko 5 - 10 puta veća u slučaju domaćinstava, dok kod komercijalnih i industrijskih potrošača može biti i nekoliko desetina puta veća od cijene isporučene električne energije. Za potrebe proračuna usvojena je referentna cijena isporučene električne energije od oko 12 c\$/kWh, a za neisporučenu električnu energiju (penali) se može uzeti oko 8 puta veća cijena (oko 1 \$/kWh), jer su na fideru priključena većinom domaćinstva, ali ima i komercijalne potrošnje.

Za povratak napajanja funkcija je procijenila vrijeme potrebno za povratak napajanja u trajanju od 33min (eng. ETR- *Estimated Time of Restoration*), odnosno okvirno 30min.

To znači da u slučaju ispada od 4000kW, u trajanju od pola sata, neisporučena električna energija bi bila oko 2000 kWh, a kompanija bi morala da plati penale u vrijednosti od oko \$2,000 po svakom ispadu. Ukoliko se pretpostavi da se ovakvi ispadi javljaju jednom do dva puta mjesečno, na primjer 20 puta godišnje, to daje vrednost penala od oko \$40,000 u trajanju od godinu dana.

Kako je trošak koji se ima za uvođenje „DERMS“ modula \$180,000 i trošak korišćenja tokom 10 godina (vijek trajanja) oko 3% godišnje, odnosno \$54,000, ukupan trošak posjedovanja sistema (eng. *Total Cost of Ownership – TCO*) je \$234,000, bez uvažavanja svođenja (eng. discount) vrijednosti novca na početni ili krajnji period, što bitno ne mijenja rezultate zbog manjeg iznosa u vremenu.

Sa druge strane, benefit koji bi se ostvario na desetogodišnjem nivou je oko \$400,000 hiljada, bez uvažavanja svođenja (eng. discount) vrednosti novca na početni ili krajnji period, što bitno ne mijenja rezultate, čime slijedi da je:

$$\frac{Cost}{Benefit} = \frac{\$234,000}{\$400,000} = 0,585$$

To znači da je period povraćaja sredstava:

$$\frac{Cost}{Benefit} \times Time = 0,585 \times 10 = 5,85 \text{ godina}$$

Odnos između troškova i benefita ima vrijednost 0.58, te se može zaključiti da je sa ekonomske strane ulaganje u softver za upravljanje distribuiranim resursima isplativo.

## 6. ZAKLJUČAK

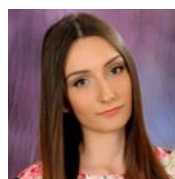
U ovom radu predstavljeno je uvođenje novih tehnologija u elektrodistributivni sistem. Opisani distribuirani elektroenergetski izvori su uređaji današnjice, a njihova najveća iskoristivost je tema bliske budućnosti, kome se brzo približavamo. Činjenica je da će tih resursa biti sve više i da će upravljanje ovim resursima biti sve složenije. Stoga potreba za uvođenjem pametnih i naprednih softverskih rješenja koja mogu da podrže kontrolu i upravljanje DER u mreži postaje prioritet za upravljanje savremenim distributivnim mrežama.

Porast broja stanovnika na Zemlji, kao i ubrzan tempo života dovodi do sve većih potreba za električnom energijom. Neobnovljivi resursi na planeti se troše i utiču na klimatske promjene, te je upotreba obnovljivih resursa neophodna. Kako su zahtjevi za potrošnjom električne energije veći, dolazi i do problema preopterećenja koji je bio predmet ovog rada. Pokazano je kakav benefit donosi upotreba distribuiranih resursa. Na taj način, bez novih ulaganja u ojačavanje distributivne mreže, riješen je problem preopterećenja. Međutim, taj benefit nije samo ekonomski, podsticaj korišćenja i upotrebe obnovljivih izvora je ekološki od krucijalnog značaja, zbog očuvanja životne sredine i kvaliteta života.

## 7. LITERATURA

- [1] Milorad Svorcan: „Uticaj distribuiranih generatora na naponske prilike u distributivnim mrežama i podešenje podnaponske i prenaponske zaštite“, diplomski – master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2014.
- [2] Nenad A. Katić, predavanja iz predmeta „Menadžment sistemi u elektroenergetici EMS i DMS“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2018.
- [3] E4TheFuture, PLMA, SEPA: „Non-Wires Alternatives – Case studies from leading U.S. Projects“, novembar, 2018.
- [4] <https://sepapower.org/>, decembar 2019.

### Kratka biografija:



**Biljana Bijelić** rođena je u Bijeljini 1995. godine. Osnovne studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2018. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi. Master rad na istom fakultetu smjer Elektroenergetika – Elektroenergetski sistemi odbranila je 2020. godine.

Kontakt: biljanabijelic1995@gmail.com

**VIZUELIZACIJA PODATAKA DOBIJENIH MJERENJIMA U VEB OKRUŽENJU  
VISUALIZATION OF DATA OBTAINED FROM MEASUREMENTS IN A WEB  
ENVIRONMENT**Luka Šicar, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisana problematika i načini vizuelizacije podataka dobijenih mjerenjima sa senzora putem veb aplikacije. Komunikacija između senzora i servera je implementirana pomoću MQTT protokola, a vizuelizacija upotrebom *jQWidgets* biblioteke.

**Ključne reči** MQTT, senzor, *jQWidgets*

**Abstract** – This paper presents problematic and ways of visualizing data obtained from sensors via web application. Communication between sensors and server is implemented through MQTT protocol and visualisation using *jQWidgets* library.

**Keywords:** MQTT, sensor, *jQWidgets*

**1. UVOD**

Senzori su svuda. *Internet of Things* (IoT) paradigma se bazira na svijedu ispovezanih objekata, koji imaju mogućnost komunikacije između sebe i sakupljanju podataka o njihovom kontekstu [1].

Razmatrajući podatke sakupljene sa senzora, stvara se potreba za dizajniranjem upravljačkih tabli kako sirovi podaci postaju beskorisni za korisnika [2].

Vizuelizacija je bitna kada se govori o podacima sa senzora jer ona umnogome olakšava korisniku rad sa podacima i podaci se mogu razumjeti brže i lakše [3].

Cilj ovog rada jeste da se daju smjernice za nalaženje ogovarajućeg rješenja za specifične podatke sa senzora. U okviru ovog rada prikazana je veb aplikacija za vizuelizaciju podataka dobijenih sa senzora sa posebnim osvrtom na MQTT komunikacijski protokol.

**2. MQTT**

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) je protokol za slanje poruka koji pruža klijentima na mreži sa ograničenim resursima jendostavan način distribucije informacija dobijenim mjerenjima na nepristupačnim tačkama. Protokol koji koristi *publish subscribe* komunikacioni obrazac upotrebljava se za *machine-to-machine* komunikaciju i igra bitnu ulogu u IoT.

MQTT omogućava IoT uređajima sa ograničenim resursima da šalju ili objavljuju informacije o određenoj temi serveru koji radi na principut MQTT posrednika za poruke. Posrednik onda objavljuje informacije klijentima koji su se prethodno prijavili na tu temu.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Branko Milosavljević

Tema izgleda kao hijerarhijska putanja do fajla. Klijent može da se pretplati na određen nivo u hijerarhiji teme ili da koristi *wild-card* karakter da se pretplati na više nivoa.

MQTT protokol je odličan izbor za bežične mreže koje imaju problem sa kašnjenjem zbog ograničenja u protoku ili nepouzdanе konekcije. Ako se konekcija između pretplatnog klijenta i posrednika prekine, posrednik će i dalje generisati poruke i poslati ih klijentu kada se konekcija ponovo uspostavi. Ako se konekcija od klijenta do posrednika prekine bez razloga, posrednik može da zatvori konekciju i pošalje klijentima keširanu poruku sa instrukcijama.

**2.1 Način rada**

MQTT sesija je podijeljena u četiri faze: konekcija, autentifikacija, komunikacija i prekid. Klijent započinje kreiranjem TCP/IP konekcije ka posredniku koristeći ili standardni port ili poseban port definisan posrednikovim operatorima. Kada se kreira konekcija, važno je primjetiti da server može da nastavi staru sesiju ako pri kreiranju konekcije se koristi već korišćen klijentov id.

Svaka poruka koja se šalje po ovom protokolu se sastoji od fiksnog zaglavlja od dva bajta koji je opcion i porukom koja je ograničena na 256 MB informacija i QoS (quality of service) nivoom. QoS se odnosi na bilo koju tehnologiju koja upravlja prometom podataka da smanji gubljenje paketa, kašnjenje mreže i nestabilnost mreže. QoS kontroliše i upravlja mrežnim resursima određujući prioritete za određene tipove podataka na mreži.

Postoje tri različita tipa *quality of service* nivoa koji određuju kako je sadržaj upravljan d strane MQTT protokola. Iako su viši nivoi QoS-a pouzdaniji, imaju veće kašnjenje i traže bolji protok, pa klijenti koji se pretplaćuju mogu da biraju najviši QoS nivo koji bi željeli da prime.

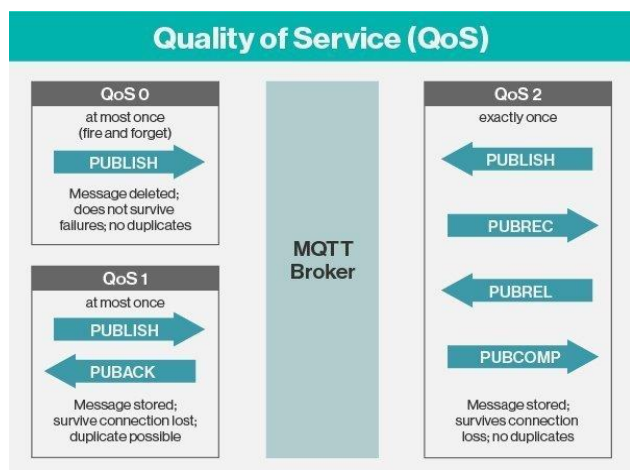
Najjednostavniji QoS nivo je nepriznata usluga. Ovaj QoS nivo koristi PUBLISH (objava) sekvencu paketa. Izdavač šalje poruku posredniku jednom i posrednik proljeđuje poruku pretplatnicima jednom. Ne postoji mehanizam koji bi se pobrinuo da je poruka primljena i posrednik ne čuva poruku. Ovaj QoS nivo se može još nazvati „najviše jednom“, QoS0 ili ispali i zaboravi.

Drugi QoS nivo je priznata usluga. Ovaj QoS nivo koristi PUBLISH/PUBACK sekvencu paketa između izdavača i njegovog posrednika, kao i između posrednika i pretplatnika.

Priznati paket provjerava da li je sadržaj primljen i mehanizam ponovnog pokušaja će poslati prvobitni sadržaj ponovo ako potvrda o dospjeću nije primljena u



određenom vremenskom roku. Ovo može da rezultuje da pretplatnik primi više kopija iste poruke. Ovaj QoS nivo se zove još i „barem jedanput“ ili QoS1.



Slika 1. – MQTT nivoi kvaliteta servisa [4]

Treći QoS nivo je uvjerena usluga. Ovaj QoS nivo dostavlja poruke u dva para paketa.

Prvi par je nazvan PUBLISH/PUBREC, a drugi par se zove PUBREL/PUBCOMP. Dva para obezbjeđuju da, će poruka biti dostavljena samo jednom, nebitno od broja pokušaja. Ovaj QoS nivo se još zove i „samo jednom“ ili QoS2.

Tokom faze komunikacije klijent može da izvrši objavu, pretplatu, ukidanje pretplate i ping operacije. Operacija objave šalje binarni blok podataka to jest sadržaj teme koja je definisana od strane izdavača.

MQTT podržava BLOB (binary large object) do 256 MB veličine. Format sadržaja je specifičan od aplikacije do aplikacije. Pretplate na teme se obavljaju upotrebom SUBSCRIBE/SUBACK para paketa. Odjavljivanje sa pretplate se slično obavlja upotrebom UNSUBSCRIBE/UNSUBACK para paketa.

Stringovi tema formiraju prirodno stablo tema korišćenjem specijalnog karaktera odvajanja, kosom crtom (/). Klijent može da se pretplati i odjavi sa pretplate na cijele grane u stablu tema korišćenjem specijalnih *wild-card* karaktera. Postoje dva specijalna karaktera: specijalni karakter jednog nivoa (+) i specijalni karakter više nivoa (#). Specijalni tema karakter (\$) se koristi za transport sistemskih ili poruka specifičnim za server.

Četvrta operacija koju klijent može izvršiti tokom faze komunikacije je da „pinguje“ prenosni server putem PINGREQ/PINGRESP sekvence paketa koja se grubo prevodi kao DA LI SI ŽIV/JESAM, ŽIV SAM. Ova operacija nema drugu funkciju nego da održava konekciju živom i osigura da TCP konekcija nije ugašena od strane gateway-a ili rutrea.

#### 4. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

U ovom odjeljku će biti opisana implementacija sistema. Za ovaj projekat odabrano je .NET Core softversko razvojno okruženje [5]. Ideja projekta je bila da se prikažu mjerenja sa senzora putem veb aplikacije. Server je urađen kao ASP.NET Core MVC aplikacija sa

jednostavnim interfejsom koji prikazuje raspored soba gdje u svakoj prostoriji postoje različiti senzori čija mjerenja se očitavaju i prikazuju putem prikladnih UI komponenti.



Slika 2. – Jednostavan grafički interfejs aplikacije

Pošto server treba da obavjesti klijenta da je došlo do novih očitavanja, komunikacija između servera i klijenta se odvija preko *WebSocket*-a. *WebSocket* predstavlja komunikacijski protokol, koji pruža kanale za dvosmjernu komunikaciju preko jedne TCP konekcije [6].

Kada korisnik otvori stranicu prostorije, odmah se šalje *WebSocket handshake* ka serveru da se uspostavi dvosmjerna komunikacija sa serverom da bi klijent bio ažuriran o eventualnim promjenama vrijednosti mjerenja sa senzora. Osim zahtjeva za uspostavljanje *WebSocket* konekcije, registruje se i funkcija koja će primati *WebSocket* poruke sa servera i ažurirati vrijednosti senzora na UI komponenti. Primjer prve prostorije koja ima samo jedan senzor dat je na slici 3.



Slika 3. – Soba br.1

Podaci koji se šalju putem *WebSocket*-a mogu da se protumače na tri načina koja su definisana putem enumeracije *WebSocketMessageType*.

Tri formata poruka su tekst, koji može da predstavlja čisti tekst, ili može da bude JSON, XML ili neki drugi tekstualni standard za razmjenu podataka, zatim binarni format i format *close* koji označava da je primanje poruke završeno.

Implementacija MQTT protokola za .NET Core uzeta je sa github-a, projekat je dostupan na <https://github.com/chkr1011/MQTTnet>. Da bi se kreirao MQTT server potrebno je da se putem *pipeline*-a doda na Kestrel aplikativni server koji koristi .NET Core što će biti prikazano na listingu 1.



```

public class Program
{
    public static void Main(string[] args)
    {
        CreateWebHostBuilder(args).Build().Run();
    }
    public static IWebHostBuilder
CreateWebHostBuilder(string[] args) =>
    WebHost.CreateDefaultBuilder(args)
        .UseKestrel(o =>
        {
            // mqtt pipeline
            o.ListenAnyIP(1883, l => l.UseMqtt());
        })
        .UseStartup<Startup>();
}

```

Listing 1. – Podrška za MQTT server

Zatim se u Startup.cs klasi u ConfigureServices metodi postave svi servisi koje MQTT server koristi i takođe podese opcije MQTT servera.

Sledeći listing, pod brojem 2 pokazuje kako izgleda ConfigureServices metoda

// This method gets called by the runtime. Use this method to add services to the container.

```

public void ConfigureServices(IServiceCollection services)
{
    var mqttServerOptions = new
MqttServerOptionsBuilder()
        .WithoutDefaultEndpoint()
        .Build();
    services
        .AddHostedMqttServer(mqttServerOptions)
        .AddMqttConnectionFactory()
        .AddConnections();

    services.AddSingleton<IMqttServer>(s =>
s.GetService<MqttHostedServer>());
}

```

Listing 2. – ConfigureServices metoda Startup klase

Potom kod application builder-a registrujemo MQTT server. Tu override-ujemo metode potrebne za funkcionisanje servera. Za potrebe ove aplikacije definisano je ponašanje tri funkcije ali postoji veliki broj događaja koje server može da osluškuje.

Prvi događaj na koji server reaguje jeste kada se server podigne.

Drugi osluškivač implementiran je kada se MQTT klijent poveže prvi put sa MQTT serverom.

Ovdje se izvlači podatak o jedinstvenom identifikatoru klijenta i zatim se kreira skladište za njegova mjerenja. Treća metoda koja je implementirana hvata sve poruke koje dolaze kako sa MQTT klijenata tako i sa MQTT servera upućene klijentu. Pošto MQTT server djeluje kao čvorište preko njega idu sve poruke, pa tako i one koje on sam šalje.

Te poruke možemo razlikovati tako što one ne sadrže id klijenta. One će biti poslate ne direktno klijentu sa određenim identifikatorom već na određenu temu svim klijentima koji su pretplaćeni na istu.

Pošto nemamo prave senzore, koriste se konzolne aplikacije koje imitiraju senzore tako što na određeni interval generišu vrijednosti koje predstavljaju simulaciju mjerenja i zatim ih šalju ka serveru.

Pri kreiranju MQTT klijenta potrebno je podesiti neke parametre. Ti parametri uključuju putanju do servera, to jest njegova adresa i tema koja je registrova u pipeline-u. Specificiran je takođe i WebSocket komunikacijski protokol, postavlja se jedinstven klijentov identifikator. Potom se obavještava klijent da će se koristiti sigurna TCP veza putem TLS (transport layer security).

Ovo znači da će protokol biti prebačen sa ws:// na wss://. Kreiranje MQTT klijenta će biti prikazano na listingu 3.

```

var factory = new MqttFactory();
var options = new MqttClientOptionsBuilder()
    .WithWebSocketServer("localhost:44390/mqtt")
    .WithClientId("senzor1")
    .WithTls()
    .Build();
var mqttClient = factory.CreateMqttClient();

```

Listing 3. – Kreiranje MQTT klijenta i podešavanje njegovih opcija

Postoji i podrška za identifikaciju klijenta putem korisničkog imena i lozinke kao i podrška za rad sa sertifikatima. Nakon što su podešene opcije MQTT klijenta, konekcija može biti uspostavljena. Ako je veza sa serverom izgubljena, Disconnected događaj se okida. Ovaj događaj je takođe okinut i ako je poziv za konekciju propao jer je server nedostupan.

Obrada ovog događaja dozvoljava pozivanje ConnectAsync metode samo jednom i zatim odvojeno bavljenje ponovnim pokušajima preko Disconnected događaja.

Potrebno je i implementirati metodu koja obrađuje događaj kada klijent primi poruku. Korisnik ima opciju preko aplikacije da utiče na senzor kao na primjer da li će generisati vrijednosti veće za jedan od prethodne ili manje, ili da promjeni referentnu vrijednost.

Slanje poruka iz metode koja obrađuje poruke zahtjeva upotrebu Task.Run metode kada se koristi QoS nivo veći od 0.

Razlog ovome je što obrađivač poruka mora prvo da završi prije nego što je sledeća poruka primljena. Svrha ovog ponašanja je da bi se sačuvalo red primljenih poruka.

Da bi klijent uopšte mogao da prima poruke sa servera, mora da pute pretplaćen na određenu temu. Pretplata na temu je moguća nakon što je veza sa serverom uspostavljena.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu rješavana je problematika i načini vizuelizacije podataka dobijenih mjerenjima sa senzora putem veb aplikacije.

Početni korak ka rješavanju ovog problema bio je istraživanje radova koji su se bavili sličnom tematikom. Kako je *Internet of Things* tema koja uživa veliku popularnost danas, postoji ogroman broj članaka koji se bave istom. Na osnovu ovih radova došlo se do zaključka da veb aplikacija mora da odgovori na visoku frekvenciju očitavanja senzora kao i da ima odgovarajuće komponente korisničkog interfejsa koje bi vjerno prikazale ta očitavanja. Takođe bilo bi poželjno da aplikacija bude *responsive* to jest da može jednako dobro da radi na svim veličinama uređaja od mobilnih telefona preko računara do video bimova.

Na osnovu ovih nalaza krenulo se u analizu *front-end* biblioteka koje bi odgovorile ovim zahtjevima, da imaju veliki broj raznovrsnih komponenti koje su prikladne za prikazivanje očitavanja senzora. Da te komponente budu iscertane u vektorskoj grafici tako da povećanjem rezolucije ili veličine ekrana ne bi došlo do gubljenja kvaliteta slike i da mogu da osvežavaju prikaz vrlo brzo zbog visoke frekvencije očitavanja senzora. Istraživanje je pokazalo da postoji samo par biblioteka koje odgovaraju na ove zahtjeve i pri tom imaju licencu za besplatno korišćenje. Između ovih biblioteka odabir je pao na jQWidgets koja ima najbolje dokumentovanu funkcionalnost.

Nakon odabira tehnologije u kojoj će biti prikazivani podaci mjerenja sa senzora ostalo je još da se odabere i implementira komunikacijski protokol između senzora i servera. Kako takođe komunikacija između senzora i servera mora da bude brza kao između servera i veb aplikacije, brzina slanja podataka je bila jedan od faktora pri odabiru odgovarajućeg protokola. Takođe protokol bi morao da odgovori na konekcije sa udaljenih lokacija odakle je potrebno malo koda da bi se ostvarilo slanje podataka i da poruke koje se šalju budu što manje, to jest da se protokol podredi sensorima koji imaju ograničene resurse. Sve ovo upravo podržava MQTT protokol koji je pravljen za komunikaciju *machine-to-machine* odnosno za *Internet of Things* komunikaciju.

Kako je tema i fokus ovog rada bio na uspješnoj vizuelizaciji očitavanja koja dolaze sa senzora, senzori su u ovoj implementaciji simulirani kao konzolne aplikacije koje su slale nasumično generisane podatke.

Jedan pravac u daljem razvitku ovog rješenja bio bi da se umjesto simuliranih senzora zaista iskoriste pravi senzori i implementira komunikacija između njih i servera.

## 6. LITERATURA

- [1] Internet of things, [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things)
- [2] Ivan Logre, Sebastian Mosser, Phillipe Collet, Michel Riveill. Sensor Data Visualisation: A Composition-Based Approach to Support Domain Variability. European Conference on Modelling Foundations and Applications (ECMFA 2014), Jul 2014, York, United Kingdom.
- [3] Christian Richter, Visualizing Sensor Data
- [4] Margaret Rouse, MQTT (MQ Telemetry Transport) <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/MQTT-MQ-Telemetry-Transport>
- [5] .NET Core <https://dotnet.microsoft.com>
- [6] WebSocket <https://en.wikipedia.org/wiki/WebSocket>

### Kratka biografija:



**Luka Šicar** rođen je 03.08.1994. godine u Prijedoru. Osnovnu školu „Vuk Karadžić“ je završio 2009. godine, srednju školu „Petar Kočić“ u Novom Gradu, završio je 2013. godine. Iste te godine upisao je „Fakultet tehničkih nauka“ u Novom Sadu, odsjek računarstvo i automatika. Diplomirao je u roku 2017. godine i upisao master studije iste godine.

kontakt: [sicluka@yahoo.com](mailto:sicluka@yahoo.com)

**REGULACIJA FREKVENCIJE POMOĆU UREĐAJA ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE U IZOLOVANIM ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA****FREQUENCY CONTROL SUPPORT IN ISOLATED POWER SYSTEMS USING ENERGY STORAGE DEVICES**Vanja Stupar, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je razmatrana primena sistema za skladištenje energije u cilju podrške regulacije frekvencije u izolovanim elektroenergetskim sistemima sa niskom rotacionom inercijom. Osnovni zadatak dinamičke podrške za kontrolu frekvencije je da se iskoristi prednost brzog odziva sistema za skladištenje energije kako bi se podržale generatorske jedinice usled nedostatka proizvodnog kapaciteta, obezbeđujući na taj način poboljšanje stabilnosti sistema.

**Ključne reči:** *Sistemi za skladištenje energije, Regulacija frekvencije, Izolovani sistemi, Dvosmerni tok aktivne energije, Trofazni naponski invertori*

**Abstract** – *This paper considers integration of energy storage system in islanded power systems with low rotational inertia to support frequency regulation. The main goal of dynamic frequency control support is to take advantage of fast-acting energy storage devices to support generation assets due to deficiency of production capacity, ensuring stable operation of power systems.*

**Keywords:** *Energy storage systems, Frequency control, Isolated power systems, Bi-directional power flow control, Three phase voltage source inverters*

**1. UVOD**

Elektroenergetski sistemi (EES) rade na određenoj frekvenciji i zahtevaju ravnotežu između proizvodnje i potrošnje električne energije, jer je skladištenje energije u velikim količinama veoma skupo i teško sa tehničkog stanovišta. Kako se frekvencija sistema koristi kao referentna veličina za procenu debalansa između aktivne snage proizvodnje i potrošnje električne energije, veća odstupanja frekvencije od nominalne vrednosti nisu poželjna jer mogu uticati na prekide napajanja u sistemu.

U slučaju velikih poremećaja, u interkonektivnim EES postoje razni načini da se sistem zaštiti od kolapsa. Sa druge strane, kada se posmatraju izolovani EES, narušavanje bilansa aktivnih snaga može značajno da utiče i na rad generatora i na promenu frekvencije u sistemu. Niska inertnost sistema i nedostatak povezanosti sa drugim EES čine ovaj sistem veoma osetljivim na poremećaje. Konvencionalne tehnologije koje se koriste za proizvodnju energije nisu uvek sposobne da odgovore dovoljno brzo i spreče neprihvatljivo niske frekvencije.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željko Popović, docent.**

Stoga, primarna regulacija frekvencije predstavlja kritičan problem kada se radi o izolovanim sistemima. Kao rezultat toga, velika pažnja posvećena je održavanju kvaliteta napajanja potrošača, pouzdanosti i stabilnosti EES-a. U cilju prevazilaženja pomenutih problema u izolovanim EES mogu se koristiti neki od sledećih resursa:

- Upravljanje opterećenjem,
- Angažovanje rotirajuće rezerve i
- Upotreba sistema za skladištenje energije.

Sistemi za skladištenje energije prepoznati su kao jedno od najefikasnijih rešenja za povećanje energetske efikasnosti, poboljšanje pouzdanosti i stabilnosti EES-a, rešavanje problema vršnog opterećenja i uspostavljanje ravnoteže između proizvodnje i potrošnje.

Ovaj rad se bavi analizom i modelovanjem sistema za skladištenje energije kako bi se procenio uticaj na regulaciju frekvencije. Na primeru realnog izolovanog EES-a, kojeg karakteriše česta upotreba sistema sa odsecanje opterećenja, prikazan je uticaj sistema za skladištenje energije različitih snaga na promenu frekvencije u sistemu.

**2. PROBLEMI U IZOLOVANIM ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA**

Rad EES-a remeti čitav niz poremećaja, od malih promena opterećenja koja se dešavaju neprekidno, do ispada elemenata sistema i kratkih spojeva. Gubitak generatorske jedinice generalno je štetniji od dodatnog opterećenja, jer se u drugom pomenutom slučaju u obzir uzima inercija svih povezanih grupa, dok ispad generatora, pored prouzrokovane neravnoteže, ima za posledicu značajan pad inertnosti sistema.

Za stabilan rad EES-a neophodna je kontrola frekvencije sistema, koja se zasniva na ravnoteži između proizvodnje i potrošnje. Poremećaji u ovom bilansu nadoknađuju se iz kinetičke energije sinhronih generatora  $E_k$  koji su povezani na mrežu, izazivajući varijaciju frekvencije  $f$  od svoje zadate vrednosti  $f_n$ . Promena frekvencije u vremenu može se definisati sledećim izrazom [1]:

$$\frac{df}{dt} = f_n \cdot \frac{P_m - P_e}{2 \cdot E_k} = f_n \cdot \frac{\Delta P^{pu}}{2 \cdot H'} \quad (1)$$

gde  $P_m$  i  $P_e$  predstavljaju snagu proizvodnje i potrošnje,  $\Delta P^{pu}$  debalans aktivne snage u sistemu u relativnim jedinicama, a  $H$  konstantu inercije sinhrona mašine.

Brzina promene frekvencije sistema zavisi od količine raspoložive trenutne rezerve, a samim tim i od inertnosti

sistema. Kako je inercija izolovanog sistema relativno mala u poređenju sa velikim interkonekcijama, poremećaji u sistemu imaju veći uticaj na brzinu promenu frekvencije. Prethodna jednačina pokazuje da je brzina promene frekvencije obrnuto srazmerna inerciji sistema – što je niža inercija, to je veća brzina promene frekvencije za dati poremećaj u sistemu.

Većina proizvodnih jedinica koje se koriste u ostrvskim mrežama ne mogu da odgovore dovoljno brzo da spreče veliki pad frekvencije u slučaju velikih poremećaja. Uprkos naporima da se obezbedi dovoljna količina primarne rezerve u ovakvim sistemima, aktiviranje sistema za automatsko odsecanje opterećenja (engl. *Automatic Load Shedding*) gotovo je neizbežno. Automatsko odsecanje opterećenja predstavlja poslednji vid zaštite koji treba preduzeti, kako bi se izbegao raspad sistema [2, 3]. Stoga, prekidi napajanja potrošača se mogu izbeći korišćenjem brzog delovanja uređaja za skladištenje energije, o kojima će biti više reči u nastavku.

### 3. ULOGA SISTEMA ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE

Skladištenje energije pruža mnoštvo korisnih usluga i uštedu troškova brojnim EES, posebno izolovanim mrežama koje karakteriše relativno česta upotreba sistema za odsecanje opterećenja. Strateški postavljeni sistemi za skladištenje energije širom EES-a mogu poboljšati performanse i pouzdanost celokupne mreže, unaprediti integrisanje obnovljivih izvora energije, uravnotežiti proizvodnju i potrošnju električne energije i osigurati da energija bude lako dostupna kada su primarni izvori energije u kvaru. Stoga, skladištenje energije predstavlja značajnu prednost celokupnog EES-a, od proizvodnje, prenosa i distribucije, pa sve do neposrednih korisnika.

Sistemi za skladištenje energije koriste pretvarače bazirane na energetskej elektronici u procesu konverzije energije. Ovi sistemi omogućuju sledeće systemske usluge [4]:

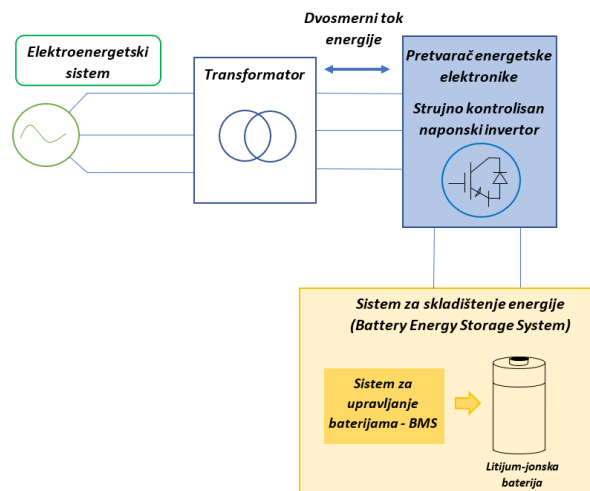
- Naponsku podršku,
- Podršku frekvenciji sistema,
- Izravnavanje opterećenja i
- Pokrivanje vršnog opterećenja.

U daljem radu pažnja će biti posvećena uticaju sistema za skladištenje energije na regulaciju frekvencije nakon nastalog debalansa aktivne snage u sistemu. U ovom radu razmatrane su litijum-jonske baterije kao jedan od najprikkladnijih sistema za skladištenje energije koji se koriste za regulisanje frekvencije.

### 4. DINAMIČKA PODRŠKA SISTEMA ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE ZA REGULACIJU FREKVENCije

Dinamička podrška za kontrolu frekvencije je napredna usluga koju sistemi za skladištenje mogu da obezbede izolovanim mrežama. Sastoji se od injektiranja ili apsorbovanja energije nakon poremećaja, kako bi se podržale generatorske jedinice. Usled nedostatka generatorskih kapaciteta, u kratkom vremenskom periodu deo energije se snabdeva od strane sistema za skladištenje energije. Glavni cilj primene sistema za skladištenje energije je da se obezbedi optimalna kontrola frekvencije i na taj način smanji česta upotreba sistema za automatsko odsecanje

opterećenja u ostrvskim sistemima. U nastavku je predložen model celokupnog sistema sa priključenim uređajem za skladištenje energije i opisane su upravljačke strukture koje su primenjene u radu.



Slika 1. Sistem sa povezanim sistemom za skladištenje energije putem trofaznog naponskog invertora

#### 4.1. Osnovne komponente sistema

Celokupan sistem, koji je prikazan na slici 1, se sastoji od sledećih elemenata:

- Povezanog sistema za skladištenje energije (engl. *Battery Energy Storage System – BESS*),
- Sistema za upravljanje baterijama (engl. *Battery Management System – BMS*),
- Pretvarača energetske elektronike,
- Transformatora i
- Konekcije na EES.

U ostrvskom režimu rada, frekvencija i napon ne predstavljaju više krute veličine, pa je često neophodno regulacijom uticati na njihove vrednosti. Stoga su u okviru posmatranog sistema realizovane dve upravljačke strukture:

- Kontrola regulacije frekvencije mreže koja je implementirana u BESS modelu kako bi se ispunio zahtev za održavanjem nominalne frekvencije u sistemu i
- Upravljačka struktura naponskog invertora koja omogućava dvosmerni protok aktivne energije u sistemu.

#### 4.2. Upravljačke strukture izolovanog sistema sa priključenim uređajem za skladištenje energije

Na osnovu trenutne vrednosti frekvencije u sistemu, sistem za skladištenje energije može raditi u dva režima, režimu punjenja i režimu pražnjenja, zahvaljujući dvosmernoj kontroli toka aktivne energije kroz inverter. Unutar dozvoljenog raspona promene frekvencije, koji se definiše u odnosu na nominalnu vrednost frekvencije, ne postoji potreba za angažovanjem sistema za skladištenje energije u EES. Međutim, kada frekvencija izađe izvan dozvoljenog opsega, sistem za skladištenje energije mora odgovoriti na odstupanje injektiranjem ili apsorbovanjem energije iz mreže. Za potrebe ovog istraživanja, definisani opseg promene frekvencije je  $\pm 0.5$  Hz. To znači da kada je frekvencija veća od 50.5 Hz, sistem za skladištenje treba da apsorbuje energiju iz EES-a, a kada je manja od 49.5 Hz, sistem za skladištenje isporučuje energiju EES-u.



Dinamička podrška za kontrolu frekvencije treba da bude u skladu sa sledećim zahtevima:

- **Vreme aktiviranja baterije:**

Dinamička rezerva mora se aktivirati neko vreme pre nego što se automatsko odsecanje opterećenja pokrene.

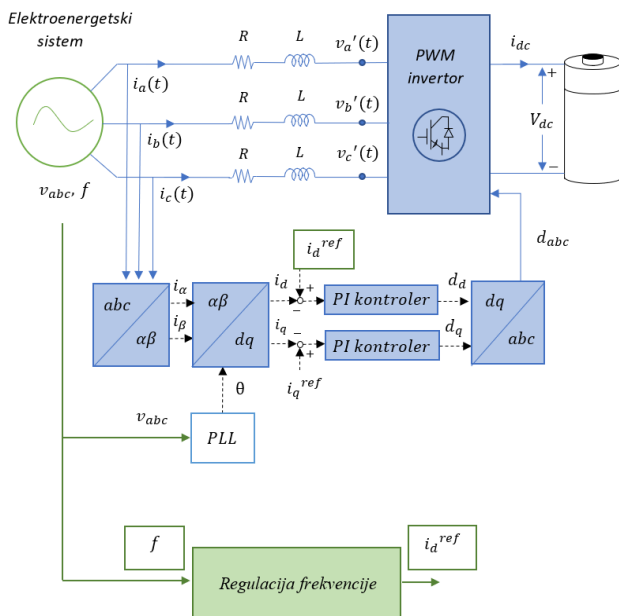
- **Trajanje isporuke:**

Dinamička rezerva mora se isporučivati sve dok se odstupanje snage u potpunosti ne nadoknadi, odnosno dok se ne dostigne određena vrednost frekvencije (što traje par sekundi). Ovo trajanje može se produžiti kako bi se podržao potpuni oporavak frekvencije.

- **Kraj isporuke:**

Kraj isporuke mora biti postepen kako bi se izbeglo stvaranje nagle neravnoteže u sistemu koji je već oslabljen.

Pored kontrole frekvencije, u modelu je implementirana upravljačka struktura bidirekcionog trofaznog naponskog invertora, kako bi se podržalo punjenje i pražnjenje baterije. To za posledicu ima da tok energije može biti ka jednosmernom kolu ili ka EES-u, dakle pretvarač obezbeđuje dvosmerni tok energije. Na slici 2 je prikazana šema upravljanja pomenutog trofaznog pretvarača koja je realizovana u sinhrono-rotirajućem koordinatnom sistemu. Transformacija u sinhrono-rotirajući koordinatni sistem omogućava raspregnuto upravljanje aktivnom i reaktivnom snagom, jer međusobno ortogonalne komponente struje po osama upravo određuju aktivnu (d osa) i reaktivnu (q osa) snagu [2]. U ovom radu je od značaja kontrola toka aktivne energije zbog svog neposrednog uticaja na frekvenciju izolovanog sistema, te će se stoga regulacija vršiti tako da se upravljačkom sklopu spram potreba mogu zadati različite referentne vrednosti direktne komponente struje  $i_d^{ref}$ . Vrednost referentne struje po q osi  $i_q^{ref}$  će uvek biti jednaka nuli, jer se ne razmatra kontrola reaktivne snage.



Slika 2. Upravljačka šema pretvarača

Matematičke jednačine koje opisuju sistem sa priključenim uređajem za skladištenje energije putem trofaznog naponskog invertora mogu se prikazati u trofaznom  $abc$  i  $dq$  domenu, respektivno:

$$L \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = -R \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} v_a' \\ v_b' \\ v_c' \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R & -\omega \\ \omega & -R \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} d_d \\ d_q \end{bmatrix} V_{dc}, \quad (3)$$

gde  $v_a'$ ,  $v_b'$ ,  $v_c'$  predstavljaju napone na naizmeničnoj strani pretvarača,  $R$  i  $L$  sprežnu otpornost i induktivnost pretvarača,  $v_a$ ,  $v_b$ ,  $v_c$  napone i  $i_a$ ,  $i_b$ ,  $i_c$  struje na mestu priključenja.

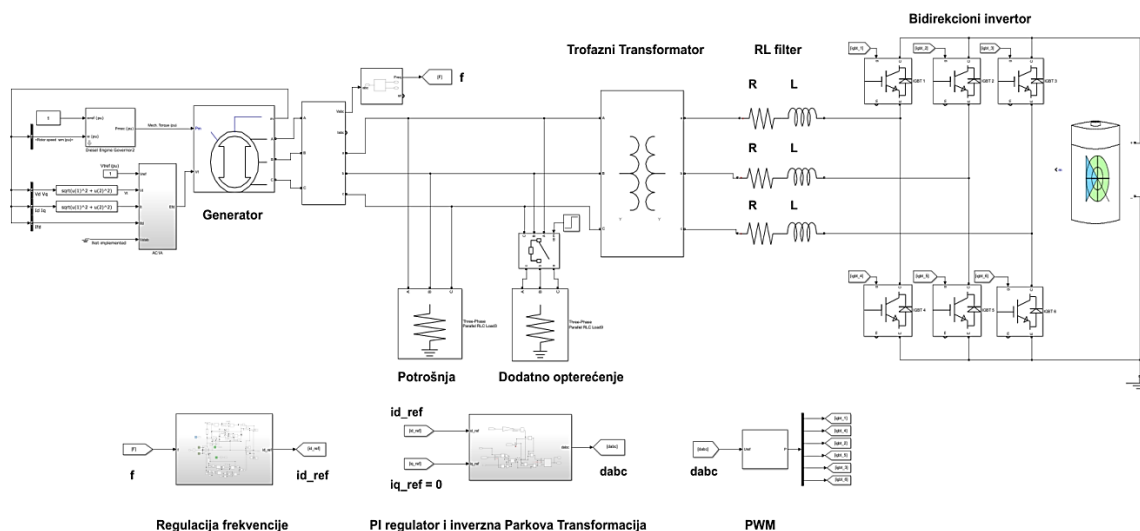
Do aktiviranja upravljačkog sistema dolazi usled nastalog poremećaja u mreži, koji izaziva premašenje dozvoljenog opsega promene frekvencije. Nakon toga, kontrolna petlja za regulaciju frekvencije detektuje promenu frekvencije u mreži i koristi  $i_d^{ref}$  za regulisanje  $i_d$  u dvosmernom pretvaraču. Kao ulazi u PI regulatore se uvode signali greške dobijeni poređenjem ostvarene i zadate vrednosti struja po  $d$  i  $q$  osi. Uloga PI regulatora je da signal greške svede na nulu utičući na vrednost napona  $v_{abc}'$  na priključcima pretvarača. Upravljačke promenljive koje PI regulatori generišu na svojim izlazima ( $d_d$  i  $d_q$ ) su referentne vrednosti napona u  $d$  i  $q$  osama, koje se nakon primene inverzne Blondelove transformacije, transformišu u željene faktore ispunje prekidačkih komponenti ( $d_{abc}$ ), koji se zatim pomoću impulsno-širinskog modulatora prevode u pobudne signale prekidača u pretvaraču. Time se postiže upravljanje stanjima prekidača u trofaznom naponskom invertoru, što za posledicu ima promenu vrednosti napona  $v_{abc}'$  na izlazu iz pretvarača. Generisanjem odgovarajućih vrednosti napona na izlazu iz pretvarača se postiže željeni tok energije. Naime, amplitudom i faznim stavovima generisanih napona se direktno utiče na uspostavljanje struja iz pretvarača ka mreži, ili obrnuto, čime se ujedno postiže i željeni tok energije.

## 5. PRIMER PRIMENE UREĐAJA ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE U IZOLOVANOM EES MELILJE

U cilju analize uticaja sistema za skladištenje energije u izolovanim EES, posmatrana je relativno mala mreža Melilje (Španija), koja se u velikoj meri oslanja na dizel generatore. Relativno niska inercija sistema i nedostatak povezanosti sa drugim električnim mrežama čine ovaj sistem veoma osetljivim na poremećaje.

Dinamičko ponašanje celokupnog sistema je modelovano u programskom paketu Matlab R2018a, kao što je prikazano na slici 3. Rezultati simulacije dati u ovom radu zasnivaju se na BESS modelu od 1 MWh, sa maksimalnom snagom od  $\pm 1.75$  MW. Bitno je napomenuti da je vreme odziva baterije ključni parametar dinamičke podrške. Vreme odziva određeno je brzinom kojom se isporučuje ili apsorbira energija. Uobičajene vrednosti vremena odziva kreću se u opsegu od stotinu milisekundi do sekunde [2]. Parametri koji su korišćeni u modelu dati su u tabeli 1.



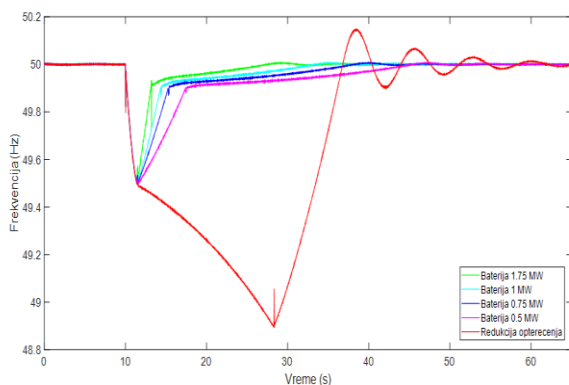


Slika 3. Model sistema sa priključenim uređajem za skladištenje energije u Matlab/Simulink-u

Tabela 1. Parametri koji su korišćeni u simulaciji

Parametri baterije	
Snaga	0.5 – 1.75 MW
Kapacitet skladištenja	1 MWh
Inicijalni SOC	50%
Životni vek	20 godina [2]
Vreme odziva	100 ms
Parametri generatora	
Konstanta inercije $H$	10 s
Snaga proizvodnje $P$	14.6 MW

Na slici 4 je prikazana promena frekvencije sistema nakon naglog poremećaja od 4 MW, koji se dogodio u desetoj sekundi i delovanja prvog stepena sistema za odsecanje opterećenja koji se aktivira na 49 Hz. Na istoj slici prikazana je i promena frekvencije kada su u sistemu priključene baterije različitih snaga. U ovom radu, sistem za skladištenje energije radi kao impulsni izvor napajanja, snabdevajući svu svoju snagu tokom vrlo kratkog vremenskog perioda od nekoliko sekundi, kako bi se izbeglo delovanje sistema za odsecanje opterećenja. Na ovaj način se može podržati proizvodnja generatorskih jedinica u procesu regulacije frekvencije. Takođe, može se zapaziti da je maksimalni pad frekvencije nakon poremećaja značajno smanjen kao i vreme potrebno da EES dostigne ustaljeno stanje.



Slika 4. Promena frekvencije nakon naglog poremećaja i delovanja sistema za odsecanje opterećenja (kriva crvene boje) i delovanja baterija različitih snaga

## 7. ZAKLJUČAK

Pomoću odgovarajuće strategije kontrole aktivne snage sistemi za skladištenje energije mogu ublažiti promene frekvencije u sistemu, koje mogu biti uzrokovane prekidima proizvodnje ili naglim porastom opterećenja, čime se smanjuje potreba za automatskim odsecanjem opterećenja. Rezultati simulacije pokazuju da baterije mogu uspešno da obezbede potrebnu snagu zahvaljujući dvosmernoj kontroli aktivne energije koja je implementirana u invertoru. Ovi rezultati pokazuju da uređaji za skladištenje energije u izolovanim EES doprinose rešavanju neravnoteža i bržem uspostavljanju stabilnog stanja u sistemu.

## 8. LITERATURA

- [1] S.Homan, Investigating battery storage in combination with gas turbine generation for frequency regulation. Dostupno: <https://static1.squarespace.com/static/53ce14b9e4b03fc272f43709/t/59ede89bd0e6280748d2c61d/1508763805109/Homan+Mini+Project+Final+Report.pdf>.
- [2] G.Delille et al., Dynamic Frequency Control Support by Energy Storage to Reduce the Impact of Wind and Solar Generation on Isolated Power System's Inertia, *IEEE Trans. on Sustainable Energy*, Vol. 3, No. 4, October 2012, pp. 931-939.
- [3] M.M.Al-Mulla, N.C.Seeley, Distributed Generation Control In Islanded Industrial Facilities: A Case Study In Power Management Systems, *PCIC Europe 2010*, 15-17 June 2010, Oslo, Norway.
- [4] A.Mohd et al., Challenges in Integrating Distributed Energy Storage Systems into Future Smart Grid; *2008 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 30 June-2 July 2008, Cambridge, UK.

### Kratka biografija:



**Vanja Stupar** rođena je u Novom Sadu 1994. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranila je 2017. god. Iste godine upisala je master studije.

## ЈЕЗИК И ИНТЕРПРЕТЕР ЗА ИНТЕГРАЦИЈУ ВЕБ БАЗИРАНИХ АПЛИКАЦИЈА A LANGUAGE AND INTERPRETER FOR INTEGRATION OF WEB APPLICATIONS

Стефан Ристановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

### Област – СОФТВЕРСКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ИНФОРМАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

**Кратак садржај** – У овом раду описан је дизајн и имплементација језика специфичног за домен и интерпретера за интеграцију веб базираних апликација.

**Кључне речи:** ЈСД, аутоматизација, интеграција, интерпретер, *textX*

**Abstract** – *This paper presents design and implementation of a domain-specific language and interpreter that is used for integration of web applications.*

**Keywords:** *DSL, automation, integration, interpreter, textX*

### 1. УВОД

У времену у којем живимо велики број веб апликација чини нашу свакодневицу. Без обзира на њихову намену, редак је случај да те апликације функционишу изоловано од остатка света. Ипак, постојање интеграција између веб апликација је прилично ограничено из више разлога, од којих је најчешћи онај који се тиче исплативости и одрживости таквих функционалности. Са повећањем броја веб апликација у свакодневној употреби, појавила се и потреба за системима чија је основна намена интеграција и аутоматизација процеса између њих. Међу сервисима који пружају овакву врсту услуге издвајају се *Zapier* [1] и *Microsoft Flow* [2]. Популарност *Zapier*-а и присуство компаније *Microsoft* са својим производом у овој сфери сведочи њеној валидности и реалној потреби за оваквим системима.

Тема овог рада је развој система који ће омогућити корисницима интеграцију веб апликација, односно аутоматизацију процеса кроз њихову интеграцију. За разлику од горепомнутих система, развијени *Calcifer*<sup>1</sup> систем представља софтвер отвореног кода, који ће настојати да корисницима олакша процес спецификације токова интеграције и аутоматизације пружањем језика специфичног за домен - *CalciferDSL*. Поред тога, посебна пажња биће стављена на аспект једноставне проширивости система.

### 2. ЈЕЗИЦИ СПЕЦИФИЧНИ ЗА ДОМЕН

У свим гранама науке и инжењерства могу се разликовати приступи који су општи и они који су специфични. Општи приступ пружа генеричка решења за велики број проблема, али та решења најчешће нису

оптимална. Специфичан приступ пружа квалитетнија решења, али у доста ужој области. Ова два принципа решавања проблема у области софтверског инжењерства огледају се кроз језике опште намене (ЈОН) и језике специфичне за домен (ЈСД).

Од свог настанка, концепт језика специфичних за домен никада није имао строгу дефиницију и границе ових језика су још увек релативно флексибилне. Једну од дефиниција језика специфичних за домен пружа Мартин Фовлер (енг. *Martin Fowler*), који ову врсту језика дефинише као програмске језике ограничене експресивности фокусиране на одређену област [3]. Фовлер наглашава да фокусирање на узак домен заправо произилази из ограничења у експресивности. Да границе ове врсте језика нису стриктно дефинисане видимо из дефиниције: “Језици специфични за домен су програмски језици или извршиве спецификације језика које пружају, кроз прикладне нотације и апстракције, широку експресивност фокусирану, а често и ограничену, на специфичан домен проблема” [4]. Разлике између ове две дефиниције су суптилне али обе наглашавају да је кључна карактеристика језика специфичних за домен заправо њихова *фокусирана експресивна моћ*, која није специфична за језике опште намене.

#### 2.1. Предности и мане

Коришћење језика специфичних за домен није универзално решење за све проблеме које доносе језици опште намене. Израда и коришћење ЈСД-а има своје предности и мане. Да би се оно оправдало, мора се пронаћи баланс између добити и ризика које долазе са њим. Према [3] и [5] предности које језици специфични за домен пружају корисницима су повећана продуктивност, повећан квалитет кода и једноставнија валидација и верификација модела. Поред тога доменски језици пружају и побољшање комуникације између програмера и клијената. Изазови које доноси употреба ЈСД-ова нису занемариви и према [3] и [5] у пракси се најчешће јављају они који се тичу цене изградње, проблема око савладавања језика од стране корисника као и потребно време за дизајн, одржавање и еволуцију језика.

#### 2.2. Категоризација

Најчешћи, и у струци најприхваћенији, начин поделе језика специфичних за домен је онај на **интерне** и **екстерне**. Та подела је базирана на начину имплементације језика, и односи се на то да ли је доменски језик имплементиран у оквиру неког језика опште намене (користећи конструкције матичног језика) или је потпуно самосталан. Аутор ове поделе је *Martin Fowler* [3]. Са развојем области, овим основним катего-

### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Игор Дејановић, ванредни проф.

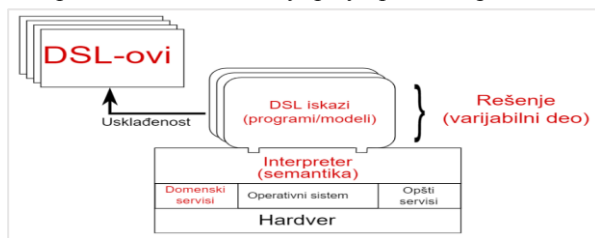
<sup>1</sup> <https://github.com/stekky/calcifer>

ријама, које се односе на текстуалне ЈСД-ове, можемо додати и нетекстуалне (енг. *rich DSLs*) [6]. *Martin Fowler* такође препознаје ове посебне карактеристике и своју првобитну поделу проширује са додатном категоријом – **језичке радионице** [7]. У контексту овог рада, развијени *CalciferDSL*, може се сврстати у категорију екстерних језика специфичних за домен.

### 2.3. Интерпретер – шаблон имплементације

Када је доменски језик дефинисан, потребно је изабрати начин на који ће он бити имплементиран. Избор начина имплементације може имати огроман утицај на целокупан процес развоја ЈСД-а. Како за имплементацију језика опште намене тако и за језике специфичне за домен постоје одређени шаблони имплементације који стандардизују овај процес. Неки од најчешће коришћених шаблона приказаних у [8] су интерпретер, компајлер (генератор кода), препроцесирање, *embedding*, прошириви интерпретер/ компајлер и хибридни шаблон.

Интерпретер и генерисање кода представљају два најчешћа шаблона имплементације који се срећу у пракси. Основни принцип који карактерише генерисање кода јесте да се конструкције језика специфичног за домен преводе у конструкције матичног језика опште намене и позиве различитих библиотека тог језика, док то није случај са интерпретер шаблом (Слика 2.1) где се конструкције језика препознају и извршавају кроз стандардни циклус корака: *добави*, *декодирaj* и *изврши*. Овај принцип карактерише одсуство генерисања кода јер се мограм динамички евалуира у време извршавања.



Слика 2.1 Архитектура интерпретер шаблона [10]

Предности које интерпретер шаблон имплементације доноси у односу на генерисање кода су брже измене (енг. *roundtrip*), већа динамичност и флексибилност, једноставније увођење, портабилност као и способност дебаговања модела током извршавања уколико постоје специјализовани алати. Мане интерпретације у односу на генерисање кода су спорије извршавање и смањена ефикасност у поређењу са приступом генерисања кода.

У контексту овог рада, развијени *CalciferDSL* је имплементиран коришћењем интерпретер шаблона, а развијен је уз помоћ *textX* алата [9].

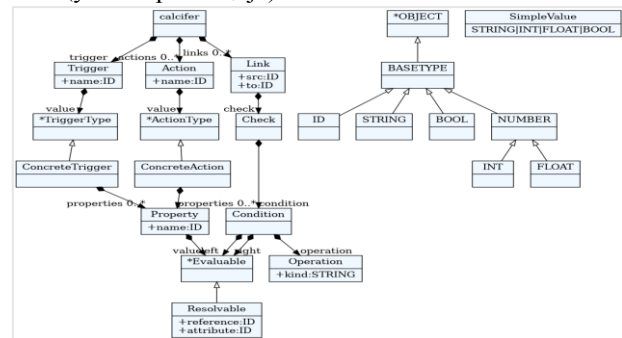
## 3. СПЕЦИФИКАЦИЈА СИСТЕМА

Циљ *Calcifer* система јесте да се кориснику омогући једноставна интеграција између више различитих веб апликација. Основно средство за остварење горепостављеног циља представља дизајн и креирање посебног језика специфичног за домен – *CalciferDSL*.

### 3.1. CalciferDSL

Основна намена овог језика јесте да се кориснику олакша креирање комплексних токова интеграције између више веб апликација. Идеја на којој се заснива јесте да се читав ток представи уз помоћ ацикличног

графа са кондиционалним гранањем, алтернативним и паралелним путањама. Овај концепт у *Calcifer* екосистему се назива *Spark*. Главни концепти *CalciferDSL*-а (Слика 2.2) су **Trigger** (једини улаз у граф тока, односно догађај од интереса на некој од интегрисаних апликација), **Action** (радња коју је потребно извршити) и **Link** (грана графа којом су чворови повезани, омогућава условну транзицију). *CalciferDSL* чине и: **SimpleValue** (појединачна константна вредност која се додељује приликом дефинисања), **Resolvable** (вредност коју је потребно додати у току извршавања, референцира атрибут другог чвора), **Evaluable** (апстракт који обједињује *SimpleValue* и *Resolvable*), **Property** (атрибут чвора) и **Gate** (услов транзиције).



Слика 2.2 Приказ основних концепта *CalciferDSL*-а

### 3.2. Синтакса језика

Спецификација *Spark*-а се састоји из три основне секције које започињу јединственом кључном речи коју прати двотачка (:). Прва секција захтева навођење јединог тригера за читав *Spark* и ова секција започиње кључном речи *trigger* коју прати дефиниција тригера. Наредна секција, која је представљена кључном речи *actions*, служи за навођење свих акција које су саставни део овог тока. Последњу секцију, која се започиње кључном речи *flows*, чине дефиниције линкова, тј. грана графа. Ова секција садржи сву логику тока јер повезује све чворове графа и дефинише услове прелаза из једног у други чвор.

```
trigger:
  release GithubRelease
actions:
  sendEmail SendEmail(
    apiKey: "<API_KEY>",
    title: "New release just in!",
    header: $release.repository,
    content: $release.value,
    to: "st.keky@gmail.com",
    subject: "New Release")
flows:
  release -> sendEmail [$release.type == "created"]
```

Листинг 3.1 Приказ једноставног *Spark*-а

Дефиниције тригера и акција су сличне, и обе се састоје се из јединственог назива (који служи за идентификацију) и типа. Акције могу поседовати и атрибуте које је потребно навести у оквиру заграда. Нотација за исказивање атрибута је *name:value*. Сваки чвор графа се, уз помоћ посебног оператора за селекцију - '\$', може референцирати. Захваљујући овоме могуће је искористити вредност атрибута из било којег претка тренутног чвора. Референцирање је могуће и током дефинисања услова за транзицију. Нотација за референцирање вредности је *\$node\_name.property*. За дефинисање линкова

користи се нотација `in_node->out_node`. Опционо сваки линк може садржати услов неопходан за транзицију из улазног у излазни чвор. Услов се наводи унутар средњих заграда коришћењем нотације `[leftOperand operator rightOperand]`. И леви и десни операнди могу бити или константне вредности или референце на вредности атрибута неког од претходних чворова. На *Листинг 3.1* приказана је синтакса *CalciferDSL*-а којом је описан један *Spark*.

### 3.3. Семантичка валидација

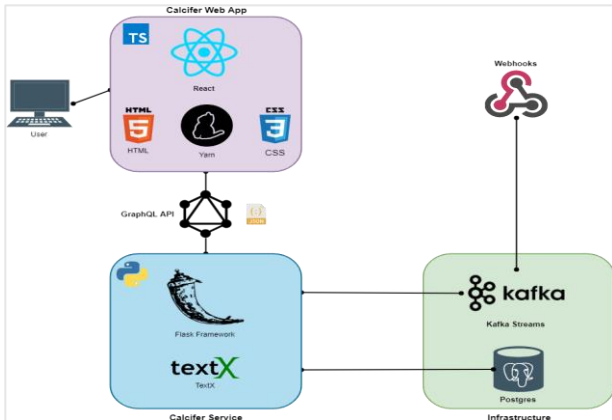
Сваки синтаксно валидан израз у оквиру *CalciferDSL*-а не мора бити семантички исправан. Како би се одржала семантичка исправност моделоване аутоматизације, *CalciferDSL* са собом доноси одређена семантичка правила. Та правила укључују ограничење на тачно један тригер, превенцију спецификације акције које нису повезане са главним током, ограничење јединствености назива свих ентитета, ограничење да претходно референцирана акција мора постојати и бити један од предака акције која је референцира и превенција цикличних токова којим се спречава потенцијално бесконачно извршавање тока.

## 4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА СИСТЕМА

У овом поглављу описана је архитектура и детаљи имплементације *Calcifer* система.

### 4.1. Архитектура система и коришћени алати

*Calcifer* систем сачињавају три целине (*Слика 4.1*): сервер са интерпретером *CalciferDSL* језика, компонента за процесирање *webhook*-ова и клијентска апликација.



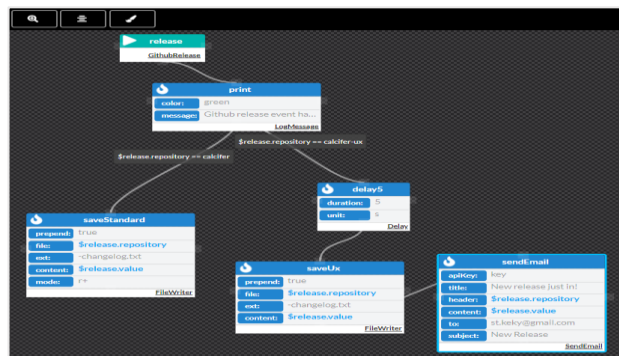
Слика 4.1 Архитектура *Calcifer* система

Серверска страна *Calcifer* система изграђена је уз помоћ *Flask microframework*-а коришћењем *Python* програмског језика. У оквиру серверске стране налази се спецификација и интерпретер *CalciferDSL*-а изграђеног уз помоћ *textX* алата. Серверска страна пружа *GraphQL API*, који клијентска страна конзумира ради управљања ентитетима.

Перзистенција свих података о ентитетима врши се у *PostgreSQL* релациону базу података. У оквиру серверске стране, као посебна компонента, налази се процесор свих долазних захтева (*webhook*) од веб апликација које су чиниоци интеграције. Када HTTP захтев пристигне, ова компонента га обрађује и шаље на за то предвиђен *Kafka* топик. Са овог топика га касније парсира конзумер који покушава да препозна да ли је захтев везан за неки од активних токова

аутоматизације. Уколико је захтев повезан са неким током, он бива прослеђен интерпретеру на даљу обраду. Интерпретер уз помоћ *textX* алата парсира спецификацију изражену кроз *CalciferDSL* и покреће одговарајући ток аутоматизације.

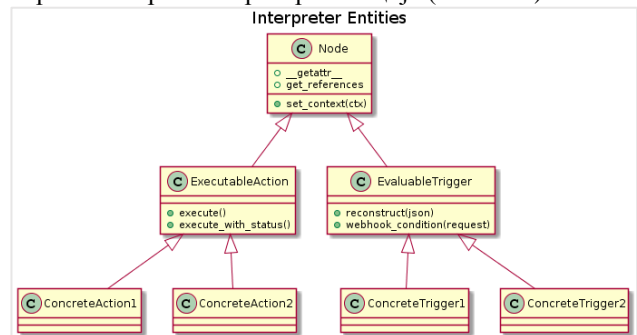
Клијентску страну *Calcifer* система чини *single-page* веб апликација написана уз помоћ *ReactJS* радног оквира коришћењем *TypeScript*-а. Клијентска страна пружа једноставан графички кориснички интерфејс који конзумира *GraphQL API*, и омогућава корисницима једноставну манипулацију ентитетима. У оквиру клијентске стране налази се текстуални едитор прилагођен *CalciferDSL*-у (бојење синтаксе, комплетирање кода итд.) изграђен помоћу *react-monaco-editor* библиотеке, као и компонента за визуелизацију читавог тока аутоматизације (*Слика 4.2*) изграђена помоћу *storm-react-diagrams* библиотеке.



Слика 4.2 Визуелизација *Spark*-а

### 4.2. Интерпретер

*Spark* је представљен структуром графа и његово извршавање ефективно представља обилазак графа. Један чвор овог графа представљен је апстрактном класом *Node*. Ову апстрактну класу наслеђују друге две апстрактне класе *ExecutableAction* и *EvaluableTrigger*, које представљају акцију и тригер респективно. Ове две класе ће бити наслеђене од стране конкретних тригера и акција (*Слика 4.3*).



Слика 4.3 Модел основних ентитета интерпретера

*EvaluableTrigger* класу наслеђују сви конкретни тригери. Наслеђивање ове класе од стране конкретних тригера захтева редефинисање две методе: *webhook\_condition* која врши проверу долазног захтева и упарује захтев са конкретним тригером и метода *reconstruct* која на основу садржаја пристиглог захтева реконструише све атрибуте тригера. *ExecutableAction* представља родитељску класу сваке акције и захтева редефинисање методе *execute*. Позив методе *execute* представља извршавање ефекта акције која је описује. Приликом



интерпретирања *Spark*-а, када буде посећен чвор који представља конкретну акцију биће позвана ова метода и њено извршавање представљаће извршавање ефекта повезаног са њом. Проширивање *Calcifer* система је једноставно и додавање нових интеграција заснива се на имплементирању конкретних класа које наслеђују ове две апстрактне класе, и оне ће динамички бити учитане и доступне за коришћење у оквиру *CalciferDSL*-а и целокупног *Calcifer* система уопште. Једноставности доприноси и редефинисана метода `__getattr__` (приступ атрибутима објекта у *Python* језику у *dot* нотацији) основне *Node* класе, чија редефиниција омогућава приступ дубоко енкапсулираним *Property*-има конкретних акција и тригера у *dot* нотацији уз разрешавање оних који представљају референце на атрибуте других чворова.

Када се иницијални тригер деси и компонента за обраду *webhook*-ова препозна да је тригер повезан са активним *Spark*-ом, подаци се прослеђују интерпретеру. Интерпретер на основу мета-модела и спецификације *Spark*-а изражене кроз *CalciferDSL* врши парсирање употребом *textX* алата, а затим и изградњу конкретне инстанце графа тока употребом горепомених класа. Евалуација се врши обиласком графа у смеру од тригера ка крајњим чворовима позивањем рекурзивне методе `_eval_node`, која врши евалуацију тренутног чвора графа, потенцијално извршава везану акцију и проверава услове за прелазак у наредни чвор. Избор наредног чвора се своди на добављање свих излазних грана из тренутног чвора и провером услова за прелазак у наредни чвор.

Скуп излазних грана може бити празан, што значи да се тренутно евалуира лист графа и у том случају се интерпретер враћа корак уназад и процесира следеће подстабло уколико такво постоји. Када више не постоји ниједно подстабло које интерпретер, уз поштовање свих услова, није обишао, извршавање тока аутоматизације се завршава и врши се перзистенција статуса извршавања уз временске маркере.

## 5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је описан реализовани систем за интеграцију и аутоматизацију процеса између различитих веб апликација – *Calcifer*, при чему су приказани сви детаљи његове имплементације. Мотивација за овај рад пронађена је у практичним недостацима постојећих система прегледом и анализом стања у области. Детаљно је описан модел, како графа којим је представљен појединачни ток аутоматизације, тако и језгра интерпретера, али и читавог система. Пружен је преглед теоријских основа изабраног принципа имплементације коришћењем језика специфичног за домен, као и све предности и мане једног таквог решења. Темељно је описана синтакса креираног *CalciferDSL*-а, његова семантика и начини коришћења. Наведене су све технологије које су коришћене у процесу израде овог решења, као и разлози који су утицали на њихов избор. Стављен је нагласак на флексибилност овакве спецификације *CalciferDSL*-а, имплементацију интерпретера, лакоћу његовог коришћења и проширивости. Конструкција *Calcifer* система укључујући посебно развијени доменски језик - *CalciferDSL*, интерпретер

токова аутоматизација и интеграција између веб апликација, као и посебан *CalciferUX* који олакшава коришћење овог језика специфичног за домен кроз коришћење сугестија, комплетирања кода, бојења синтаксе и визуелизације представљају главне доприносе овог рада.

Тренутна имплементација *Calcifer* система представља солидну основу за даљи развој и додавање нових функционалности. Неки од наредних праваца развоја могу укључивати додавање подршке за парцијално извршавање токова, подршке за више од једног корисника по активној инстанци уз побољшање безбедносних аспеката, поширивање система визуелизације креирањем графичког доменског језика и додавање подршке за аутоматско покретање токова аутоматизација у одређеним временским интервалима као додаток тренутном приступу базираном на *webhook*-овима.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zapier, „Zapier,“ [На мрежи]. Available: <https://zapier.com>. [Последњи приступ 15. јул 2019.].
- [2] Microsoft, „Microsoft Flow,“ [На мрежи]. Available: <https://flow.microsoft.com>. [Последњи приступ 11. јануар 2020.].
- [3] M. Fowler, *Domain-specific languages*, Addison-Wesley, 2010.
- [4] A. van Deursen, P. Klint и J. Visser, „Domain-Specific Languages: An Annotated Bibliography,“ *ACM SIGPLAN Notices*, т. 35, 2000.
- [5] M. Voelter, *DSL Engineering*, 2013.
- [6] G. Debasish, *DSLs in Action*, Manning Publications, 2010.
- [7] M. Fowler, „Language Workbenches: The Killer-App for Domain Specific Languages?,“ 2005. [На мрежи]. Available: <https://www.martinfowler.com/articles/languageWorkbench.html>. [Последњи приступ 15. август 2019.].
- [8] M. Mernik, J. Heering и A. M. Sloane, *When and how to develop Domain-Specific Languages*, Maribor, 2005.
- [9] I. Dejanović, „textX,“ [На мрежи]. Available: <https://textx.github.io/textX/stable/>. [Последњи приступ 28. јул 2019.].
- [10] I. Dejanović, „Generisanje programskog koda,“ 20. децембар 2019.. [На мрежи]. Available: <http://www.igordejanovic.net/courses/jsd/04-generisanje-programskog-koda>. [Последњи приступ 23. јануар 2020.].

## Кратка биографија:

**Стефан Ристановић** рођен је у Лозници 1994. године. Основну школу „Боривоје Ж. Милојевић“ завршио је у Крупњу 2009. године, као носилац Вукове дипломе. Након тога уписује, а 2013. године завршава гимназију – општи тип у Средњој школи у Крупњу. Исте године уписује Факултет техничких наука у Новом Саду, смер Софтверско инжењерство и информационе технологије. Полаже све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9.83. Године 2017. завршава основне студије и уписује мастер академске студије на истом факултету. Полаже све испите мастер студија предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10.00.



СИЈАМСКЕ НЕУРОНСКЕ МРЕЖЕ

SIAMESE NEURAL NETWORKS

Никола Стојановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

**Кратак садржај** – У овом раду је приказан експеримент идентификације знакова са два различитим сијамским неуронским мрежама, те истраживање какав ефекат могу имати афине трансформације на тренирање и тестирање неуронских мрежа. Две различите сијамске неуронске мреже су имплементирани и тестиране у различитим сценаријима. Резултати су показали високу прецизност у већини случајева. Дати су и предлози за истраживање у будућности.

**Кључне речи:** Сијамске неуронске мреже, вештачка интелигенција, препознавање слика

**Abstract** – In this paper an experiment in character identification with two different Siamese neural networks is presented, along with the effects of affine transformations on training and testing. Two different Siamese neural networks were implemented and tested in different scenarios. In most scenarios results showed high precision. Guidelines for future research are also presented.

**Keywords:** Siamese neural networks, artificial intelligence, image recognition

1. УВОД

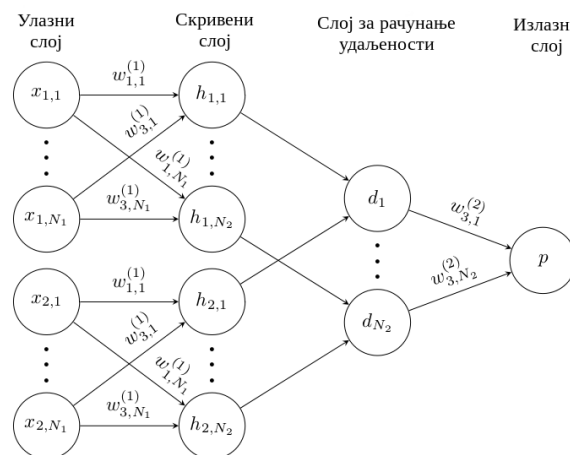
Сијамске неуронске мреже су посебна врста неуронских мрежа које се састоје од најмање две идентичне неуронске мреже (подмреже) спојене на излазу. Под појмом идентичних неуронских мрежа подразумевамо неуронске мреже које имају исту конфигурацију (тј. исте параметре и тежине). Сијамске неуронске мреже се користе како би се поредили улази мапирањем високодимензионалног улаза на вектор карактеристика. На овај начин, мрежа учи меру сличности у подацима, уместо како класификовати улаз у неку од дискретних класа.

Приликом тренирања исправке тежина се одразе на све подмреже. Сијамска неуронска мрежа (слика 1), за разлику од других неуронских мрежа, садржи две неуронске мреже које се састоје од  $N_1$  улазних неурона, са  $N_2$  потпуно повезаних неурона у скривеном слоју. Након скривеног слоја следи слој за рачунање удаљености, који се састоји од  $N_2$  неурона. Коначно, након слоја за рачунање удаљености, следи излазни слој  $p$  који се састоји од једног неурона.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Стеван Гостојић, ван. проф.

Како су тежине ( $w$ ) унутар двеју подмрежа идентичне, две веома сличне слике се не могу мапирати на две потпуно другачије локације у простору атрибута, тј. ни њихова удаљеност, добијена из излазног слоја  $p$ , не може бити велика.



Слика 1. Структура сијамске неуронске мреже [1]

Циљ овога рада је извршити тренирање неуронских мрежа са и без афиних трансформација, те одредити који ефекат оне имају на прецизност и перформансе неуронских мрежа.

2. СРОДНИ РАДОВИ

2.1 Поновна идентификација објекта

Док се конвенционалне методе поновне идентификације возила фокусирају, или на препознавање броја таблица или на препознавање облика возила, аутори у [2] су одлучили да направе хибридни модел. Тако се слике два возила шаљу једној сијамској неуронској мрежи, док се слике двеју таблица шаљу другој сијамској неуронској мрежи. Ове две мреже су на својим крајевима спојене на слојеве за предикцију, чинећи тиме двоструку сијамску конволутивну неуронску мрежу. Овај модел даје боље резултате када се пореди са једноструким моделима. Чак и са повећаним бројем лажно позитивних примера,  $F$  мера остаје иста. То указује на робустност модела. Кад је реч о поновном препознавању особа, рад [3] представља нову архитектуру која истовремено учи атрибуте и метрику сличности за препознавање основе, за разлику од других решења где се атрибути и метрика сличности уче независно једно од другог. Механизам пажње за бирање најрелевантнијих атрибута је такође предложен. Експерименти су извршени над три скупа података и резултати показују да модел даје резултате као и друга најмодернија решења.

## 2.2 Проналажење слика

Однедавно, у пољу проналажења слика на основу садржаја, појавио се проблем њиховог проналажења без икаквог претходног знања. Радови презентовани овде показују да се сијамске неуронске мреже могу користити на разне начине као помоћ у решавању овог проблема. Рад [4] представља нов начин проналажења слика из слика докумената. Модел се заснива на откривању сваког документа који садржи дати сликовни упит, као и на проналаску шаблона за лоцирање упита на свакој слици.

Сијамска неуронска мрежа је тренирана на *ImageNet* скупу података како би научила разликовати сличне и различите парове слика те је касније коришћена као екстрактор атрибута. Приликом тестирања, предложени метод је прецизнији од метода са подударењем кључних тачака, али не и од метода са филтером базираним на хомографији. Имао је, додуше, бољи одзив од других метода.

У раду [5], показано је да се бинарне хеш вредности за брзи проналазак слика могу генерисати сијамским моделом. Штавише, презентован је нови алгоритам за генерисање позитивних и негативних парова приликом тренирања сијамске неуронске мреже. Овај алгоритам бира такве негативне парове који ће највише да утичу на промену функције грешке. Кад се пореде резултати са најсавременијим хеш методама, модел презентован у раду показује напредак како се број битова повећава, што је последица новог тренинг алгоритма.

## 3. ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТА

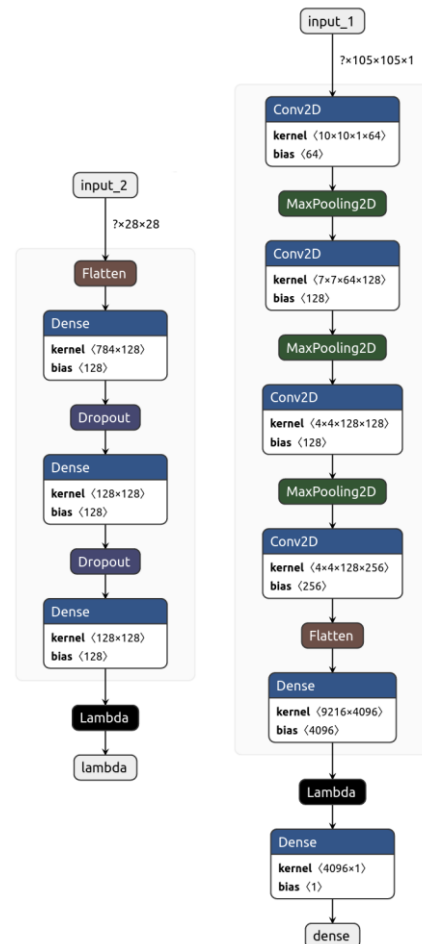
Тестирана су два типа сијамских неуронских мрежа за препознавање слика:

1. Сијамска неуронска мрежа која је развијена као пример за Пајтон (енг. *Python*) библиотеку Керас (енг. *Keras*) [6]. На слици 2 се може видети архитектура једног њеног близанца. Он се састоји од три потпуно повезана слоја између којих се налазе слојеви изостављања. Активациона функција на сваком потпуно повезаном слоју је исправљена линеарна јединица. Последњи слој је ламбда слој који рачуна Еуклидско растојање између два излаза. За оптимизацију приликом тренинга је коришћен модификовани стохастички градијентни спуст тзв. *RMSPProp*. Приликом тренинга за функцију грешке коришћена је контрастивна функција дефинисана у [7]. Ова неуронска мрежа је тренирана и тестирана на *MNIST* скупу података.

2. Сијамска неуронска мрежа за препознавање слика на једном примеру коју су развили Кох и остали [1]. На слици 2 је илустрована архитектура једног њеног близанца. То је конволутивна неуронска мрежа која се састоји од четири конволутивна слоја, са слојевима агрегације између сваког конволутивног слоја. Након последњег конволутивног слоја следи слој поравњавања који претвори добијене вредности у један вектор.

На сваки слој се примени филтер одређених димензија, при чему су димензије број дељив са 16. Активациона функција на сваком слоју је исправљена линеарна јединица. Последњи слој у сваком близанцу је потпуно повезани слој са сигмоидном активацио-

ном функцијом која даје предикцију, након чега је спојен са слојем који рачуна удаљеност.



Слика 2. Структура Керасове (лево) и Кохове (десно) сијамске неуронске мреже. Слика је добијена помоћу алата Netron [8]

Затим следи последњи слој за предвиђање који садржи сигмоидну активациону функцију. За иницијализацију тежина и коефицијента склоности неуронске мреже коришћена је униформна дистрибуција, док је за оптимизацију употребљен стохастички градијентни спуст. У сваком конволуционом слоју за регуларизацију је коришћена  $l_2$  регуларизациона казна. Кохова сијамска неуронска мрежа је тренирана и тестирана на *Omniglot* скупу података.

Како би се израчунала прецизност и *F1* мера, припремљени су посебни тест сценарији. Прво су формиран само позитивни, а потом само негативни парови (за сваку класу) који су даље слани неуронској мрежи да утврди да ли су у питању исте или другачије слике. Тестирање је прво извршено само над позитивним, а потом само над негативним паровима. Из ових резултата добијене су стопе истински позитивних, лажно позитивних, истински негативних и лажно негативних примера.

## 4. РЕЗУЛТАТИ

### 4.1 Резултати на *MNIST* скупу

Резултати тестирања по класама (знаменкама) су приказани у табелама 1-4.

Табела 1. Резултати тренирања и тестирања без трансформација

Класа	Истински позитивни	Лажни негативни	Истински негативни	Лажни позитивни	Прецизност	Одзив	F1 мера
0	435	11	1776	6	0.99	0.98	0.98
1	433	13	1774	8	0.98	0.97	0.98
2	430	16	1777	5	0.99	0.96	0.98
3	429	17	1774	8	0.98	0.96	0.97
4	428	18	1775	7	0.98	0.96	0.97
5	418	28	1776	6	0.99	0.94	0.96
6	432	14	1771	11	0.98	0.97	0.97
7	414	32	1776	6	0.99	0.93	0.96
8	413	33	1773	9	0.98	0.93	0.95
9	417	29	1772	10	0.98	0.93	0.96
Просек	427.4	18.6	1774.9	7.1	0.98	0.95	0.97

Табела 2. Резултати тренирања без трансформација и тестирања са трансформацијама

Класа	Истински позитивни	Лажни негативни	Истински негативни	Лажни позитивни	Прецизност	Одзив	F1 мера
0	308	138	1665	117	0.72	0.69	0.71
1	321	125	1703	79	0.80	0.72	0.76
2	344	102	1722	60	0.85	0.77	0.81
3	314	132	1653	129	0.71	0.70	0.71
4	318	128	1664	118	0.73	0.71	0.72
5	310	136	1703	79	0.80	0.70	0.74
6	318	128	1683	99	0.76	0.71	0.74
7	280	166	1684	98	0.74	0.63	0.68
8	310	136	1635	147	0.68	0.70	0.69
9	289	157	1648	134	0.68	0.65	0.67
Просек	314.1	131.9	1684.6	97.4	0.75	0.70	0.72

Табела 3. Резултати тренирања са трансформацијама и тестирања без трансформација

Класа	Истински позитивни	Лажни негативни	Истински негативни	Лажни позитивни	Прецизност	Одзив	F1 мера
0	437	9	1777	5	0.99	0.98	0.98
1	435	11	1779	3	0.99	0.98	0.98
2	430	16	1776	6	0.99	0.96	0.98
3	433	13	1776	6	0.99	0.97	0.98
4	428	18	1772	10	0.98	0.96	0.97
5	433	13	1776	6	0.99	0.97	0.98
6	432	14	1777	5	0.99	0.97	0.98
7	435	11	1775	7	0.98	0.98	0.98
8	416	30	1774	8	0.98	0.93	0.96
9	415	31	1769	13	0.97	0.93	0.95
Просек	432.9	13.1	1776.0	6.0	0.98	0.96	0.97

Табела 4. Резултати тренирања и тестирања са трансформацијама

Класа	Истински позитивни	Лажни негативни	Истински негативни	Лажни позитивни	Прецизност	Одзив	F1 мера
0	423	23	1772	10	0.98	0.95	0.96
1	429	17	1777	5	0.99	0.96	0.98
2	404	42	1761	21	0.95	0.91	0.93
3	399	47	1748	34	0.92	0.89	0.91
4	412	34	1751	31	0.93	0.92	0.93
5	400	46	1751	31	0.93	0.90	0.91
6	419	27	1770	12	0.97	0.94	0.96
7	409	37	1762	20	0.95	0.92	0.93
8	382	64	1756	26	0.94	0.86	0.89
9	388	58	1754	28	0.93	0.87	0.90
Просек	411.9	34.1	1761.5	20.5	0.95	0.91	0.93

#### 4.2 Резултати на Omniglot скупу

Резултати тестирања по класама (алфабетима) су приказани у табелама 5-8.

Када се сагледају сви резултати, види се да су најбољи резултати постигнути на MNIST скупу приликом тренирања са афиним трансформацијама када су резултати прецизности изнад 90%. Увођење трансформација у тестирање доводи до опадања прецизности, при чему она опада 23% и 3% на MNIST скупу, односно 1% и 0% на Omniglot скупу.

Табела 5. Резултати тренирања и тестирања без трансформација

Алфабет	Истински позитивни	Лажни негативни	Истински негативни	Лажни позитивни	Прецизност	Одзив	F1 мера
Angelic	461	59	455	39	0.92	0.89	0.90
Atemayar Qelisayer	734	86	687	92	0.89	0.90	0.89
Atlantean	408	92	440	35	0.92	0.82	0.87
Aurek-Besh	412	108	473	21	0.95	0.79	0.86
Avesta	515	5	463	31	0.94	0.99	0.97
Ge'ez	463	57	453	41	0.92	0.89	0.90
Glagolitic	509	91	525	45	0.92	0.85	0.88
Gurmukhi	364	36	371	9	0.98	0.91	0.94
Kannada	709	131	719	79	0.90	0.84	0.87
Keble	815	85	766	89	0.90	0.91	0.90
Malayalam	828	112	806	87	0.90	0.88	0.89
Manipuri	458	62	469	25	0.95	0.88	0.91
Mongolian	497	63	474	58	0.90	0.89	0.89
Old Church Slavonic	745	155	779	76	0.91	0.83	0.87
Oriya	707	213	822	52	0.93	0.77	0.84
Sylheti	474	46	471	23	0.95	0.91	0.93
Syriac Serto	783	117	791	64	0.92	0.87	0.90
Tengwar	418	102	439	55	0.88	0.80	0.84
Tibetan	672	128	669	91	0.88	0.84	0.86
ULOG	399	61	399	38	0.91	0.87	0.89
Средња вредност	568.6	90.5	573.6	52.5	0.92	0.87	0.89

Табела 6. Резултати тренирања без трансформација и тестирања са трансформацијама

Алфабет	Истински позитивни	Лажни негативни	Истински негативни	Лажни позитивни	Прецизност	Одзив	F1 мера
Angelic	827	213	916	72	0.92	0.80	0.85
Atemayar Qelisayer	1269	371	1397	161	0.89	0.77	0.83
Atlantean	773	227	865	85	0.90	0.77	0.83
Aurek-Besh	789	251	932	56	0.93	0.76	0.84
Avesta	978	62	904	84	0.92	0.94	0.93
Ge'ez	871	169	904	84	0.91	0.84	0.87
Glagolitic	960	240	1072	68	0.93	0.80	0.86
Gurmukhi	674	126	743	17	0.98	0.84	0.90
Kannada	1244	436	1389	207	0.86	0.74	0.79
Keble	1492	308	1506	204	0.88	0.83	0.85
Malayalam	1452	428	1596	190	0.88	0.77	0.82
Manipuri	815	225	922	66	0.93	0.78	0.85
Mongolian	956	164	971	93	0.91	0.85	0.88
Old Church Slavonic	1351	449	1605	105	0.93	0.75	0.83
Oriya	1260	580	1640	108	0.92	0.68	0.79
Sylheti	865	175	923	65	0.93	0.83	0.88
Syriac Serto	1413	387	1536	174	0.89	0.79	0.83
Tengwar	723	317	895	93	0.89	0.70	0.78
Tibetan	1275	325	1375	145	0.90	0.80	0.84
ULOG	729	191	809	65	0.92	0.79	0.85
Средња вредност	1035.8	282.2	1145.0	107.1	0.91	0.79	0.85

Разлика у резултатима између Керасове и Кохове неуронске мреже долази због тога што Кохова неуронска мрежа садржи конволутивне слојеве, праћене са слојевима агрегације који неуронској мрежи дају способност инваријантности. Једноставније речено, неуронска мрежа ће бити у стању препознати објекат иако је он померен у односу на центар слике.

Са друге стране, Керасова неуронска мрежа је потпуно повезана неуронска мрежа, без конволутивних слојева, што значи да она нема особину инваријантности.

Табела 7. Резултати тренирања са трансформацијама и тестирања без трансформација

Алфабет	Истински позитивни	Лажни негативни	Истински негативни	Лажни позитивни	Прецизност	Одзив	F1 мера
Angelic	439	81	454	40	0.92	0.84	0.88
Atemayar Qelisayer	702	118	674	105	0.87	0.86	0.86
Atlantean	423	77	425	50	0.89	0.85	0.87
Aurek-Besh	417	103	463	31	0.93	0.80	0.86
Avesta	513	7	448	46	0.92	0.99	0.95
Ge'ez	450	70	449	45	0.91	0.87	0.89
Glagolitic	513	87	542	28	0.95	0.86	0.90
Gurmukhi	364	36	362	18	0.95	0.91	0.93
Kannada	696	144	711	87	0.89	0.83	0.86
Keble	797	103	740	115	0.87	0.89	0.88
Malayalam	831	109	809	84	0.91	0.88	0.90
Manipuri	460	60	477	17	0.96	0.88	0.92
Mongolian	498	62	464	68	0.88	0.89	0.88
Old Church Slavonic	755	145	783	72	0.91	0.84	0.87
Oriya	792	128	806	68	0.92	0.86	0.89
Sylheti	460	60	472	22	0.95	0.88	0.92
Syriac Serto	789	111	778	77	0.91	0.88	0.89
Tengwar	403	117	435	59	0.87	0.78	0.82
Tibetan	683	117	686	74	0.90	0.85	0.88
ULOG	376	84	406	31	0.92	0.82	0.87
<b>Средња вредност</b>	<b>568.1</b>	<b>91.0</b>	<b>569.2</b>	<b>56.9</b>	<b>0.91</b>	<b>0.86</b>	<b>0.89</b>

Табела 8. Резултати тренирања и тестирања са трансформацијама

Алфабет	Истински позитивни	Лажни негативни	Истински негативни	Лажни позитивни	Прецизност	Одзив	F1 мера
Angelic	811	229	920	68	0.92	0.78	0.85
Atemayar Qelisayer	1302	338	1286	172	0.88	0.79	0.84
Atlantean	740	260	859	91	0.89	0.74	0.81
Aurek-Besh	749	291	916	72	0.91	0.72	0.80
Avesta	973	67	907	81	0.92	0.94	0.93
Ge'ez	799	241	890	98	0.89	0.77	0.82
Glagolitic	831	369	1060	80	0.91	0.69	0.79
Gurmukhi	629	171	734	26	0.96	0.79	0.86
Kannada	1222	458	1441	155	0.89	0.73	0.80
Keble	1481	319	1528	182	0.89	0.82	0.86
Malayalam	1518	362	1609	177	0.90	0.81	0.85
Manipuri	813	227	939	49	0.94	0.78	0.85
Mongolian	901	219	971	93	0.91	0.80	0.85
Old Church Slavonic	1317	483	1592	118	0.92	0.73	0.81
Oriya	1364	476	1581	167	0.89	0.74	0.81
Sylheti	849	191	943	45	0.95	0.82	0.88
Syriac Serto	1385	415	1574	136	0.91	0.77	0.83
Tengwar	706	334	911	77	0.90	0.68	0.77
Tibetan	1223	377	1344	176	0.87	0.76	0.82
ULOG	686	234	826	48	0.93	0.75	0.83
<b>Средња вредност</b>	<b>1015.0</b>	<b>303.1</b>	<b>1141.6</b>	<b>105.6</b>	<b>0.91</b>	<b>0.77</b>	<b>0.83</b>

## 5. ЗАКЉУЧАК

У раду су тестиране две различите сијамске неуронске мреже – Керасова неуронска мрежа и неуронска мрежа коју су представили Кох и други.

Обе мреже су прављене да би решавале проблем идентификације руком писаних симбола. Тренирање и тестирање неуронских мрежа је извршено са и без употребе насумичних афиних трансформација. Осим у једном случају, резултати показују висок ниво прецизности (изнад 90%). Кориштење афиних трансформација приликом тестирања доводи до пада прецизности, F1 мере и одзива приликом тестирања. Међутим, тај пад није исти у сваком примеру.

Приликом тренинга Керасове неуронске мреже на MNIST скупу, пад у прецизности је износио 23%, да би се увођењем афиних трансформација у тренинг, смањено на 3%. Насупрот томе, код Кохове неуронске мреже пад у прецизности је износио 1%, да би се увођењем афиних трансформација у тренинг изгубио.

Разлог зашто је Кохова неуронска мрежа показала мањи пад у прецизности јесте у томе што је она конволутивна неуронска мрежа, при чему је она инваријантна на транслације, док Керасова није.

У циљу добијања бољих резултата, потребно је тестирати другачији избор негативних парова приликом тренинга. У овој раду негативни парови су бирани насумично, док би једна опција била користити само оне парове који ће највише допринети смањењу функције грешке приликом тренинга. Аутор сматра да би другачији избор негативних парова коначно могао повећати прецизност на Omniglot скупу изнад људске прецизности.

## 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Koch, G., Zemel, R. and Salakhutdinov, R., 2015. "Siamese neural networks for one-shot image recognition." In ICML deep learning workshop (Vol. 2).
- [2] de Oliveira, I.O., Fonseca, K.V. and Minetto, R., 2019. "A Two-Stream Siamese Neural Network for Vehicle Re-Identification by Using Non-Overlapping Cameras." arXiv preprint arXiv:1902.01496.
- [3] Wu, L., Wang, Y., Gao, J. and Li, X., 2018. "Where-and-when to look: Deep siamese attention networks for video-based person re-identification." IEEE Transactions on Multimedia, 21(6), pp.1412-1424.
- [4] Wiggers, K.L., Britto Jr, A.S., Heutte, L., Koerich, A.L. and Oliveira, L.S., 2019. "Image Retrieval and Pattern Spotting using Siamese Neural Network." arXiv preprint arXiv:1906.09513.
- [5] Jose, A., Yan, S. and Heisterklau, I., 2017, September. "Binary hashing using siamese neural networks." In 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (pp. 2916-2920). IEEE.
- [6] [https://keras.io/examples/mnist\\_siamese/](https://keras.io/examples/mnist_siamese/) (приступљено 13.8.2019.)
- [7] Hadsell, Raia, Sumit Chopra, and Yann LeCun. "Dimensionality reduction by learning an invariant mapping." In 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06), vol. 2, pp. 1735-1742. IEEE, 2006.
- [8] <https://lutzroeder.github.io/netron/> (приступљено 9.1.2020.)

## Кратка биографија:



**Никола Стојановић** рођен је 3.10.1995. године у Сомбору. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Рачунарства и аутоматике – Интелигентни системи одбранио је 2020. год. Контакт: [stojanovicn129@gmail.com](mailto:stojanovicn129@gmail.com)



**DECENTRALIZOVANO I CENTRALIZOVANO RJEŠENJE ZA LOKACIJU I  
IZOLACIJU KVARA I RESTAURACIJU NAPAJANJA U PAMETNIM MREŽAMA**  
**DECENTRALIZED AND CENTRALIZED SOLUTION FOR FAULT LOCATION,  
ISOLATION AND SUPPLY RESTORATION IN SMART GRID**

Sara Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratka sadržaj** – U ovom radu, predstavljeno je rješenje koja igra bitnu ulogu u poboljšanju pouzdanosti i povećanju kvaliteta i kontinuiteta napajanja potrošača električnom energijom – FLISR (eng. Fault Location, Isolation and Supply Restoration). FLISR ima zadatak da brzo locira i izoluje mjesto kvara i restaurira napajanje „zdravom“ dijelu mreže. Zbog toga, istraživanja o mogućim FLISR rješenjima dolaze u prvi plan u elektroenergetskim sistemima. Glavni fokus rada je na komparativnoj analizi FLISR rješenja u različitim arhitekturama, centralizovanim i decentralizovanim.

**Ključne reči:** pametna mreža, automatizacija, lokacija kvara, izolacija kvara, restauracija napajanja, (de)centralizovana arhitektura.

**Abstract** – This paper presents solution that has an important role in improving network reliability and increasing quality and continuity of power supply to customers – FLISR (Fault Location, Isolation and Supply Restoration). FLISR provides fast fault location, isolation and supply restoration for „healthy“ part of network. Thus, the research on FLISR solutions is coming at the forefront of interest in power systems. The main focus of the paper is on the comparative analysis of FLISR solutions in different architectures, centralized and decentralized.

**Keywords:** smart grid, distribution automation, fault location, fault isolation, supply restoration, (de)centralized architecture

## 1. UVOD

U današnjem svijetu potrebe potrošača za električnom energijom su sve veće i raznovrsnije, jer gotovo sve ljudske djelatnosti zavise od napajanja istom. Istovremeno, rastu i potrebe za njenom kvalitetnijom, sigurnijom i pouzdanijom isporukom. Međutim, u većini zemalja sve veća potražnja za energijom znači još veće opterećenje ionako prenapregnute, stare i krhke elektroenergetske infrastrukture [1].

Potencijalne posljedice kvarova u mreži nikada nisu bile veće, jer gotovo sve infrastrukture zavise od sigurnih i pouzdanih isporuka električne energije. Zbog toga,

## NAPOMENA:

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Duško Bekut, red. prof.**

tradicionalni elektroenergetski sistem (EES) postepeno evoluirao ka pametnoj mreži. Dio EES kojim se električna energija preuzima sa prenosnih mreža i distribuira potrošačima predstavlja distributivnu mrežu (DM). Udio DM u broju kvarova je oko 80%, pri čemu se najveći broj kvarova događa na srednjenaponskim (SN) fiderima (20(10) kV). Pojava kvara u DM može izazvati velike štete na elementima EES ili ugroziti bezbjednost ljudi koji se nalaze njegovoj blizini. Pored toga, uvođenjem deregulacije tržišta i tržišnih mehanizama, regulatorno tijelo nagrađuje distributivnu kompaniju kada unapređuje kontinuitet isporuke električne energije, a kažnjava kada ne ispunjava minimalnu zahtijevanu pouzdanost.

Da bi efekti pojave kvarova u DM bili svedeni na minimum, nameće se potreba brze detekcije, lokacije i izolacije dionice u kvaru, a zatim i restauracije napajanja potrošačima koji nisu direktno pogođeni kvarom. Skup funkcija koje se koriste u tu svrhu predstavljaju jedinstveno rješenje FLISR. FLISR zahtijeva različite sisteme za automatizaciju DM, centralizovane ili decentralizovane, kako bi postigao optimalna rješenja.

U zavisnosti od toga, FLISR rješenja se realizuju kao centralizovana ili decentralizovana.

U potpuno centralizovanim FLISR rješenjima, osnovna logika je smještena u SCADA/DMS sistemu koji je lociran u kontrolnom centru. Nasuprot njima, decentralizovana FLISR rješenja koriste inteligentne elektronske uređaje, raspoređene duž fidera, za upravljanje prekidačima distribuiranim po čvorovima fidera. Dakle, osnovna logika je smještena unutar same stanice. U radu su u drugom delu date teorijske osnove za ove pristupke, u trećem sistemu za automatizaciju, dok su u četvrtom i petom dati decentralizovani i centralizovani pristup. Šesti deo je posvećen komparativnoj analizi. Poslednja dva dela rada su zaključak i literatura.

## 2. TEORIJSKA OSNOVA

EES je tehnički sistem u okviru kog se izvode sve elektroenergetske transformacije iz ili u električnu energiju, njen prenos, distribucija i neposredna potrošnja [2].

Da bi se unaprijedio kontinuitet i kvalitet napajanja potrošača električnom energijom pojavio se koncept EES sljedeće generacije, odnosno tzv. pametna mreža. Pametna mreža je moderna elektroenergetska mreža koja pruža poboljšanu efikasnost, pouzdanost i sigurnost, uz integraciju obnovljivih i alternativnih izvora energije, kroz automatizovanu kontrolu i moderne komunikacione tehnologije [3].



Prekidi u napajanju električnom energijom imaju negativan uticaj na kvalitet života, te imaju značajne direktne ili indirektno ekonomske posljedice. DM su posebno podložne kvarovima, pa je zbog toga potrebno posvetiti posebnu pažnju analizi i smanjivanju efekata kvarova u njima. Kako bi se unaprijedio kontinuitet isporuke električne energije, distributivno preduzeće prilikom planiranja DM treba da sagleda sljedeće tri opcije:

1. Povećanje pouzdanosti pojedinih elemenata – ostvaruje se primjenom kvalitetnijih elemenata i unapređivanjem sistema održavanja.
2. Skraćenje trajanja otkaza – obezbjeđuje se skraćanjem trajanja postupka za lokaciju i izolaciju dijela mreže u kvaru i restauraciju napajanja, kao i skraćanjem trajanja popravke elementa u kvaru.
3. Smanjenje broja potrošača pogođenih kvarom – postiže se boljim planiranjem i konfiguracijom mreže.

### 3. SISTEMI ZA AUTOMATIZACIJU

Sistemi za automatizaciju imaju ključnu ulogu u unapređivanju kontinuiteta napajanja potrošača električnom energijom. U zavisnosti od primijenjene arhitekture u DM, centralizovane ili decentralizovane, različiti sistemi za automatizaciju se koriste.

#### 3.1. Centralizovani sistemi za automatizaciju

U centralizovanim sistemima za automatizaciju se koriste složeni softverski alati za upravljanje, kontrolu i optimizaciju putem sistema za nadzor i prikupljanje podataka u realnom vremenu (eng. *Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA*) i sistema za upravljanje DM (eng. *Distribution Management System – DMS*). Sistem za automatizaciju, pored njih, čine daljinski kontrolisani i upravljani rasklopni uređaji i uređaji za detekciju i snimanje struje kvara.

**Rasklopni uređaj** – termin za opremu koja se koristi za prekidanje i uspostavljanje strujnog kola u normalnim radnim režimima ili u uslovima kvara. Rasklopni uređaji koji imaju značajnu ulogu u poboljšanju pouzdanosti su: prekidač, reklozer i rastavljač.

**Uređaji za detekciju i snimanje struje kvara** – imaju za cilj ubrzanje postupka traženja mjesta kvara. U ovu grupu spadaju sljedeći uređaji: indikatori prolaska struje kvara, digitalni snimači kvara i mikroprocesorski releji.

**DMS** sistem je izgrađen na konceptu rješenja pametne mreže [4]. Velika količina podataka i informacija koje prikuplja DMS, pruža mogućnost za pokretanje velikog broja naprednih analitičkih funkcija, od kojih je jedna upravo FLISR.

**SCADA** je važna komponenta sistema za automatizaciju, koja na osnovu prikupljenih podataka sa uređaja u DM vrši upravljanje istim. Upravljanje može biti inicirano ručno od strane dispečera u centru upravljanja ili automatski od strane sistema koji prati stanje u DM.

#### 3.2. Decentralizovani sistemi za automatizaciju

U decentralizovanim sistemima nadgledanje, kontrola i upravljanje se vrši na lokalnom nivou, na nivou jedne stanice. U ovakvom pristupu DM je opremljena inteligentnim elektronskim uređajima (eng. *Intelligent Electronic Device – IED*) i prekidačima duž SN fidera.

Svaki IED uređaj potrebno je pridružiti odgovarajući prekidač, kojim će vršiti upravljanje na lokalnom nivou, za potrebe izolacije kvara i restauracije napajanja. IED uređaji su konektovani na LAN (eng. *Local Area Network*) mrežu i preko nje komuniciraju međusobno.

Standard namijenjen za automatizaciju podstanica distributivnih mreža, pomoću savremenih IED uređaja i skupa komunikacionih protokola, je IEC 61850. IED uređaj, koji je izvor informacija, objavljuje događaj i bilo koji drugi uređaj kome su informacije potrebne može da ih primi pretplatom na njega. Takav brz prenos informacija o događajima na više različitih uređaja ostvaruje se GOOSE (eng. *Generic Object Oriented Substation Event*) porukom.

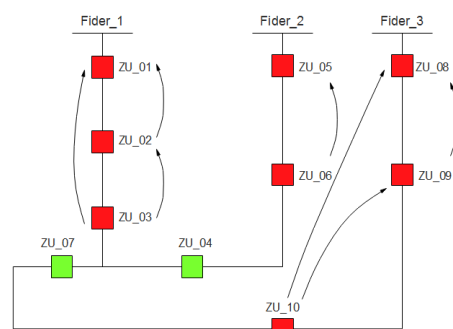
Decentralizovani sistem za automatizaciju podrazumijeva komunikaciju IED uređaja u sklopu jedne logičke grupe. Odgovarajuća konfiguracija između uređaja treba da bude podešena kako bi mogli da odluče šta da urade sa dobijenom informacijom. Ukoliko je neophodna reakcija na emitovanu poruku, moraju biti konfigurisani tako da izvrši očekivane akcije. Adekvatna konfiguracija podrazumijeva dodjelu određenih signala svim uređajima u logičkoj grupi. Konfiguraciju je potrebno ažurirati pri svakoj topološkoj promjeni, manuelno, kako bi zaštitna šema radila ispravno u uslovima kvara.

### 4. DECENTRALIZOVANO FLISR RJEŠENJE

Decentralizovano FLISR rješenje ostvareno je korišćenjem logičke selektivnosti zaštite, koja se zasniva na principima objašnjenim u poglavlju 3.2. Logička selektivnost se odnosi na automatsku detekciju, lokaciju i izolaciju kvara i restauraciju napajanja u DM, gdje je inteligencija implementirana u samoj stanici. Na osnovu podešene konfiguracije između IED (u daljem tekstu zaštitnih) uređaja, svaki od njih će „znati“ šta treba da radi u uslovima kvara. U svrhu konfiguracije koristi se diskretni signal – virtuelni ulaz (VU). Svaki uređaj unutar logičke grupe će imati onoliko signala koliko uređaja i različitih akcija u grupi ima. Akcije podrazumijevaju pravila blokiranja, izolovanja i automatske restauracije, koja će obezbijediti maksimalnu selektivnost u DM.

#### 4.1. Pravilo blokiranja

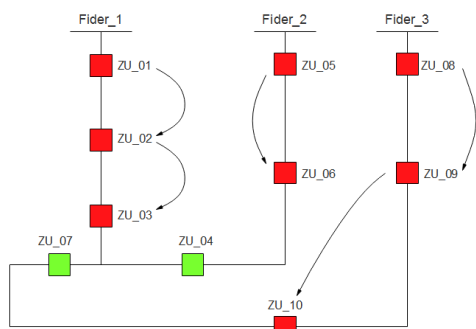
Logikom blokiranja omogućeno je da reaguje zaštitni uređaj najbliži kvaru. Pravilo blokiranja glasi: svaki uređaj u logičkoj grupi može blokirati sve uređaje koji se nalaze iza njega (prema izvoru napajanja). Na slici 1. data je konfiguracija između zaštitnih uređaja, sa aspekta akcije blokiranja.



Slika 1. Konfiguracija blokiranja

## 4.2. Pravilo izolacije

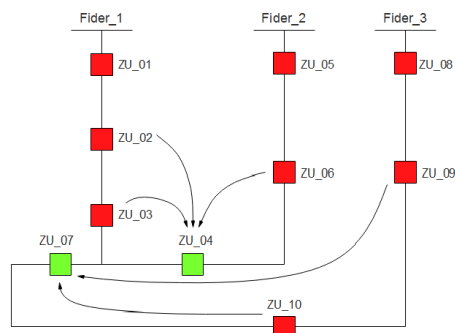
Logika kojom se postiže izolacija kvara od svakog potencijalnog izvora napajanja. Pravilo izolovanja glasi: svaki uređaj u logičkoj grupi može izolovati (otvoriti) prvi uređaj koji se nalazi ispod njega na putanji kvara. Na slici 2. data je konfiguracija između zaštitnih uređaja, sa aspekta akcije izolovanja.



Slika 2. Konfiguracija izolovanja

## 4.3. Pravilo automatske restauracije

Pošto izolacija kvara ostavi dio potrošača bez napajanja, povratak napajanja može biti ostvaren putem susjednih fidera (ukoliko postoji normalno otvoreni prekidač između fidera). Pravilo automatske restauracije glasi: svaki uređaj koji je prethodno dobio signal za izolaciju kvara ima mogućnost da pošalje signal za zatvaranje prvog uređaja koji se nalazi nizvodno od njega i koji predstavlja normalno otvoreni prekidač između fidera. Ukoliko postoji više susjednih fidera sa normalno otvorenim rastavljačima na svojim krajevima, zatvoren će biti onaj koji ima veću strujnu rezervu. Ukoliko ne postoji dovoljna rezerva na susjednim fiderima, signal za automatsku restauraciju neće biti poslat nijednom normalno otvorenom prekidaču. Na slici 3. data je konfiguracija između zaštitnih uređaja, sa aspekta akcije automatske restauracije.



Slika 3. Konfiguracija automatske restauracije

## 5. CENTRALIZOVANO FLISR RJEŠENJE

U današnjim DMS sistemima skup funkcija za lokaciju i izolaciju kvara, kao i restauraciju napajanja čini jedinstvenu aplikaciju FLISR. Nakon detekcije kvara pristupa se procesu lokacije kvara. Informacije sa mjernih uređaja, najčešće sa relejne zaštite ili indikatora kvara, prosljeđuju se direktno u DMS, koji na osnovu tih podataka može da odredi lokaciju kvara. Upravljanje rasklopnom opremom može da bude manualno, poluautomatsko i potpuno automatsko. U ovom radu razmatra se automatski režim rada FLISR aplikacije.

automatskom upravljanju, sve faze procesa lokacije, izolacije i restauracije odvijaju se automatski, bez učešća dispečera, pa je beznaponska pauza svedena na minimum.

### 5.1. Lokacija kvara

Cilj je odrediti najmanji mogući dio fidera koji sadrži sekciju sa kvarom. Lokacija kvara je prva akcija koju je potrebno izvršiti u sklopu upravljanja kvarovima. Sljedeće metode se koriste za lokaciju kvara u okviru automatskog FLISR režima:

- Metoda indikatora kvara.
- Strujna metoda.
- Impedantna metoda.

### 5.2. Izolacija kvara

Funkcija je namijenjena za izolaciju elementa pogođenog kvarom. Ulaz u funkciju za izolaciju kvara je rezultat funkcije za lokaciju kvara. Kao rezultat pokretanja funkcije za izolaciju kvara dobija se lista prekidačkih operacija za izolaciju dijela fidera na kome se desio kvar. Upravljačka sekvenca sadrži samo daljinski kontrolisane prekidačke uređaje.

### 5.3. Restauracija napajanja

Restauracija napajanja je funkcija koja se koristi za određivanje optimalnog plana manipulacija prekidačkom opremom za obnavljanje napajanja na dijelu fidera koji je ostao bez napajanja nakon izolacije kvara. Funkcija kao rješenje daje prijedlog svih varijanti alternativnog napajanja. Varijante alternativnog napajanja se rangiraju u skladu sa korisnički specificiranim kriterijumom. Funkcija kao rezultat daje listu prekidačkih operacija, potrebnih za restauraciju, koje se automatski izvršavaju.

## 6. KOMPARATIVNA ANALIZA IZLOŽENIH FLISR RJEŠENJA

Komparativna analiza, decentralizovanog FLISR (u daljem tekstu D-FLISR) rješenja i centralizovanog FLISR (u daljem tekstu C-FLISR) rješenja, spram opreme, signala, podataka i proračuna potrebnih za realizaciju oba rješenja i vremena djelovanja, data je u ovoj glavi. Na kraju su izložene prednosti i nedostaci oba rješenja.

### Oprema potrebna za realizaciju rješenja

- Opremu u sklopu D-FLISR rješenja čine samo prekidači i zaštitni uređaji (releji). Operacije poput mijenjanja statusa rasklopne opreme se izvršavaju lokalno na nivou jedne logičke grupe. Dakle, oprema ne mora biti daljinski upravljiva.
- Automatski FLISR za lokaciju kvara koristi indikatore kvara, digitalne snimače kvara ili mikroprocesorske releji. Dok za izolaciju i restauraciju može koristiti sljedeću opremu: prekidač, reklozer, sekcionalizer, rastavljač snage, osigurač ili rastavljač. U automatskom režimu potrebno je da sva oprema bude daljinski upravljiva.

### Skup potrebnih signala

- Logika na osnovu koje zaštitni uređaji u jednoj logičkoj grupi, u D-FLISR rješenju, „znaju“ šta da rade bazira se na signalima koje oni između sebe razmjenjuju. Tri različita signala opisuju ponašanje koje se očekuje od zaštitnog uređaja koji ih prima, to su: signal za blokiranje (BL), signal za izolovanje (IZ) i signal za

automatsko restauriranje napajanja (AR). Njima nije potrebno ništa drugo, oni „znaju“ šta treba da urade u zavisnosti od signala koji prime.

- Za C–FLISR rješenje potrebno je sakupiti aktuelne statuse indikatora kvara koji pripadaju fideru afektovanom kvarom. Vrijednost signala na indikatoru kvara (IK\_Status) može biti aktivan (On) ili neaktivan (Off). Sa mjernih jedinica čitaju se dva tipa analognih i dva tipa digitalnih signala. Analogni signali predstavljaju naponska i strujna mjerenja u sve tri faze (Napon\_Amplituda, Napon\_Ugao, Struja\_Amplituda, Struja\_Ugao). Digitalni tipovi signala su tip kvara (tipKvara) i faze pogođene kvarom (fazeKvara).

#### Skup potrebnih podataka za donošenje odluka

- D–FLISR rješenje svoju logiku sprovodi u zavisnosti od trenutne topologije mreže. Dakle, rješenje se bazira na topologiji i potkovano je određenim pravilima, na osnovu kojih se ručno podešava određena konfiguracija. Stoga, nisu potrebne nikakve metode i proračuni u svrhe, lokacije i izolacije kvara i restauracije napajanja.
- U zavisnosti od primijenjene metode za lokaciju kvara, C–FLISR zahtijeva različite ulazne podatke. Za svaku metodu potreban je identifikator zaštitne opreme i model konektivnosti mreže. Metoda indikatora kvara zahtijeva očitane statuse indikatora kvara, dok strujna i impedantna metoda zahtijevaju vrijednosti mjerenja struje i napona kvara prikupljenih sa mjernih uređaja. Ulazni podatak u funkciju za izolaciju kvara je lista sekcija koje su pogođene kvarom, dok je ulaz u funkciju za restauraciju rezultat funkcije za izolaciju kvara. Kada se radi restauracija napajanja, FLISR algoritam traži najbolje varijante za restauraciju i rangira ih prema nekom unaprijed specificiranom kriterijumu. Sve informacije potrebne za proračun u automatskom režimu su primljene putem SCADA sistema.

#### Vrijeme djelovanja

- Mijenjanje konfiguracije nema veze sa pojavom kvarom, već se vrši svaki put kada se promijeni topologija mreže kako bi se uvažila nova konektivnost. Kada se kvar desi, tada je logika već pripremljena i svaki zaštitni uređaj u grupi „zna“ šta treba da radi. Očekivano vrijeme za koje se odrade detekcija, lokacija, izolacija i restauracija je ~10s.
- Vrijeme izvršavanja automatskog C–FLISR rješenja zavisi od primijenjene metode za lokaciju kvara i opremljenosti fidera daljinski upravljivom opremom. „Metoda indikatora kvara“ daje najbrže vrijeme izvršavanja ukoliko je fider opremljen velikim brojem indikatora kvara jer je bazirana uglavnom na topološkim pretragama. Ukoliko na fideru ne postoji dovoljan broj indikatora kvara koristi se „Strujna metoda“, koja daje tačnije rezultate za kvarove na početku fidera ili „Impedantna metoda“, čiji su rezultati validniji ukoliko se kvar desio u dubini mreže. Očekivano vrijeme djelovanja je ~1min.

#### Prednosti i nedostaci oba rješenja

- Prednost C–FLISR rješenja je u tome što centralni sistem ne zavisi od konfiguracije fidera. Kada dobije neophodne informacije za proračun, on uvijek „zna“ da locira kvar, pošalje odgovarajuću komandu za izolaciju kvara i nađe najbolju varijantu za restauraciju napajanja.

Osnovna mana jeste da svaki uređaj mora komunicirati sa centralnim sistemom direktno. Takođe, zahtijeva veliki skup podataka i proračune za donošenje odluka. Ovaj pristup je i dalje dominantan u savremenim DM.

- D–FLISR rješenje, zasnovano na logičkoj selektivnosti zaštite je jednostavno, ali zavisno od konfiguracije samog fidera. Da bi opisana logika radila, takva konfiguracija mora da se ugradi u svaki dio mreže. To je prilično skupo, tako da se biraju samo fideri u urbanim predjelima sa kojih se napajaju „bitni“ potrošači. Osnovna mana ovakvog pristupa je da svaki put kada se fider rekonfiguriše i sama logička šema mora biti rekonfigurisana, manuelno, kako bi logika ispravno radila kada se dogodi kvar u mreži. Osnovna prednost je u tome što mu nije potreban veliki skup podataka, kao ni proračuni za donošenje odluka. Komunikacija između uređaja na nivou stanice je mnogo brža, što čini ovo rješenje dosta efikasnijim. U posljednjih 10 godina postoji značajan trend porasta implementacije D–FLISR rješenja.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu dat je opis i komparativna analiza decentralizovanog i centralizovanog FLISR rješenja. Izbor pravog i jedinog rješenja nije moguć, jer oba pristupa imaju svoje prednosti i mane. Dok decentralizovani FLISR vrši bržu restauraciju napajanja i počiva na jednostavnim pravilima koja se poštuju unutar jedne logičke grupe, centralizovani FLISR nudi uvid u cijeli sistem koji treba da restauriše, dajući tako najoptimalnije rješenje.

Oba pristupa zahtijevaju visoki stepen testiranja u cilju sticanja povjerenja ljudi u njihovu tačnost. Dalji razvoj i implementacija oba rješenja je neminovan, s obzirom na to da FLISR postaje jedna od najatraktivnijih aplikacija u savremenim distributivnim sistemima.

## 7. LITERATURA

- [1] Vehbi C. Gungor, Bin Lu, Gerhard P. Hancke, *Opportunities and Challenges of Wireless Sensor Networks in Smart Grid*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 57, no. 10, 2010.
- [2] Vladimir C. Strezoski, *Osnovi elektroenergetike*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2019.
- [3] Patrick McDaniel, Stephen McLaughlin, *Security and Privacy Challenges in the Smart Grid*, IEEE Security&Privacy vol. 7, no. 3, pp. 75 – 77, 2009.
- [4] Nenad Katić, *Menadžment sistemi u elektroenergetici – DMS*, materijal sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2019.

### Kratka biografija:



**Sara Tomić** rođena je u Vlasenici 1995. god. Osnovne studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2018. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva, smjer Elektroenergetski sistemi. Master rad na istom fakultetu smjer Elektroenergetika – Elektroenergetski sistemi odbranila je 2020. godine.

Kontakt: sara.tomic95@gmail.com



**ДИСТРИБУИРАНИ СОФТВЕРСКИ СИСТЕМ ЗА НАДГЛЕДАЊЕ ПЕРФОРМАНСИ  
JAVA АПЛИКАЦИЈА****DISTRIBUTED SOFTWARE SYSTEM FOR PERFORMANCE MONITORING OF JAVA  
APPLICATIONS**

Страхиња Станивук, Милан Видаковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај:** Овај рад обухвата спецификацију и развој вишеклијентског дистрибуираног система за надгледање перформанси јава апликација. Преузимање метрика перформанси је имплементирано уз ослонац на јавино проширење за управљање (JMX). У систем су интегрисана два софтверска решења отвореног кода, Prometheus, за складиштење метрика, и Grafana, за њихову визуализацију. Додатно, систем обезбеђује алармирање корисника у случају прекорачења граничних вредности метрика. Спецификација је представљена UML дијаграмима.

**Abstract:** This paper covers the specification and development of a multi-tenant distributed system for performance monitoring of java applications. Fetching of performance metrics is implemented with reliance on Java Management Extension (JMX). Two open source software solutions are integrated into the system, Prometheus, as metric storage, and Grafana, for metric visualization. In addition, the system provides user alerts in case of exceeding the metric threshold values. The specification is represented by UML diagrams.

**Кључне речи:** JMX, Performance, Java, Microservice, Prometheus, Grafana, Multi-tenant, Alerting.

**1. УВОД**

Изузетно важан сегмент у животном циклусу софтверског решења, током развоја, а нарочито током употребе и одржавања, чини надгледање перформанси система. Исправна употреба и квалитет система за надгледање перформанси за компанију може значити разлику између успеха и пропасти. Овај рад ће се фокусирати на надгледање перформанси апликација писаних у Јава програмском језику, уз ослонац на Јава виртуелну машину, JVM (енгл. *Java Virtual Machine*).

Јавина виртуелна машина нам посредством проширења за управљање, JMX (енгл. *Java Management Extension*), омогућава приступ метрикама надгледане апликације, а и измену извршног кода [1].

Као инспирација за развој система описаног у овом раду послужила је десктоп апликација *JConsole* која имплементира JMX апликациони програмски интерфејс, API (енгл. *Application programming interface*) [2].

**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био проф. др Милан Видаковић.

**2. ОПИС СИСТЕМА**

Дистрибуирани систем за надгледање перформанси јава апликација чини више слабо повезаних компоненти које, узајамним радом, теже ка остваривању заједничког циља, а то је приказ тренутног и историјског стања у којем се апликација, или више њих, налазе.

Систем је дизајниран да подржи вишеклијентски (енгл. *multi-tenant*) режим рада. У оваквим софтверским решењима, сви клијенти користе исту инстанцу апликације, док се изолација постиже на нивоу података. Описани систем би клијентима био пружен по моделу “Софтвер као услуга”, SaaS (енгл. *Software as a Service*), који је један од три основна типа рачунарства у облаку (енгл. *Cloud computing*). Овај модел омогућава брзу интеграцију у постојећи софтверски екосистем клијента, ниске иницијалне трошкове и приступ подацима са било ког уређаја који има приступ интернету.

Компоненте система су:

- Јава апликација за преузимање метрика
- База података за смештање метрика
- Веб апликација за визуализацију метрика

**3. КОРИШЋЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ****Java Management Extension**

Јавино проширење за управљање (JMX) пружа могућност управљања и надгледања апликација, уређаја па и саме јава виртуелне машине, локално или на даљину. Овај алат се повезује на ресурсе за време њиховог извршавања и у стању је да измени извршни код. Без обзира на коришћени протокол, ове компоненте пружају исти интерфејс за управљање, захваљујући чему је омогућено транспарентно управљање ресурсима. Омогућава лако конфигурабилну, скалабилну и поуздану инфраструктуру, при чему је инструментација потпуно независна од имплементације надгледаних ресурса.

Архитектура јавиног проширења за управљање се састоји из три нивоа. Ниво инструментације дефинише поставку ресурса како би им апликације за управљање могле приступити и надгледати их. За инструментацију користимо јава објекте под називом *Managed Beans*, или краће *MBeans*. Они се региструју у *MBean* серверу, који се понаша као управљачки агент на надгледаној апликацији, и који припада другом, агент нивоу. Компонента која је посебно

занимљива је *JMX Connector* који омогућава приступ поменутом агенту са удаљене апликације. Она се налази на нивоу дистрибуираних сервиса који одређује комуникацију између апликација за управљање и *JMX* агената [3].

### Prometheus

Потреба за надгледањем многобројних микросервиса у оквиру једне апликације била је мотив за стварање овог софтверског решења.

Захваљујући имплементационој подршци за велики број извозника (енгл. *exporters*) Prometheus је један од водећих софтверских система за мониторинг. Извозници омогућавају једноставно ишчитавање и прослеђивање метрика надгледаних ресурса, биле то базе података, системи за управљање порукама или пак апликације развијене у различитим програмским језицима [4].

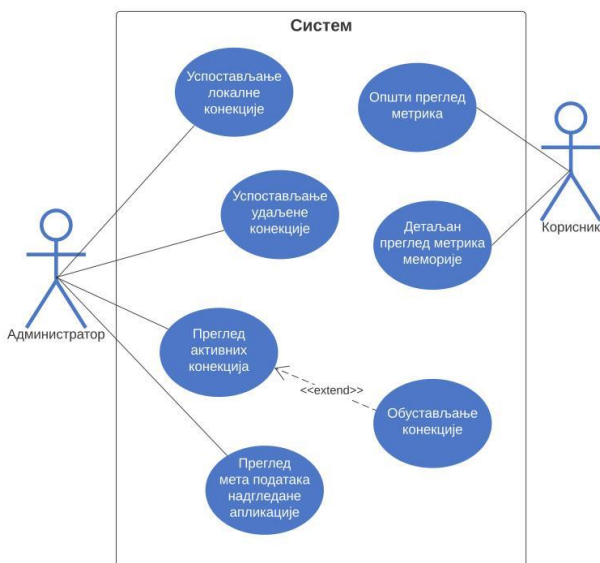
### Grafana

*Grafana* је алат који олакшава проучавање, анализу и надгледање података кроз одређени временски период, а све то помоћу подесивих контролних табли. Она омогућава повезивање са великим бројем извора података а за сваки од њих обезбеђен је прилагођен упит за претрагу као и специфична синтакса, међу њима су *Graphite*, *Prometheus*, *Influx DB*, *MySQL* и многи други. Помоћу овог алата омогућава се праћење првенствено стања апликације а потом и понашања корисника [5].

## 4. СПЕЦИФИКАЦИЈА АПЛИКАЦИЈЕ

Израда система за надгледање перформанси обухвата имплементацију апликације за мониторинг метрика, назване *Tracer*, као и конфигурацију два софтверска решења отвореног кода *Prometheus* и *Grafana*. У сврхе демонстрације израђена је и тест апликација (у даљем тексту надгледана апликација или *Monitored App*) која ће симулирати заузеће меморије и процесора, а чије метрике ће *Tracer* надгледати.

Дијаграмом случајева коришћења, датом на слици 1, представљени су корисници система и активности којима они имају приступ.



Слика 1 - Дијаграм случајева коришћења

Администратор система има могућност успостављања локалне и удаљене конекције ка надгледаној апликацији. Такође, постоји опција излиставања и обуставања активних конекција.

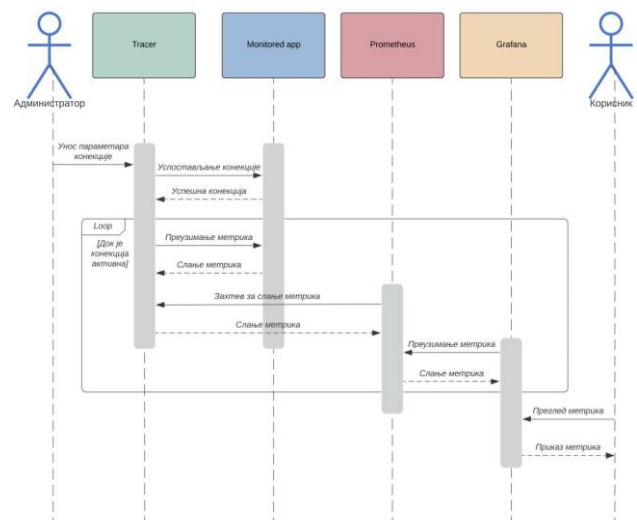
Администратор исто тако има опцију да добава мета податке оперативног система и јава виртуелне машине надгледане апликације. Корисник система има могућност прегледа метрика надгледаних апликација у реалном времену или у интервалу из прошлости.

Дијаграм секвенце приказан на слици 2, даје нам увид у хронолошки редослед операција обухваћених процесом успостављања удаљене конекције и прегледом метрика надгледане апликације.

У првом кораку администратор успоставља конекцију са надгледаном апликацијом. Затим започиње кружни процес у којем *Tracer* преузима метрике од надгледане апликације, потом их шаље ка *Prometheus*-у, да би коначно оне стигле на *Grafana*-у.

Овај процес се понавља у одређеном временском интервалу од 1000ms све док је конекција између *Tracer*-а и надгледане апликације активна.

У последњем кораку корисник путем веб апликације прегледа метрике које се ажурирају у реалном времену.



Слика 2 - Дијаграм секвенце

Дијаграмом класа, који је приказан на слици 3, дат је детаљан увид у организацију и интеракције између класа компоненте система *Tracer*.

Централно место заузимају класа *JMXConnectorService* која је задужена за успостављање конекције са надгледаном апликацијом и *ConnectionPool* класа која води рачуна о активним конекцијама.

Конекција је представљена *ReadMetricScheduledTask* класом која периодично преузима метрике надгледане апликације.





Визуализација метрика обавља се преко две контролне табле: општи преглед метрика сервиса и детаљан преглед метрика меморије. Графикони на првој табли (слика 5) су подешени тако да приказују заузеће процесорске јединице, укупно заузеће меморије, број учитаних класа и активних нити, време активности надгледане апликације и број процесорских језгара.



Слика 5 - Контролна табла са општим метрикама

Графикони на табли са детаљима меморије (слика 6) дају нам увид у заузеће Heap и Non-Heap меморијских простора. Део меморије под називом Heap је одговоран за смештање свих објеката креираних од стране покренутог процеса. Меморијски простор Heap је физички подељен на два дела, такозване генерације, младу (енгл. *young generation*) и стару (енгл. *old generation*). Млада генерација се састоји из два сегмента, *Eden* и *Survivor*, овај простор је резервисан за нове објекте.



Слика 6 - Контролна табла са метрикама меморије

## 6. ЗАКЉУЧАК

Овим радом представљен је вишеклијентски, дистрибуиран и робустан систем који, ослањајући се на могућности JMX технологије и путем богатог графичког интерфејса, пружа увид у перформансе надгледаних апликација. Додатно, систем обезбеђује алармирање у случају прекорачења граничних вредности.

Описан софтверски систем је развијен у актуелним технологијама и прати индустријски стандард за излагање, транспорт и визуализацију метрика. Због своје модуларне архитектуре систем је погодан за даља проширења и усавршавања.

У систему су коришћени искључиво предефинисани *MBean* објекти који пружају информације о стању и заузећу физичких ресурса, којима надгледана апликација располаже. Наредни корак ка унапређењу би могао бити креирање прилагођених *MBean* објеката који би омогућили инспекцију специфичних метода или делова кода од интереса.

Овим би се отворио простор за надгледање четири златна сигнала, препознатих од стране инжењера Гугла. У питању су латенција или време потребно за обраду захтева, оптрећење тј. број захтева у јединици времена, стопа грешака са њиховим порукама и засићење, које је управо и представљено овим радом кроз приказ заузећа централне процесорске јединице, радне меморије и складишног простора.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Oracle Monitoring and Management Guide, <https://docs.oracle.com/en/java/javase/13/management/>
- [2] Using JConsole, <https://docs.oracle.com/en/java/javase/13/management/using-jconsole.html>
- [3] Architecture of the JMX Technology <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/jmx/overview/architecture.html>
- [4] Prometheus exporters and integrations <https://prometheus.io/docs/instrumenting/exporters/>
- [5] Grafana <https://grafana.com/>

### Кратка биографија:

**Страхиња Станивук**, рођен 14. XII 1992. у Бачкој Тополи, где завршава основну школу “Никола Тесла”. Средње образовање стиче у електротехничкој школи “Михајло Пупин” у Новом Саду 2011. године када уписује основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Рачунарство и аутоматика. Мастер студије на истом факултету наставља на модулу Електронско пословање, 2016. године. Упоредо са мастер студијама бави се радом у привреди, са посебним интересовањем за развој високоперформантних пословних софтверских система.

**Милан Видаковић** је рођен у Новом Саду 1971. године. На Факултету техничких наука у Новом Саду завршио је докторске студије 2003. године. На истом факултету је 2014. године изабран за редовног професора из области *Примењене рачунарске науке и информатика*.

## PRIMENA APIGEE PLATFORME ZA UPRAVLJANJE API-JEM APPLICATION OF APIGEE PLATFORM FOR API MANAGEMENT

Aleksandar Lupić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA

**Kratak sadržaj** – U ovom radu objašnjeni su osnovni koncepti API menadžmenta i komponente platforme Apigee za upravljanje aplikacionim programskim interfejsima. Prikazana je arhitektura platforme i REST principi na koje se ona oslanja. Predstavljene su najčešće korišćene polise za upravljanje zahtevima, kao i osnovni bezbednosni principi sa akcentom na OAuth framework. Opisani su koncepti deljenih tokova, keširanja i rukovanja greškama i kroz implementaciju rešenja prikazan je rad u okviru platforme za rešavanje problema u praksi.

**Ključne reči:** API menadžment, proksi, REST, polisa, bezbednost, OAuth.

**Abstract** – This paper explains the basic concepts of API management and core components of the Apigee API development platform. Platform architecture as well as REST principles it relies on are displayed. Most used policies for request management are presented, along with the fundamental security principles with OAuth framework covered in detail. Shared flows, caching and error handling concepts are described. In the end is demonstrated a solution of a real-life problem implemented on the platform.

**Keywords:** API management, proxy, REST, policy, security, OAuth.

### 1. UVOD

Pojam aplikacionog programskog interfejsa, u terminologiji poznatijeg po skraćenici API (*Application Programming Interface*) označava interfejs kojeg softverski program predstavlja ostalim programima na internetu u svrhu međusobne saradnje i prenosa podataka između aplikacija. API-ji su gradivni elementi koji zajedno omogućavaju interoperabilnost velikih veb-baziranih poslovnih platformi.

Olakšavaju rad poslovnim subjektima i omogućavaju komunikaciju između aplikacije i servera bez posredstva korisnika. Platforme za upravljanje API-jima jesu *API Management* platforme – alati koji predstavljaju proksi za zahteve korisnika, čija je uloga da štite *backend* servisa ili aplikacije od neželjenog ponašanja i zloupotreba, poput prevelikog broja pristiglih upita u kratkom vremenskom periodu ili neautorizovanog pristupa. Predmet ovog rada jeste *Google*-ova platforma *Apigee*, a kroz primere i implementaciju analizirane su njene funkcionalnosti, pravila i polise.

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branko Milosavljević, red. prof.

### 1.1. Osnovni koncepti APIGEE platforme

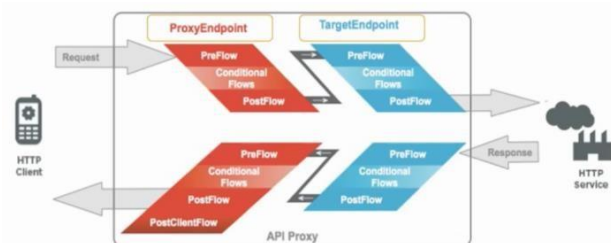
API platformu čine tri osnovne komponente specifičnih funkcionalnosti – *Apigee Edge*, *Apigee Sense* i *Apigee Monetization*. *Apigee Edge* čine servisni, razvojni i sloj za analitiku [1]. Osnovna komponenta u okviru servisnog sloja jeste *Gateway*, čija je uloga rutiranje zahteva od klijenta ka *backend*-u. Ostale komponente arhitekture sistema jesu korisnički interfejsi (UI) za administratore i razvojne portale, infrastrukturni servisi za podatke za analitiku i upravljački server koji skladišti konfiguraciju API-ja i vodi računa o upravljanju.

Komponente servisa međusobno komuniciraju u cilju izvršavanja funkcionalnosti. Ruter nadolazeće zahteve preusmerava *Message Processor*-u u okviru koga se izvršavaju polise.

*Management Server* je konfiguracioni fajl za sve API-je. Komponenta *cassandra* skladišti konfiguracije aplikacije, API ključeve i OAuth tokene, dok se u *zookeeper*-u čuvaju podaci o konfiguraciji servisa. U okviru servisa za analitiku nalaze se komponente *qpid* i *Postgres* server i *postgresql* baza podataka za upravljanje podacima o analitici.

*Developer Portal* i *mysql* baza podataka su unutar razvojnog sloja i služe za izlaganje API dokumentacije, registraciju eksternih programera i njihovih aplikacija. *Apigee* organizaciju čine programeri, aplikacije, API proizvodi i proksiji koje kreira API tim.

U okviru organizacije smeštaju se polise – koraci u proksi toku. Svaki proksi ima dva *endpoint*-a – *ProxyEndpoint* i *TargetEndpoint* i prikazani su na slici 1. Oni se sastoje od tokova (*flows*) i putanja. Postoje tri tipa tokova – *PreFlow*, jedan ili više *ConditionalFlow*-ova i *PostFlow*.



Slika 1. Proksi tokovi

Upotrebom REST (*Representational State Transfer*) principa pri pristupu i radu sa resursima, API-ji postaju razumljivi i jednostavni za korišćenje. Za upravljanje CRUD operacijama koriste se standardni HTTP glagoli – GET, POST, PUT i DELETE. Uz odgovor i *payload* vraća se odgovarajući status kod.

## 2. RAZVOJ PROKSI SERVERA

Kreiranje *OpenAPI* specifikacije najčešće je prvi korak razvoja proksija. U okviru specifikacije navode se resursi kojima je moguće pristupiti, definišu putanje, metode, format odgovora i status kodovi. Specifikaciju je moguće pisati u JSON ili YAML formatu. Pre implementacije polisa, potrebno je poznavati koncept uslova, koji omogućavaju restrikciju izvršavanja polisa. Njihov rezultat je *boolean* vrednost, pa se telo uslova izvršava ukoliko je njegova vrednost *true*. Pri pisanju uslova, veoma je česta upotreba šablona (*patterns*). Najčešće korišćeni šabloni su *Matches*, *JavaRegex* i *MatchesPath* [2]. Pravila rutiranja omogućavaju rutiranje zahteva ka različitim *Target Endpoint*-ima – jednom ili više njih. Jedna aplikacija na taj način može doći do informacija sa više različitih servera. Prvo pravilo rutiranja zove se *no-route*, gde sistem vraća podatke bez usmeravanja na *backend* server, a poslednje pravilo jeste podrazumevana (*default*) ruta, kada su sva prethodna pravila ruta bila neuspela. Podrazumevana ruta mora biti navedena poslednja.

### 2.1. Polise

U API menadžmentu, polise predstavljaju module koji izvršavaju određenu funkciju. Podesive su i zajedno čine tok. *Apigee Edge* uključuje preko 30 ugrađenih polisa za različite namene. Upotrebom ovih polisa konfiguriše se ponašanje API-ja. Polise se mogu implementirati na više mesta unutar proksija, u zavisnosti od njihove namene. Prema nameni, polise se grupišu u četiri kategorije – polise za kontrolu zahteva, polise za transformacije, bezbednosne polise i polise koje omogućavaju različita programska proširenja.

*Spike Arrest* polisa štiti *backend* API proksija od *denial of service* napada i sprečava slanje velikog broja zahteva u kratkom vremenskom periodu (*traffic spikes*). Unutar `<Rate>` taga, unosi se vrednost koja predstavlja broj zahteva u određenom vremenskom periodu (minute, sekunde). Opcioni tagovi su `<Identifier>` koji omogućava grupisanje zahteva da bi se polisa primenila u zavisnosti od klijenta, `<MessageWeight>` koji podešava težine za različite klijente i `<UseEffectiveCount>` *boolean* tipa koji, kada je vrednost *true*, distribuira brojač nadolazećih zahteva na preostale *Message Processor*-e. *Quota* polisa ograničava broj API poziva na određeni vremenski period. Može biti primenjena na sve učesnike u komunikaciji, ili samo na specifični API proizvod ili određenog korisnika. Poput *Spike Arrest*-a koristi se u okviru *PreFlow*-a. Upravlja jednim brojačem bez obzira na broj tokova na koje je primenjena. To znači da ukoliko je *Quota* polisa pod istim imenom ugrađena u više tokova, a dozvoljeni broj zahteva 5, brojač će uvećavati sve instance. Davanje različitih imena različitim instancama polise dovešće do odvojene kontrole protoka zahteva. Ukoliko korisnik u kraćem vremenskom periodu iskoristi odnosno dostigne propisani dozvoljeni broj poziva API-ja, moguće je „oduzeti“ mu određeni broj poziva za propisani period. To se postiže upotrebom *Reset Quota* polise. Po isteku perioda, korisnik ponovo na raspolaganju ima prvobitni, zadati broj zahteva u okviru *Quota* polise. Za unapređivanje performansi API-ja koristi se *Response Cache* polisa. Ova polisa kešira čitav HTTP odgovor sa *backend*-a. Koristi se kada se ne očekuju veće promene podataka u određenom periodu. Uglavnom se

koristi pri GET pozivima, pri preuzimanju podataka, i ugrađuje se u tokove zahteva i odgovora u API proksiju. Polise za transformacije služe za transformaciju zahteva i odgovora pri izvršavanju proksija. *JSON to XML* i *XML to JSON* su polise koje pretvaraju jedan format zapisa odgovora u drugi, koji zahteva korisnik. Nakon ove polise, koristi se *XSL Transform* polisa, koja omogućava primenu XSLT-a na povratnu vrednost u XML-u. *SOAP Message Validation* upotrebljava se za validaciju poruka u SOAP ili nekom drugom formatu. Validira XML na osnovu XSD šeme, SOAP na osnovu WSDL-a i proverava da li su XML i JSON dobro formirani. Najčešće korišćena polisa iz ove grupe jeste *Assign Message* (slika 2). Služi za kreiranje ili izmenu zahteva, odgovora i podešavanje promenljivih toka (*flow variables*), *header*-a, parametara upita, parametara formi i povratnih vrednosti.

```
<AssignMessage async="false" continueOnError="false"
enabled="true" name="Assign-Message-ClientID">
  <DisplayName>
    Assign-Message-ClientID
  </DisplayName>
  <Properties/>
  <Set>
    <Headers>
      <Header name="clientId">
        {client-id}
      </Header>
    </Headers>
  </Set>
  <AssignTo createNew="false"
    transport="http" type="request"/>
</AssignMessage>
```

Slika 2. *Assign Message* polisa

*Extract Variables* polisa podešava promenljive toka koje se koriste u kasnijem izvršavanju proksija. Polisa izdvaja podatke iz putanje, HTTP *header*-a, parametara forme i upita i JSON/XML povratnih vrednosti.

U situacijama kada ne postoji predefinisana polisa kojom je moguće postići željenu funkcionalnost, koriste se dodatne polise, odnosno *Apigee* proširenja.

Primer takve polise jeste *JavaScript Callout*. U okviru ove polise piše se JavaScript kod koji se izvršava u okviru konteksta API proksi toka. Pristupa promenljivama toka u zahtevu i odgovoru, a dozvoljava i kreiranje novih promenljivih. Kod mora biti unutar *try-catch* bloka, kako bi se sprečila pojava nepoznatih izuzetaka. Najčešće se koristi za rukovanje greškama, kriptografiju ili promenu *target* servera dinamički. Polisa *Service Callout* omogućava slanje zahteva na treće servise, poput Google API-ja ili drugih proksija u okviru *Apigee* platforme.

Preporučljivo je kreiranje ovih zahteva uz *Assign Message* polisu, a odgovor nad kojim će se vršiti određene aktivnosti treba preuzeti putem *Extract Variables* polise. Veoma slična prethodnoj polisi je *Flow Callout* polisa, sa razlikom da *Flow Callout* može slati zahteve samo deljenom toku. Deljeni tok mora postojati i mora biti postavljen u okviru iste organizacije i okruženja.

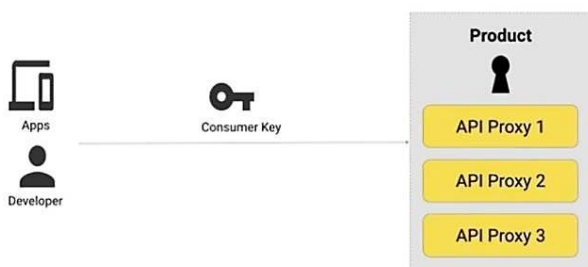
*Statistics Collector* polisa sakuplja statističke podatke u poruci, poput ID-ja proizvoda, REST akcije, *target* URL-a, dužine poruke i slično. Svi ovi podaci mogu biti smešteni u predefinisanim promenljivama toka ili korisnički definisanim promenljivama.

Za asinhrono logovanje, potrebno je uključiti ovu polisu u poslednji, *PostClientFlow* tok.



### 3. BEZBEDNOST

Bezbednosni principi spadaju u najvažnije koncepte razvoja i upravljanja aplikacionim programskim interfejsima. I najjednostavniji API-ji zaštićeni su nekom od bezbednosnih polisa, a u radu su detaljno obrađene one najčešće korišćene. *Basic Authentication* polisa enkodira korisničko ime i loznicu na osnovu Base64 šeme, kako bi se poslali sistemu u pozadini. Enkodirane informacije šalju se unutar HTTP *header*-a. Pri preuzimanju kredencijala, putem iste šeme vrši dekodiranje vrednosti iz *header*-a. Verifikaciju API ključeva vrši polisa *Verify API Key*. Da bi ova polisa vršila funkciju, potrebno je prethodno kreirati nekoliko komponenti unutar *Apigee* platforme – API proksi, *Apigee* proizvod, registrovanog *developer*-a i razvojnu aplikaciju. Platforma potom generiše *client ID* (*consumer key*) i *secret* (slika 3).



Slika 3. Bezbednosna komunikacija

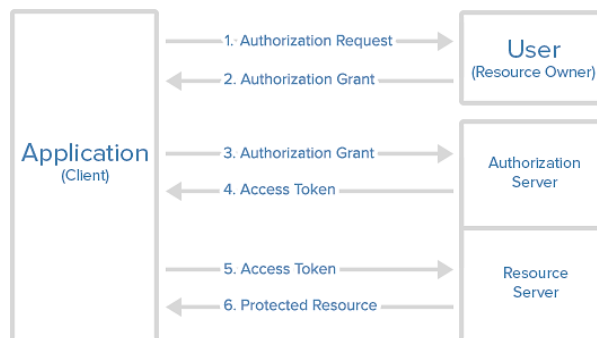
Maliciozni korisnik API-ja i podataka koji on pruža može poslati određeni sadržaj putem HTTP zahteva koji može imati negativan i destruktivan uticaj na servere u pozadini. Napadi poput *SQL Injection* i *JavaScript Injection* mogu dovesti do kompromitovanja ili uništenja velike količine podataka u bazi. Polisa *JSON Threat Protection* specificira ograničenja na različite JSON strukture, poput maksimalnog broja elemenata u nizu ili maksimalne dužine stringa. Ograničenja na XML strukture omogućava *XML Threat Protection* polisa.

Elementi ove polise upotrebljavaju se za različita limitiranja poput dubine i broj čvorova i atributa, ograničenja na dužinu imena, atributa, komentara, URI-ja itd. Od napada na HTTP *header*-e, parametre upita ili telo zahteva štiti polisa *Regular Expression Protection*. Ovom polisom specificiraju se regularni izrazi na osnovu kojih će se evaluirati poruka, što ima za cilj sprečavanje različitih tipova *injection* napada.

OAuth 2.0 autorizacioni *framework* omogućava trećoj aplikaciji limitirani pristup HTTP servisu na račun vlasnika zaštićenih resursa dozvoljavajući interakciju između vlasnika i servisa, ili dozvoljavajući aplikaciji pristup dobije sama [3]. Time se izbegava praksa da korisnik svoje kredencijale otkriva aplikaciji. Tok OAuth- a prikazan je na slici 4. U OAuth sistemu razlikujemo nekoliko uloga.

Vlasnik resursa (*Resource Owner*) ima pristup zaštićenom resursu. Server resursa (*Resource Server*) je zaštićeni server koji prihvata pristupne tokene (*Access Token*). Klijent (*Client*) je aplikacija koja pokušava da pristupi zaštićenom serveru resursa. Može biti mobilna ili klasična veb aplikacija. Aplikacija šalje zahtev zaštićenim resursima i od vlasnika tih resursa mora dobiti dozvolu za pristup.

Autorizacioni server (*Authorization Server*) izdaje pristupne tokene klijentima, nakon uspešne autentifikacije vlasnika resursa. Klijent se autentifikuje pomoću *client ID*-ja i *secret*-a.



Slika 4. OAuth dijagram toka

OAuth definiše 4 *grant* tipa. *Grant* tipovi su različiti načini interakcije na koje aplikacija može dobiti pristupni token. Izbor *grant* tipa vrši se u zavisnosti od potreba, zadataka i ciljeva koje je potrebno ispuniti. Svaki *grant* tip ima svoje prednosti i nedostatke, pa izbor treba vršiti pažljivo i u skladu sa zahtevima. Četiri *grant* tipa su *Client Credentials*, *Authorization Code*, *Resource Owner Password Credentials* i *Implicit grant* tip, i svaki od njih je detaljno objašnjen u radu.

### 4. DELJENI TOKOVI

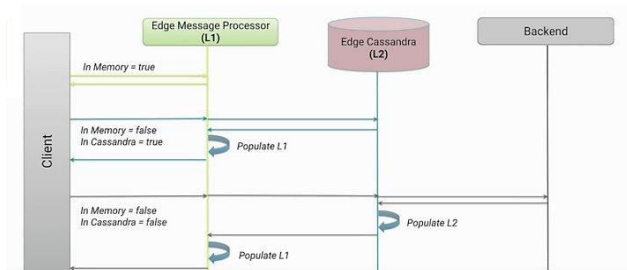
Koncept deljenog toka u *Apigee* API menadžmentu predstavlja kolekciju polisa koju je moguće primeniti na sve API proksije u okviru jedne organizacije. Upotrebom deljenih tokova izbegava se redundantnost pri razvoju i implementaciji proksija. Najčešće se primenjuje nad bezbednosnim polisama (*OAuth*), polisama za ograničenje pristupa (*Rate Limiting*) i polisama za transformacije. Deljeni tokovi se uključuju u proksi na dva načina. Jednostavniji i intuitivniji način jeste jednostavnim odabirom *FlowCallout* polise, pri čijoj se konfiguraciji iz padajućeg menija bira prethodno kreirani deljeni tok na osnovu imena. Drugi način podrazumeva upotrebu *flow hook*-ova, specifičnih tačaka u okviru toka. Implementacija ovog koncepta zahteva odgovarajuće permisije i omogućena je samo administratorskim korisnicima, jer kod pomoću kojeg se realizuje prevazilazi standardnu API proksi logiku i koncepte.

### 5. KEŠIRANJE

Keševi unapređuju performanse eliminišući redundantno procesiranje zahteva i odgovora. Takođe smanjuju količinu nadolazećih zahteva na *backend* servere, što ih čini stabilnijim. Utiču i na skalabilnost, jer podržavaju više transakcije u sekundi bez dodatnog hardvera. Sastoje se iz dva nivoa – *in-memory* (L1) i *persistent* nivoa (L2) [4]. Podaci se u L1 nivou uklanjaju u redosledu nastanka – od najstarijih ka najnovijim, dok u drugom nivou ne postoji ograničenje na broj odnosno količinu keševa. Stavke imaju podešeno vreme isteka i samo na osnovu njega mogu biti uklonjene iz keša. *ResponseCache* polisa kešira čitav HTTP odgovor, uključujući *header*-e i *payload* sa servera u pozadini. Tako smanjuje broj zahteva na *backend*. Takođe omogućava konfigurisanje vreme



života svake stavke u okviru keša. *Populate Cache* i *Lookup Cache* polise omogućavaju pristup deljenom kešu i konfigurisanje keša za detaljniju kontrolu performansi. Svi keširani podaci postaju dostupni u višestrukim tokovima zahteva i odgovora. Na slici 5 prikazan je tok preuzimanja podataka iz keša u zavisnosti od lokacije na kojoj je keš smešten.



Slika 5. Keširanje

## 6. RUKOVANJE GREŠKAMA

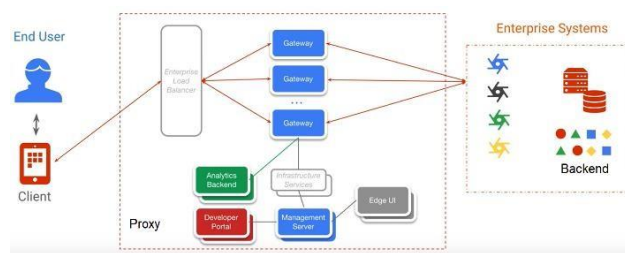
Na *Apigee* platformi postoje dva načina na koje se može pojaviti greška. Prvi način je uključivanjem *RaiseFault* polise u tok, a drugi podrazumeva da *Apigee* objavi poruku o grešci tokom izvršavanja polise. Po detekciji greške, šalje se zahtev komponenti za obradu grešaka (*Fault handler*) takođe zvanog tokom grešaka. Komponenta za obradu grešaka je definisana tagom `<FaultRule>` i ima uslov. Mogu biti implementirane na dve lokacije – *Proxy Endpoint* i *Target Endpoint*. Ukoliko ne postoji *Fault handler*, klijentu se vraća podrazumevana *Apigee* poruka o grešci. Za razliku od pravila ruta, rukovanje greškama funkcioniše na način da *Proxy Endpoint* proverava greške prolazeći kroz elemente implementacije sa dna ka vrhu [5]. Ukoliko unutar `<FaultRules>` elementa ima više stavki, poslednje navedena će biti evaluirana prva. Na *Target Endpoint*-u, greške se evaluiraju intuitivnije, sa vrha ka dnu.

## 7. IMPLEMENTACIJA REŠENJA

U ovom poglavlju u radu, prikazana je implementacija API proksija u skladu sa specifikacijom i zahtevima, sa detaljno opisanim razvojem i dobijenim rezultatima. Zadatak obuhvata kreiranje API proksija uz predefinisane *OpenAPI* specifikaciju (*Swagger*).

Proksi treba da prihvata zahteve sa interneta i prosleđuje ih na postojeći servis. Serveri u pozadini moraju biti zaštićeni od učestalog slanja zahteva u kratkom vremenskom periodu i *denial of service* napada. Potrebno je kreirati novu promenljivu koja će se preuzimati iz parametra forme i smeštati u header odgovora.

Nad API proksijem mora biti implementiran bezbednosni princip i CORS funkcionalnost. Rešenje je realizovano upotrebom polisa *Spike Arrest*, *Assign Message*, *Verify API Key* a njihova konfiguracija je opisana u radu. Za potrebe bezbednosnih polisa u posebnim okruženjima kreiran je i novi API proizvod, *developer* i aplikacija. CORS funkcionalnost je implementirana pomoću *Assign Message* polise. Topologija mreže prikazana je na slici 6.



Slika 6. Topologija mreže

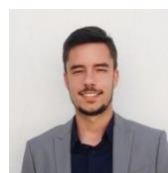
## 8. ZAKLJUČAK

U ovom radu detaljno su analizirani i opisani osnovni koncepti API menadžmenta uz oslonac na *Google*-ovu platformu *Apigee Edge*. Prikazana je arhitektura API proksija i tok zahteva i odgovora kao segment komunikacije klijenta i servera u sistemu. Primena API proksija je veoma široka i postali su neizostavan deo digitalnih poslovnih sistema. Omogućavaju kompanijama efikasan način održavanja i čuvanja njihovih podataka i sistema, kao i lakši i brži pristup i upotrebljivost tih podataka od strane korisnika. API-ji čine aplikacije skalabilnim i stabilnim, a pomoću platformi poput *Apigee*-ja, omogućavaju niz funkcionalnosti poput praćenja životnog ciklusa API-ja putem analitike sistema. Kao možda najznačajnija funkcionalnost platformi za upravljanje aplikacionim programskim interfejsima izdvajaju se bezbednosni principi i polise. API-ji su vremenom postali standard za razvoj i povezivanje modernih aplikacija, a ekspanzijom API menadžmenta kao posebne oblasti u okviru informacionih tehnologija očekuje se sve veći broj potencijalnih klijenata i veća potražnja za inženjerima ovog profila u IT sektoru.

## 9. LITERATURA

- [1] What is Apigee Edge? <https://docs.apigee.com/api-platform/get-started/what-apigee-edge> [Datum pristupa: 28.09.2019.]
- [2] Conditions Reference <https://docs.apigee.com/api-platform/reference/conditions-reference> [Datum pristupa: 04.10.2019.]
- [3] Aaron Parecki, *An Introduction to OAuth 2*. O'Reilly Webcast, 2012
- [4] Apigee: Edge Caching in Detail <https://community.apigee.com/articles/1620/apigee-edge-caching-in-detail.html> [Datum pristupa: 16.10.2019.]
- [5] Handling Faults <https://docs.apigee.com/api-platform/fundamentals/fault-handling> [Datum pristupa: 18.10.2019.]

### Kratka biografija:



**Aleksandar Lupić** rođen je u Novom Sadu 1995. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranio je 2019. godine. kontakt: [aleksandarlupic@gmail.com](mailto:aleksandarlupic@gmail.com)

**MODELOVANJE I UPRAVLJANJE TROFAZNIM BOOST ISPRAVLJAČEM****MODELING AND CONTROL OF THREE-PHASE BOOST RECTIFIER**Marija Zečar, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ENERGETSKA ELEKTRONIKA**

**Kratak sadržaj** – U radu je predstavljen model trofaznog boost ispravljača, i njegovo upravljanje. Korišćena je sinusna impulsno-širinska modulacija. Upravljanje se sastoji od strujno-naponske petlje. Prikazan je dq model ispravljača, određene su prenosne funkcije i proračunati parametri PI regulatora. Model je kreiran i emuliran u programskom paketu Typhoon HIL.

**Ključne reči:** trofazni Boost ispravljač, impulsno širinska modulacija, Typhoon HIL emulacija.

**Abstract** – In this paper modeling and control of a Three Phase Boost rectifier is presented. Sinusoidal pulse width modulation is used. The control consists of a current-voltage loop. The dq model of the rectifier is shown and transfer functions and parameters of PI regulators are calculated. Model is created and emulated in Typhoon HIL software.

**Keywords:** Three-phase Boost rectifier, sinusoidal pulse width modulation, Typhoon HIL emulation.

**1. UVOD**

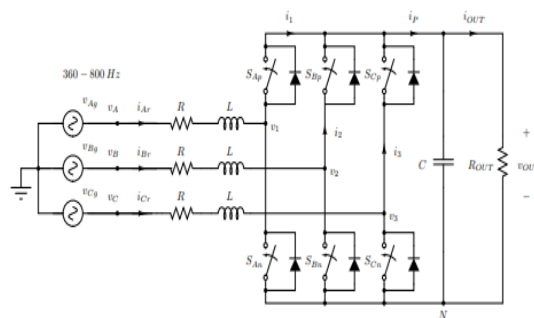
Trofazni boost ispravljač (TBI) vrsta je aktivnog AC/DC pretvarača, koji u poslednje vreme sve više nalazi primenu, posebno u domenu korišćenja obnovljivih izvora energije. Sastoji se od šest punoupravljivih prekidačkih elemenata, koji formiraju tri grane povezane u trofazni most (slika 1). Pretvarač je bidirekciono prirode, što znači da može da prenosi energiju u oba smera. tj. može da radi i kao ispravljač i kao inverter. Sa mrežne (AC) strane obično je potrebno dodati prigušnice, dok sa izlazne (DC) strane povezuje se filtarski kondenzator. Osnovni zahtev je da jednosmerni (DC) izlazni napon mora biti veći od maksimalnog međufaznog naizmeničnog (AC) napona na ulazu. Ispravljač je visoke efikasnosti i ima faktor snage blizak jedinici, a upravljanje je nekom od tehnika impulsno-širinske modulacije (engl. *PWM - Pulse Width Modulation*). Međutim, glavni nedostatak je osetljivost na proboj u prekidačkim granama, što dovodi do kratkog spoja i pregorevanja ispravljača. Da bi se ispitali svi scenariji i opasnosti u radu ovog pretvarača važno je razviti adekvatne simulacione modele. Obično se vrši matematičko modelovanje primenom metoda usrednjavanja u prostoru stanja analizom malih signala ili računarsko modelovanje u Matlab/Simulink softverskom

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red.prof.

alatu [1, 2]. Međutim, realniji prikaz dobija se primenom digitalnih simulatora u realnom vremenu (engl. *RTDS - Real Time Digital Simulators*) od kojih je jedan od najpoznatijih Typhoon HIL [3].

Cilj rada je da se prikaže model ovog ispravljača u Typhoon HIL tehnologiji i ispita razne načine upravljanja za frekvencije prekidanja 10 kHz. Model je napravljen u *Schematic Editor*-u, koji je jedan od osnovnih alata, dizajniran tako da omogućava grafičko programiranje. Pomoću prenosnih funkcija proračunati su parametri regulatora funkcija. Rezultati su na kraju dati u vidu simulacija rada ispravljača kroz odgovarajuće talasne oblike napona i struja.



Sl.1. Prikaz Trofaznog boost ispravljača [5]

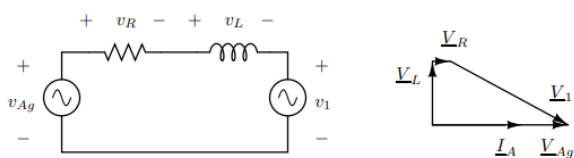
**2. MODELOVANJE I PRIMENA SPWM TEHNIKE**

Typhoon HIL tehnologija sadrži tri glavne komponente: Kontrolni centar (u kojem se odvijaju sva modeliranja i testiranja), brzi kompajler i procesor sa ultra niskim kašnjenjem (latencijom). Modelovanje TBIrađeno je u Typhoon HIL kontrolnom centru [4].

Modelovanje i upravljanje TBI vrši se pod pretpostavkom da je sistem stabilan i uravnotežen. Primenjena je naponski orijentisana kaskadna kontrola (*VOC- Voltage Oriented Control*), koja zahteva različite regulatore za različite petlje (dve petlje, unutrašnje strujne i spoljašnje naponske), gde su veličine orijentisane u odnosu na napon. Za svaku od ovih petlji potreban je odgovarajući PI regulator.

Modulaciona strategija koja je izabrana za upravljanje je sinusna impulsno-širinska modulacija, sa nosećim simetričnim trouglastim signalom (engl. *SPWM - Sinusoidal Pulse Width Modulation*). Razlog izbora ove modulacije je njena jednostavna implementacija u digitalnom signalnom procesoru, kao i brojne primene u upravljanju elektromotornim pogonima i kod pretvarača u obnovljivim izvorima energije.

Na slici 2 prikazano je ekvivalentno kolo TBI, ali samo za prvu, "a" fazu. Pošto je sistem simetričan i uravnotežen, svi zaključci izvedeni za ovu fazu, važe i za preostale dve.



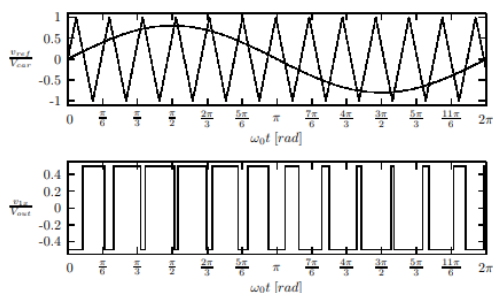
Sl.2. Ekvivalentno kolo TBI za fazu "a" i prikaz fazorskog dijagrama [5]

Napon  $v_1$  (slike 1 i 2) je napon tačke između dva prekidača  $S_{Ap}$ ,  $S_{An}$  faze "a" (prve faze) i neutralne tačke generatora. Ideja je da se prekidačima  $S_{Ap}$ ,  $S_{An}$  upravlja na taj način da se na kraju dobije sinusni oblik napona  $v_1$ . Pretvarač treba da radi kao ispravljač, što dovodi do toga da je poželjno da faktor snage bude jednak jedinici, što znači da struja  $i_{Ar}$  i napon  $v_{Ag}$ , sa slike 1, moraju biti u fazi. U ovoj modulaciji referentni signal, koji je sinusoidalan i manje frekvencije, poredi se sa nosećim trouglastim signalom koji je veće učestanosti. Ako je referentni signal veći od nosećeg signala, gornji prekidač je zatvoren (ON), a donji otvoren (OFF), a ukoliko je manji rad prekidača je obrnut. Kao rezultat se dobija napon  $v_{1x}$  koji pulsira između  $\frac{V_{out}}{2}$  i  $-\frac{V_{out}}{2}$ , kao što je prikazano na slici 3. Indeks modulacije dobija se na sledeći način:

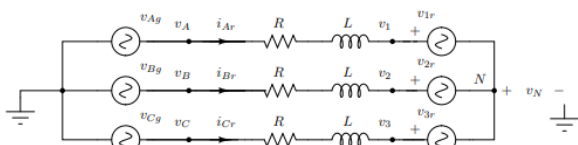
$$\frac{V_{ref}}{V_{noseći}} = \frac{V_{1x}}{\frac{V_{out}}{2}} \quad (1)$$

$$V_{1x} = \frac{V_{out}}{2} \frac{V_{ref}}{V_{noseći}} \quad (2)$$

gde su  $V_{ref}$ ,  $V_{noseći}$  i  $V_{1x}$  amplitude referentnog, nosećeg i dobijenog PWM signala, respektivno. Sad se model može predstaviti ekvivalentnom šemom datom na slici 4.



Sl.3. Prikaz referentnog signala, nosećeg signala i generisanog PWM napona [5]



Sl.4. Ekvivalentno kolo TBI [5]

### 3. DQ MODEL I UPRAVLJANJE

#### 3.1. DQ model TBI

Kako bi prekidački konvertori obezbeđivali zadati izlazni napon bez obzira na prisustvo poremećaja poput varijacija mrežnog napona i varijacija izlazne struje, potrebno je projektovati regulatore. PI regulatori nisu u mogućnosti da daju nultu grešku ako je referentni signal sinusoidalan,

već samo ako je konstantan. Pravilno dizajniranje regulatora podrazumeva precizno određivanje njihovih parametara. Za to je potrebno razviti odgovarajući  $dq$  model (Clark-ovom transformacijom), koje se ponaša kao jednosmerno (DC) kolo, kao i naći prenosne funkcije za svaku petlju [6]. Međutim  $dq$  model pored toga što je u ustaljenom vremenu i što promenljive ne zavise od vremena, je nelinearan. Pošto je potreban linearan model, primenjuje se linearizacija oko tačke R (opterećenje). Jednačine u vremenskom domenu koje su dobijene iz prikazanog ekvivalentnog kola sa slike 4 su :

$$v_{Ag} = Ri_{Ar} + L \frac{di_{Ar}}{dt} + v_{1r} + v_N \quad (3)$$

$$v_{Bg} = Ri_{Br} + L \frac{di_{Br}}{dt} + v_{2r} + v_N \quad (4)$$

$$v_{Cg} = Ri_{Cr} + L \frac{di_{Cr}}{dt} + v_{3r} + v_N \quad (5)$$

Ovaj sistem jednačina predstavlja prekidački model :

$$L \frac{d\vec{i}_r}{dt} = \vec{v}_g - R\vec{i}_r - \vec{s}v_{OUT} - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \vec{s}v_{OUT} \quad (6)$$

$$C \frac{dv_{OUT}}{dt} = \vec{s}^T \vec{i}_p - i_{OUT} \quad (7)$$

Iz prekidačkog dolazi se do usrednjenog modela:

$$L \frac{d\vec{i}_r}{dt} = \vec{v}_g - R\vec{i}_r - \vec{d}\vec{v}_{OUT} \quad (8)$$

$$C \frac{d\vec{v}_{OUT}}{dt} = \vec{d}^T \vec{i}_r - \vec{v}_{OUT} \quad (9)$$

Iz usrednjenog modela prelazi se u  $dq$  model. Pošto je  $dq$  sistem obrtni, potrebno je vektore iz usrednjenog modela pomnožiti sa transponovanom matricom  $T^T$ . Posle sređivanja modela dobija se  $dq$  model TBI (slika 5) definisan sledećim jednačinama:

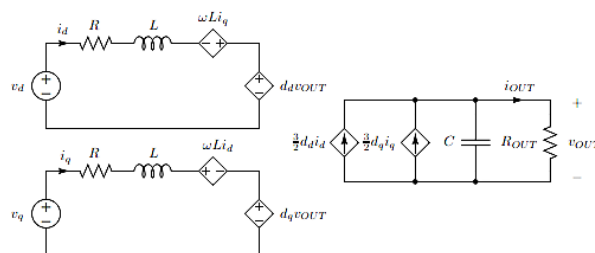
$$L \frac{di_d}{dt} = v_d - Ri_d + \omega Li_q - d_d \vec{v}_{OUT} \quad (10)$$

$$L \frac{di_q}{dt} = v_q - Ri_q + \omega Li_d - d_q \vec{v}_{OUT} \quad (11)$$

$$C \frac{d\vec{v}_{OUT}}{dt} = \frac{3}{2} (d_d i_d + d_q i_q) - \frac{\vec{v}_{OUT}}{R_{OUT}} \quad (12)$$

Izveden  $dq$  model ponaša se kao DC kolo i time pojednostavljuje analizu i kreiranje regulatora. Takođe, obezbeđuje nezavisno upravljanje aktivnog i reaktivnog toka snage, tako što je  $d$  osa zadužena za aktivan tok snage, a  $q$  osa za reaktivan.

Međutim, iz modela se može zaključiti da svaka promena u  $d$  osi, ima direktan uticaj na  $q$  osu, i obrnuto. U naponskom izvoru u  $d$  osi ( $\omega Li_q$ ) je prisutna struja  $i_q$ , a u naponskom izvoru u  $q$  osi ( $\omega Li_d$ ) prisutna je struja  $i_d$ .



Sl.5. Prikaz dq modela TBI [5]

Ose d i q zavisne su jedna od druge i model je spregnut. Ovaj efekat negativno utičena sistem, jer povećava tranzijentni odziv. Zato se teži njegovom eliminisanju. Da biseovo postiglo, promenljive  $d_d$  i  $d_q$  predstavljaju se kao funkcije novih promenljivih  $d_d'$  i  $d_q'$ :

$$d_d = d_d' + \frac{\omega L}{v_{OUT}} i_q \quad (13)$$

$$d_q = d_q' - \frac{\omega L}{v_{OUT}} i_d \quad (14)$$

Kada se (13) i (14) uvrste u (10), (11) i (12), dobija se sledeći sistem jednačina:

$$L \frac{di_d}{dt} = v_d - R i_d - d_d' \overline{v_{OUT}} \quad (15)$$

$$L \frac{di_q}{dt} = v_q - R i_q - d_q' \overline{v_{OUT}} \quad (16)$$

$$C \frac{d\overline{v_{OUT}}}{dt} = \frac{3}{2} (d_d' i_d + d_q' i_q) - \frac{\overline{v_{OUT}}}{R_{OUT}} \quad (17)$$

Iz njih se dobija novi raspregnut dq model TDI (slika 6).

### 3.2. Prenosne funkcije i parametri PI regulatora

Sledeći korak je linearizacija oko radne tačke u ustaljenom stanju (otpor R). Dobija se linearni stacionarni model konvertora u okolini mirne radne tačke (R), iz kog se mogu izvode funkcije prenosa povoljne za regulatore u frekvencijskom domenu. Posle linearizacije oko radne tačke R, prenosna funkcija od  $\vec{d}_d'$  do  $\vec{i}_d$  je dobijena kao :

$$T_{i_dR}(s) = \frac{3R_{OUT}(1-D_d)I_d + v_{OUT}(2R_{OUT}Cs + 2)}{2R_{OUT}LCs^2 + 2Ls + 3R_{OUT}(1-D_d)^2} \quad (18)$$

a od  $\vec{d}_q'$  do  $\vec{i}_q$  kao :

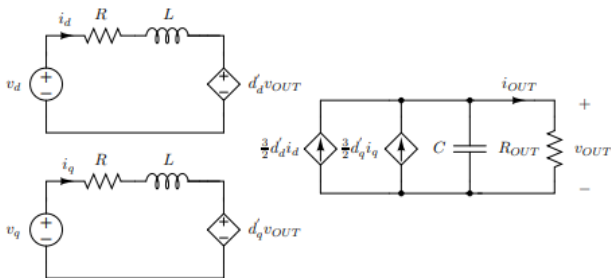
$$T_{i_qR}(s) = \frac{v_{OUT}(2R_{OUT}Cs + 2)}{2R_{OUT}LCs^2 + 2Ls + 3R_{OUT}(1-D_d)^2} \quad (19)$$

Spoljna naponska petlja zatvorena je na frekvenciji 100 Hz, sporija je od strujne petlje 10 puta i data je sa:

$$T_{V_{dCR}} = \frac{3R_{OUT}(1-D_d)}{2 + 2R_{OUT}Cs} \quad (20)$$

Ispitivanjem Bodeovih dijagrama ove funkcije utvrđeno je da je sistem stabilan.

Parametri PI regulatora za strujnu i naponsku petlju dobijeni su iz prenosnih funkcija, a proračuni su izvršeni uprogramskom paketu *Matlab*. Prikaz svih parametara regulatora se nalazi u tabeli 1.



Sl. 6. Raspregnuti dq model [5]

## 4. REZULTATI SIMULACIJE

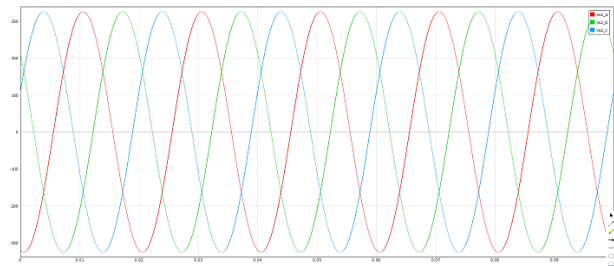
Rezultati ovog rada, dati su u vidu simulacija. Vrednosti parametara, koji su korišćeni u radu prikazani su u tabeli 2. Na slikama 7 i 8 dati su talasni oblici ulaznog napona i ulazne struje, respektivno.

Tabela1. Vrednosti parametara PI regulatora za unutrašnju strujnu i spoljašnju naponsku petlju

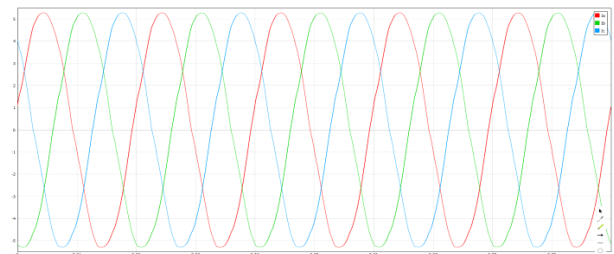
Parametri PI regulatora za strujnu petlju u d osi :	
Kp_d	0.0387 [A <sup>-1</sup> ]
Ki_d	24.3182 [A <sup>-1</sup> ]
Parametri PI regulatora za strujnu petlju u q osi :	
Kp_q	0.0337 [A <sup>-1</sup> ]
Ki_q	23.6921 [A <sup>-1</sup> ]
Parametri PI regulatora za naponsku petlju :	
Kp_v	0.1412 [A <sup>-1</sup> ]
Kq_v	88.6586 [A <sup>-1</sup> ]

Tabela 2. Prikaz karakteristika TBI koje su korišćene u modelovanju i upravljanju

VREDNOSTI PROMENLJIVIH	
Izlazna snaga	$P_{out} = 10$ [kW]
Frekvencija prekidanja	$f_s = 10$ [kHz]
DC-link – napon na izlazu	$V_{out} = 800$ [V]
Otpornost na izlazu	$R_{out} = 250$ [Ω]
Ulazni napon	$V_{in} = 230$ [V]
Frekvencija ulaznog napona	$f = 50$ [Hz]
Kondenzator na izlazu	$C_{out} = 100$ [μF]

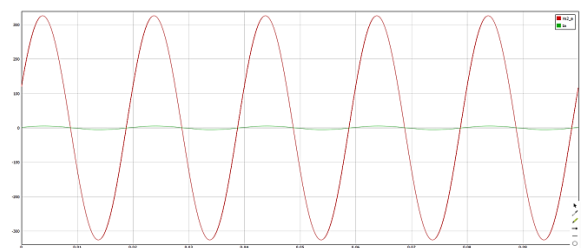


Sl.7. Prikaz faznih napona na ulazu



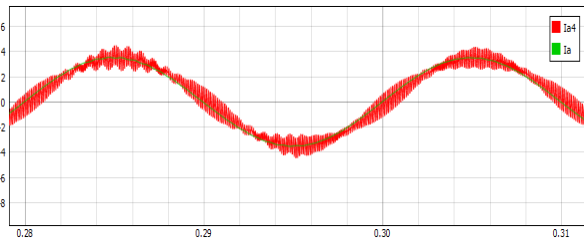
Sl.8. Prikaz faznih struja na ulazu

Posle zatvaranja naponske i strujne petlje, najbolja provera da li je upravljanje uspešno ili nije, je prikaz napona i struje sa ulaza. Ako su napon i struja u fazi, to znači da su petlje uspešno zatvorene. Na slici 9 vidi se da su napon i struja u fazi, što je potvrda da je upravljanje TBI uspešno urađeno. Radi smanjenja linijskih šumova korišćen je EMI filter, čiji učinak se vidi na slici 10.



Sl.9. Prikaz ulaznog napona i ulazne struje jedne faze





Sl.10. Prikaz nefiltrirane ( $i_{a4}$ ) i filtrirane ( $i_a$ ) struje jedne faze

Kako u realnim situacijama obično nisu idealni uslovi, odrađene su simulacije za slučaj nagle promene opterećenja i promene ulaznog napona.

#### 4.1. Nagla promene opterećenja

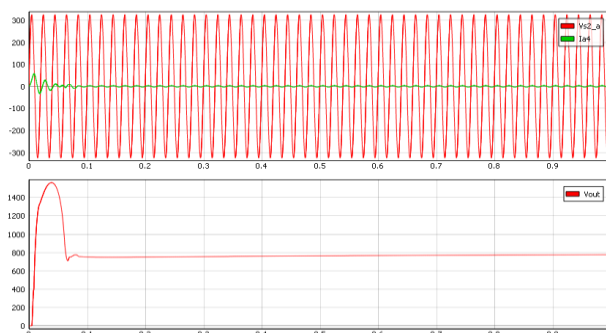
Nagla promene opterećenja na DC strani ispravljača je urađena povećanjem opterećenje za  $100 \Omega$ , koje sada iznosi  $350 \Omega$ . Prikaz izlaznog DC napona, ulazne struje i napona, pri ovoj promeni nalazi se na slici 11. Vidi se da posle kratkog tranzijenta od dve periode, struja se ustaljuje, kao i izlazni DC napon.

#### 4.2. Promena ulaznog napona

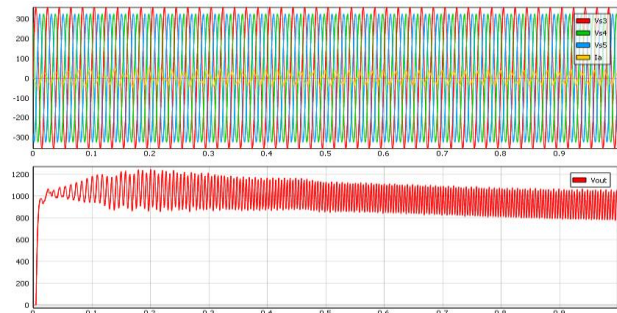
Promena vrednosti ulaznog napona faze  $a$ , dok ostale dve faze ne menjaju vrednost urađena je tako da je vrednost napona faze  $a$  sada  $253 \text{ V}$ . Na slici 12 prikazane su sve tri faze ulaznog napona, kao i ulazna struja faze  $a$ . Dat je prikaz i izlaznog DC napona, pri ovom disbalansu. Vidi se da struja i izlazni napon imaju dodat drugi harmonik (što je očekivano i posledica je nesimetrije) i da tranzijentni period traje duže.

### 5. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen model TDI u Typhoon HIL softveru. Upravljanje je zasnovano na SPWM tehnici i PI regulatorima, čiji su parametri proračunati u programskom paketu *Matlab*. Da bi mogli da se proračunaju parametri regulatora izvršena je transformacija u  $dq$  sistem i izvedene su prenosne funkcije. Upravljanje i modelovanje ispravljača je rađeno pod pretpostavkom da je sistem stabilan i uravnotežen, a ulazni naponi simetrični i sinusoidalni. U takvom sistemu, odzivi modela, odnosno ulazne struje takođe su prostoperiodične i u fazi sa naponom, a izlazni napon je jednosmeran, bez većih oscilacija. Korišćen je EMI filter radi smanjenja šumova kao posledice SPWM prekidačke (noseće) učestanosti.



Sl. 11. Prikaz ulaznog napona i struje, faze  $a$  i izlaznog DC napona kada je opterećenje povećano na  $350 \Omega$ .



Sl. 12. Prikaz odziva u slučaju povećanja napona faze  $a$ : AC napon i struja (gore) i DC napon (dole).

U praksi, često uslovi u mreži nisu idealni. Za sistem u debalansu, rezultati simulacija pokazali su da ulazne struje imaju oscilacije i nisu u potpunosti u fazi sa ulaznim naponom. Isto važi i za izlazni (DC) napon, gde se javlja parazitni drugi harmonik. Ovo je očekivano, pa to potvrđuje adekvatnost razvijenog modela u Typhoon HIL okruženju, kao i opravdanost daljeg korišćenja, uz dodatno fino doterivanje parametara regulatora.

### 6. LITERATURA

- [1] Y. Chang et al., "Small-signal modeling of three-phase boost rectifier under non-sinusoidal condition", APEC 2008, pp.1195-1199.
- [2] <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/62334-three-phase-spwm-boost-rectifier-with-closed-loop-control>
- [3] <https://www.typhoon-hil.com/>
- [4] <https://www.typhoon-hil.com/products/hil-software/>
- [5] [http://www.cei.upm.es/media/TFM/Borovic\\_Uros\\_TFM\\_2014.pdf](http://www.cei.upm.es/media/TFM/Borovic_Uros_TFM_2014.pdf)
- [6] K.N. Areerak et al., "DQ-transformation approach for modelling and stability analysis of AC-DC power system with controlled PWM rectifier and constant power loads", PEMC, Poznan, 2008.

#### Kratka biografija:



**Marija Zečar** rođena je 1994. godine u Zrenjaninu. Fakultet tehničkih nauka, studijski program Energetika, elektronika i telekomunikacije upisala je školske 2013/2014 godine. Na studijama se opredelila za smer Elektroenergetika – Elektroenergetski sistemi i diplomirala 13.07.2018. god. Master studije je upisala školske 2018/2019. godine na studijskom programu Energetika, elektronika i telekomunikacije, modul Elektroenergetika – Distribuirani elektroenergetski resursi (MAS).



**Vladimir Katić** rođen je 1954. godine u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. godine. Od 2002. godine je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Na Fakultetu tehničkih nauka sada je Prodekan za finansije i razvoj (od 1998 god.). Oblasti interesovanja su energetska elektronika, obnovljivi izvori električne energije, električna vozila i kvalitet električne energije.



**UPOTREBLJIVOST ALATA ZA RAZVOJ INTERNET PRODAVNICA****USABILITY OF ONLINE STORES DEVELOPMENT TOOLS**Jovica Čubrić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Ovaj rad daje uvid u alate koji se mogu koristiti za razvoj softverskih rešenja za internet trgovinu. Definisana je specifikacija aplikacije za trgovinu putem interneta. Izvršena je analiza jednog od takvih alata. Izvršena je analiza u kojoj meri analizirani alat pomaže u kreiranju rešenja koji poštuje navedenu specifikaciju ali i Nilsenove heuristike dobrog korisničkog dizajna. Na osnovu izvršenih analiza se došlo do zaključka da upotrebljivost alata zavisi od scenarija u kom se alat koristi.*

**Ključne reči:** *Upotrebljivost alata za razvoj internet prodavnica, upotrebljivost platformi za razvoj internet prodavnica.*

**Abstract** – *This work gives an insight into tools that can be used for development of online store application. The work contains detailed analysis of one of these tools. Requirements specification for e-commerce application is defined and it is examined in which degree tool can respond to these requirements. Also It is analyzed in which degree tool can help in the creation of a solution which follow Nielsen heuristics for user interface design. Based on research conducted in this work the conclusion is made that the usefulness of this tool varies depending on the scenario in which this tool is used.*

**Keywords:** *Usability of online store builders, e-commerce platforms, online store development tools.*

**1. UVOD**

Za kreiranje internet prodavnice od početka tradicionalnim pristupom potrebno je angažovati tim ljudi koji poseduju tehnička znanja iz oblasti veb programiranja, dizajna, internet bezbednosti i druga.

Ovakav projekat je složen i zahteva vreme i veću količinu novčanih sredstava da bi se realizovao. Kako se sve veći broj ljudi bez tehničkog znanja i većih sredstava interesovao za otvaranje internet prodavnica vremenom su se počele pojavljivati platforme koje su izlazile u susret ovim zahtevima i koje su omogućile kreiranje ovih rešenja bez upotrebe navedenih tehničkih znanja na jednostavniji način. Predmet ovog rada jeste upravo procena koliko su ove platforme uspešne u obavljanju zadataka zbog kojih su nastale i koliko je dobijeni proizvod upotrebljiv sa stanovišta posetioca internet prodavnice.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.**

Predstaviće se tipovi ovih platformi, uz fokus na *SaaS* tip sa detaljnom analizom konkretne platforme ovog tipa koja će poslužiti kao osnova za evaluaciju.

**1.1 Internet trgovina- E-commerce**

Internet ili elektronska trgovina se odnosi na kupovinu ili prodaju dobara putem interneta i drugih računarskih mreža, prenos novčanih sredstava, kao i prenos informacija koje su potrebne da bi se izvršile transakcije [1].

Elektronska trgovina predstavlja deo elektronskog poslovanja. Iako se koriste i druge računarske mreže zbog najčešće upotrebe internet arhitekture sinonimi koji se koriste su internet trgovina i internet poslovanje.

Pored navedenog, termin elektronska trgovina se može koristiti da opiše bilo koju komercijalnu transakciju koja se odvija elektronskim putem [1].

Trgovina putem internet prodavnica predstavlja jedan vid internet trgovine [2].

**1.1.1 Internet prodavnica- E-shop**

Trgovina putem internet prodavnica predstavlja jedan od načina internet trgovine. Internet prodavnica predstavlja veb sajt na kom fizičko ili pravno lice prodaje svoje proizvode ili usluge putem interneta. Ona predstavlja virtualnu reprezentaciju fizičke prodavnice koju kupci mogu da posete u svakom trenutku koristeći veb pretraživač putem računara, mobilnih telefona i drugih uređaja. Internet prodavnice putem internet trgovine obavljaju prenos novčanih sredstava i informacija koje su potrebne kako bi se izvršila trgovina.

Da bi se omogućilo trgovcima da upravljaju internet prodavnicama potrebno je da postoji administratorski panel koji im to dopušta.

**1.1.2 Prednosti i nedostaci kupovine putem interneta**

Kada se posmatraju prednosti i nedostaci ovakvog vida trgovine, treba imati u vidu obe strane koje učestvuju u njoj.

**Sa stanovišta kupca neke od prednosti koje se javljaju su sledeće:**

- Ušteda vremena- odlazak u prodavnicu i proces kupovine je mnogo duži nego putem interneta.
- Dostupnost- internet prodavnice za razliku od fizičkih nemaju ograničeno radno vreme. Sajt prodavnice bi trebalo da bude dostupan sve vreme.

### Neke od prednosti fizičke prodavnice za kupce:

- Kupci imaju mogućnost da fizički osete proizvod.
- Ne čeka se na dostavu.

### Neke od prednosti internet prodavnice za prodavce:

- Broj potencijalnih kupaca je daleko veći - potencijalni kupac je svako ko poseduje uređaj i pristup internetu
- Dostupnost.

### 1.2 Specifikacija zahteva za internet prodavnicu

U nastavku je dat primer specifikacije zahteva<sup>1</sup> (Tabela 1) koja će se u kasnijem delu rada koristiti za evaluaciju.

Oznaka	Opis
1	<b>Uvod</b> Specifikacija predstavljaće referentnu tačku koja će biti korišćena u vrednovanju rešenja koji nastane korišćenjem alata. Softver treba da omogući prodaju putem interneta. Treba da omogući mušterijama da kupe proizvod i da dobiju sve potrebne informacije o proizvodu, kupovini i organizaciji. Treba da omogući administratorima da upravljaju sajtom.
2	<b>Generalni opis</b> -Softver je dostupan korisnicima putem interneta, na različitim pregledačima, uređajima i veličinama ekrana. - Korisnici koji se javljaju su: administrator, kupac, korisnička podrška.
3	<b>Zahtevi</b>
3.1	<b>Zahtevi za spoljne interfejsse</b>
3.1.1	<b>Korisnički interfejsi</b> Administrator, korisnička podrška, kupac.
3.2	<b>Funkcionalni zahtevi</b>
3.2.1	<b>Administrator</b>
3.2.1.1	<b>Ažuriranje i dodavanje kategorija</b>
3.2.1.2	<b>Ažuriranje i dodavanje proizvoda</b>
3.2.1.3	<b>Upravljanje porudžbinama</b>
3.2.1.4	<b>Uvid u analitike</b>
3.2.1.5	<b>Uvid u promet koji se odvija putem stranice</b>
3.2.2	<b>Korisnička podrška</b> Omogućen pregled postavljenih pitanja i davanje odgovara.
3.2.3	<b>Kupac</b>
3.2.3.1	<b>Navigacija do željene stranice - navigacioni meni</b>
3.2.3.2	<b>Pregled proizvoda iz kategorije- Category stranica</b> Omogućava kupcu pregled svih proizvoda u

	kategoriji i pruža informacije o kategoriji.
3.2.3.3	<b>Pregled detalja proizvoda</b> Korisniku se prikazuju informacije o proizvodu. Mogućnost ocenjivanje proizvoda uz komentar. Postavljanja pitanja korisničkoj službi.
3.2.3.4	<b>Kupovina proizvoda iz korpe</b> Uvid u proizvode iz korpe i prolazak kroz procesa kupovine tih proizvoda
3.2.3.5	<b>About stranica</b> Omogućava pregled informacija o prodavcu.
3.2.3.6	<b>Contact stranica</b> Omogućava pregled kontakt informacija.
3.2.3.7	<b>FAQ stranica</b> Stranica koja je posvećena često postavljanim pitanjima.
3.2.3.8	<b>Personalizacija</b> Odabir valute i jezika

Tabela 1. Specifikacija zahteva za internet prodavnicu [3].

### 1.3 Evaluacija po heuristikama

Evaluacija po heuristikama predstavlja metod za pronalaženje grešaka u dizajnu softvera sa stanovišta upotrebljivosti. Ovaj postupak se vrši procenom u kojoj meri softver poštuje poznate principe koji ukoliko se poštuju garantuju razvoj softvera koji je lak za upotrebu. Najvažniji od ovih principa se zovu heuristike. Heuristike su principi sa širokom primenom, opšte smernice, i ideja je da se mogu primeniti na velikom broju korisničkih interfejsa. U ovom radu će se koristiti 10 heuristika definisanih od strane Nielsen Norman-a.

## 2. PLATFORME ZA RAZVOJ VEB APLIKACIJA ZA INTERNET TRGOVINU

Platforme za internet trgovinu predstavljaju softversko rešenje koje dostupno putem interneta i omogućava vlasnicima da upravljaju kreiranim veb sajtom, proizvodima, i prodajama tih proizvoda bez neophodnog znanja iz programiranja [4]. Glavna funkcija ovih platformi jeste da omogući kupcima kupovinu proizvoda i usluga putem kreiranog veb sajta [4].

Postojeće platforme za internet trgovinu omogućavaju razvoj potpuno novih rešenja dajući osnovu. Ova osnova može biti vidu izvornog koda platforme koji se može koristiti kao osnova, poslovnih servisa dostupnih putem API-ja ili skup konfiguracionih opcija i dodataka kojima se može bez tehničkog znanja proširivati osnovna verzija rešenja.

Platforme za internet trgovinu možemo svrstati u 3 kategorije [5]:

- Otvorenog koda (*Open source*),
- *SaaS* bazirani,
- *Headless*.

<sup>1</sup> Detaljna specifikacija je predstavljena u master radu.

## 2.1 Platforme otvorenog koda

Funkcionišu tako što se izvorni kod preuzme i pokrene na serveru. Licenca za upotrebu ovog softvera je najčešće besplatna i dozvoljava slobodnu upotrebu i izmenu rešenja. Pošto je u pitanju softver koji bi trebalo da bude dostupan putem interneta, neophodno je obezbediti veb *hosting*.

## 2.2 Software as a Service model

*E-commerce* softver je smešten i instaliran na *cloud*-u velikom virtuelnom serveru koji je deljen sa ostalim korisnicima usluga tog *cloud* provajdera, korisnik ne kupuje licencu, on „iznajmljuje“ softver koji je dostupan putem interneta i plaća pretplatu za korišćenje ove usluga [6]. Ova usluga obuhvata softver, servere, arhitekturu i sve ostalo potrebno za funkcionisanje softvera [6].

## 2.3 Headless commerce model

Ovo rešenje obezbeđuje odvajanje prezentacionog sloja veb sajta od funkcionalnosti koje pruža *e-commerce* softver. Ovo omogućuje da se za kreiranje klijentskog dela koristi tehnologija po izboru nezavisno od željene *e-commerce* platforme, i da se *e-commerce* platforma u ceo sistem integriše kao dodatak koji je zadužen za određeni deo *backend* funkcionalnosti koji se tiče trgovine [7].

## 2.4 Shopify platforma

Predstavlja *SaaS e-commerce* platformu koja omogućava korisnicima da kreiraju veb sajt pomoću kog će se moći obavljati trgovina proizvodima i uslugama, takođe obezbeđuju administratorski panel pomoću kog se može upravljati proizvodima, obrađivati porudžbine i unositi informacije o prodavnici [8].

Administratorskom panelu se pristupa putem *Shopify* sajta unošenjem korisničkog imena i šifre, dok je internet prodavnica vezana za ovaj nalog dostupna na domenu koji se odabere putem konfiguracije.

Platforma nudi nekoliko različitih verzija rešenja koje se mogu koristiti [9]:

- *Basic Shopify*,
- *Shopify*,
- *Advanced Shopify*.

U ovom radu će se koristiti standardna *Shopify* verzija.

Funkcionalnosti koje ova platforma nudi [8]:

- Kreiranje sajta za internet trgovinu.
- Mogućnost prodaje proizvoda putem kreiranog sajta (Korpa za kupovinu).
- Upravljanje prodavnicom.
- Marketing i *SEO* optimizaciju.
- Veb *hosting*- budući da je u pitanju *SaaS* usluga platforma je zadužena za *hosting*.
- Analitike.
- Mobilna aplikacija za upravljanje prodavnicom koja omogućuje.

## 2.5 Procena upotrebljivosti

Predmet evaluacije su alati koji su namenjeni korisnicima bez tehničkog znanja iz programiranja. Prethodno

ograničenje upućuje na alate koji su *SaaS* tipa. Alati koji su *SaaS* tipa se razlikuju međusobno u nekim detaljima ali kako je o *Shopify* platformi najviše bilo reči ona će se koristiti kao predstavnik. Neće se vršiti analiza podataka koji omogućuju proširenje standardnih funkcionalnosti platforme. U ovoj evaluaciji zanemariće se delovi alata koji pružaju korisniku veći stepen kontrole ali zahtevaju od njega tehnička znanja, poput menjanja izvornog koda klijentskog dela aplikacije.

### 2.5.1 Doslednost specifikaciji

*Shopify* platforma omogućava ispunjavanje većine zahteve koji su navedeni u prethodnoj specifikaciji. Razlog za ovakvo stanje jeste što su ovi alati upravo razvijani sa ciljem da obezbede najčešće funkcionalnosti koje ovakav tip softvera treba da sadrži.

Zahtevi koji nisu ostvarivi korišćenjem platforme bez podataka:

- Podrška za više jezika.
- Ocenjivanje proizvoda uz ostavljanje komentara.
- Postavljanje pitanja o proizvodu.

### 2.5.2 Evaluacija po heuristikama

#### 2.5.2.1 Nalikovati stvarnosti

Platforma pomaže korisniku da ispoštuje ovu stavku, omogućava kreiranje iskustva kupovine koje je približno realnom i takođe približno iskustvu na koje je korisnik navikao pri kupovini putem interneta.

#### 2.5.2.2 Konzistentnost i standardi

Platforma u slučaju ove heuristike samo u određenoj meri pomaže korisniku ali ne u potpunosti.

Platforma pomoću konfiguracija podstiče konzistentnost pomoću opcija za fontove i boje jer se konzistentno primenjuju. Sa druge strane ukoliko postoje već definisani standardi u okviru organizacije možda se neće moći ispratiti zbog malog broja opcija za upravljanje sajtom.

#### 2.5.2.3 Help i dokumentacija

Platforma omogućuje kreiranje stranica koje će sadržati dokumentaciju putem *Pages* opcije iz administratorskog panela. Editor koji služi za kreiranje stranica sadrži opciju za dodavanje slika i videa, te je moguće kreirati multimedijalnu dokumentaciju

#### 2.5.2.4 Korisnikova kontrola i sloboda

Sa stanovišta korisnikove kontrole i slobode u radu platforma omogućuje da se ova heuristika ispoštuje. Jedan od primera za to je završni procesu kupovine koji kupac može da prekine u svakom trenutku.

#### 2.5.2.5 Vidljiv status sistema

Platforma u nekim situacijama omogućava dobar prikaz statusa sistema posetiocima prodavnice, ali ne u svim. Takođe platforma ne omogućava skoro nikakvu kontrolu vlasniku prodavnice nad postojećim indikatorima. Jedan od primera jeste notifikacija koja se prikazuje kupcu kada doda proizvod u korpu, a na čiji izgled se ne može uticati.

#### 2.5.2.6 Fleksibilnost i efikasnost

Platforma omogućava kreiranje internet prodavnice koja korisnicima ne nudi veliki stepen fleksibilnosti u radu i svega nekoliko opcija podstiče na poštovanje ove heuristike.

Jedna opcija koja korisniku može dati određenu slobodu jeste globalni *Search*. Kao rezultati pretrage se javljaju proizvodi, stranice na prodavnici i članci. On omogućava korisniku da pronade proizvod ne zahtevajući od korisnika da zna tačan katalog u kom se nalazi proizvod, niti da zna kako funkcioniše navigacija na sajtu

#### 2.5.2.7 Prevencija grešaka

U slučaju ove heuristike platforma daje svoje rešenje i putem konfiguracije ne pruža vlasniku prodavnice mogućnost da prilagodi način na koji prevencija greškama funkcioniše a rešenje koje stiže od strane platforme je nepotpuno i ima nedostataka.

#### 2.5.2.8 Prijave greške, dijagnostika, oporavak

U slučaju generisane prodavnice, najčešća tehnika kojom se korisnik navodi da unese ispravne podatke u poljima za unos u slučaju greške jeste putem poruka o grešci pri unosu. Greške se u prethodnom slučaju prikazuju tek pri pokretanju akcije, a ne tokom unosa vrednosti.

#### 2.5.2.9 Prepoznaj ne da se pamti

Platforma omogućava da se ova heuristika isprati na više načina. Jedan od njih jeste što omogućava kreiranje internet prodavnice sa interfejsom i načinom funkcionisanja koji je karakterističan za ovaj tip sajtova i na taj način omogućava korisniku da iskoristi svoje ranije iskustvo u korišćenju drugih sajtova.

#### 2.5.2.10 Estetičan i minimalističan dizajn

Platforma propagira minimalističan dizajn koji sadrži glavne funkcionalnosti internet prodavnice. Opcije koje su date korisniku pri kreiranju novih stranica su štire i omogućavaju kreiranje samo statičkih stranica i bez opcija za upravljanje rasporedom elemenata na stranici.

### 3. ZAKLJUČAK

Metode koje su korišćene kako bi se izvršila procena upotrebljivosti ovako kreiranog sajta su stepen odstupanja od definisane specifikacije i evaluacija upotrebljivosti kreiranog sajta po heuristikama. Procena u kojoj meri kreirano rešenje odstupa od specifikacije omogućila je donošenje zaključka da korišćena platforma obezbeđuje većinu osnovnih najčešćih funkcionalnosti koje se očekuju od ovog tipa softvera ali ne i sve. Takođe je dala naznake u kojoj meri dodaci koji nisu inicijalno u platformi mogu obogatiti funkcionalnosti krajnjeg rešenja. Jedan od metoda u daljem istraživanju bi mogao biti upotreba specifikacija koja sadrži veći nivo detalja, kako bi se jasno pokazalo koliko platforma omogućava korisniku ostvarivanje svojih zamisli.

Drugi metod koji je korišćen se pokazao potpuno uspešnim. Metod evaluacije po heuristikama je omogućio donošenje zaključaka koji se odnose na sam kvalitet i upotrebljivost dobijenog rešenja iz ugla posetilaca sajta i potencijalnih kupaca. Ovaj postupak se takođe pokazao uspešnim i u tom smislu što je istakao nedostatke u pogledu stepena slobode u prilagođavanju kreirane internet prodavnice.

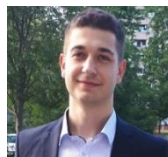
Alati za kreiranje internet prodavnice *SaaS* tipa daju rešenja koja su upotrebljiva i sa stanovišta funkcija koja se nude administratorima, ali i sa stanovišta ispunjavanja njihove osnovne namene, trgovine putem interneta.

Glavni nedostatak ovih rešenja jeste prilagodljivost specifičnim zahtevima i kao takva ova rešenja odgovaraju određenoj grupi korisnika. Ova grupa su oni korisnici koji nemaju potrebu za velikim prilagođavanjem osnovne verzije internet prodavnice koju im platforma nudi i nemaju potrebu za nekim samo njima specifičnim administratorskim opcijama. Ovakav zaključak upravo i opravdava i postojanje drugih tipova *e-commerce* platformi koji korisnicima nude veći stepen slobode i kontrole nad krajnjim rešenjem koje se dobija. Jedan od pravaca daljih istraživanja bi upravo mogao imati fokus na pomenutim drugim tipovima.

### 4. LITERATURA

- [1] Shopify. "Shopify". [Online]. <https://www.shopify.com/encyclopedia/what-is-ecommerce>
- [2] ecommerce guide. "ecommerce guide". [Online]. <https://ecommerceguide.com/guides/what-is-ecommerce/#section2>
- [3] IEEE. IEEE Std 830-1998 IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. IEEE Computer Society, 1998.
- [4] webbazar. "webbazar". [Online]. <https://www.webbazaar.com/ecommerce-development/what-is-an-ecommerce-platform.html>
- [5] BigCommerce. "BigCommerce". [Online]. <https://www.bigcommerce.com/blog/ecommerce-platforms/#what-ecommerce-platform-options-are-there>
- [6] ERP Software Blog. "ERP Software Blog". [Online]. <https://www.erpsoftwareblog.com/2018/02/difference-cloud-hosted-premises-software/>
- [7] BigCommerce. "BigCommerce". [Online]. <https://www.bigcommerce.com/blog/headless-commerce/#what-is-headless-commerce>
- [8] Shopify. "Shopify". [Online]. <https://www.shopify.com/online/ecommerce-solutions>
- [9] Shopify. "Shopify". [Online]. <https://www.shopify.com/pricing>

#### Kratka biografija:



**Jovica Čubrić**, rođen 02.11.1995. godine u Zrenjaninu. Završio srednju školu „Ekonomska trgovinska škola „Jovan Trajković“ u Zrenjaninu 2014. godine. Osnovne studije na odseku Računarstvo i automatika na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu je završio 2018. Master studije na studijskom programu Primenjene računarske nauke i informatika-Elektronsko poslovanje je upisao iste godine. Master rad odbranio 2020. god.

**TEORIJA KATEGORIJA KAO OSNOVA ZA RAZVOJ POSLOVNIH VEB APLIKACIJA  
CATEGORY THEORY AS A BASIS FOR DEVELOPING BUSINESS WEB  
APPLICATIONS**Aleksandar Novaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SOFTVERSKO INŽENJERSTVO I  
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE**

**Kratak sadržaj** – Cilj ovog rada jeste da pokaže kako se striktni matematički formalizmi mogu iskoristiti kao osnova za razvoj produkcionih poslovnih veb aplikacija. Shodno tome, prvi deo rada, naslovljen teorijske osnove, daje pregled oblasti fundamenata matematike, konkretno teorije kategorija. Drugi deo rada, pregled stanja u oblasti, pokazuje kako se pojmovi teorije kategorija prevode u iskaze programskih jezika. Primeri su dati u programskom jeziku Scala, pre svega zbog široke upotrebe ovog programskog jezika. Treći deo rada je prikaz slučaja u kom je razvijena ilustrativna poslovna veb aplikacija namenjena testiranju učenika.

**Ključne reči:** funkcionalno programiranje, teorija kategorija, funktor, monada, veb aplikacija, Scala

**Abstract** – Purpose of this paper is to show how one can use strict mathematical formalisms as a base for developing production ready business web applications. Consequently, first part of this paper, titled theoretical foundations, goes through parts of fundamental mathematics, specifically category theory. Second part of the paper, overview of the state of the field, shows how category theory terms translate to expressions of programming languages. Examples are presented in programming language Scala, primarily because of its popularity. Third part of this paper presents use case in which illustrative business web application for student examination is developed.

**Keywords:** functional programming, category theory, functor, monad, web application, Scala

**1. UVOD**

Poslednjih nekoliko godina sve popularnija paradigma programiranja postaje funkcionalna paradigma. I pored ovoga, često se tokom diskusija navode tvrdnje da funkcionalni jezici još uvek nisu primenljivi u produkciji i da im je namena isključivo akademska. Kada se primenjuje u tradicionalnim objektno-orijentisanim programskim jezicima, uglavnom se primenjuje samo mali podskup konceptata funkcionalnog programiranja. Cilj ovog rada je da pokaže kako se striktni matematički formalizmi mogu iskoristiti kao osnova za razvoj produkcionih poslovnih veb aplikacija.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Segedinac, vanr. prof.

Shodno tome, prvi deo rada, naslovljen teorijske osnove, daje pregled oblasti fundamenata matematike, konkretno teorije kategorija. Drugi deo, pregled stanja u oblasti, rada pokazuje kako se pojmovi teorije kategorija prevode u iskaze programskih jezika. Primeri su dati u programskom jeziku Scala, pre svega zbog široke upotrebe ovog programskog jezika. Treći deo rada je prikaz slučaja u kom je razvijena ilustrativna poslovna veb aplikacija namenjena testiranju učenika.

**2. TEORIJSKE OSNOVE****2.1. Funkcionalno programiranje**

Prvi i osnovni koncept na kom se zasniva funkcionalno programiranje je ideja da je ceo naš program pisan isključivo u čistim funkcijama (pure functions). Čista funkcija je funkcija koja ne komunicira sa spoljnim svetom, što znači da:

- totalna, a ne parcijalna, što znači da funkcija mora imati definisanu povratnu vrednost za svaku moguću ulaznu vrednost iz zadanog domena,
- deterministička, odnosno za istu ulaznu vrednost uvek vraća istu izlaznu vrednost,
- čista, nema sporednih efekata (nema komunikacije sa spoljnim svetom),
- ne menja stanje sistema, niti varijabli,
- nema *null* vrednosti,
- ne koristi refleksiju (samim tim nema ni magičnih operacija, cela logika funkcije je transparentna),
- ne baca izuzetke, što znači da se logika funkcije ne može prekinuti u bilo kom trenutku (greške se vraćaju kao deo povratne vrednosti funkcije) [1].

**2.2. Teorija kategorija**

Veliki značaj za funkcionalno programiranje ima *teorija kategorija*. Teorija kategorija formalizuje matematičke strukture i njene koncepte u pogledu označenih usmerenih grafova zvanih *kategorije*.

Kategorija je uređena četvorka  $\mathbf{A} = (O, hom, id, \circ)$  gde su:

1. klasa  $O$ , čiji se članovi nazivaju  $\mathbf{A}$ -objektima,
2. za svaki par  $\mathbf{A}$ -objekata  $(A, B)$ , klasa  $hom(A, B)$ , čiji članovi se zovu  $\mathbf{A}$ -morfizmi od  $A$  do  $B$ ,
3. za svaki  $\mathbf{A}$ -objekat  $A$ , morfizam  $id_A: A \rightarrow A$ , se naziva  $\mathbf{A}$ -identitet nad  $A$ ,
4. zakon kompozicije koji vezuje za svaki  $\mathbf{A}$ -morfizam  $f: A \rightarrow B$  i svaki  $\mathbf{A}$ -morfizam  $g: B \rightarrow C$   $\mathbf{A}$ -morfizam  $g \circ f: A \rightarrow C$ , koji se naziva kompozicija  $f$  i  $g$  [2].

Ako su  $\mathbf{A}$  i  $\mathbf{B}$  kategorije, onda je funktor od  $A$  ka  $B$  funkcija koja dodeljuje svakom  $\mathbf{A}$ -objektu  $A$   $\mathbf{B}$ -objekat  $F(A)$ , i svakom  $\mathbf{A}$ -morfizmu  $f: A \rightarrow A'$ , gde je  $A'$   $\mathbf{A}$ -



objekat, dodeljuje **B**-morfizam na takav način da važe sledeći zakoni:

1.  $F$  čuva kompoziciju, što znači da kad god je  $f \circ g$  definisano, važi i  $F(f \circ g) = F(f) \circ F(g)$ ,
2.  $F$  očuvava identični morfizam, što znači da za svaki **A**-objekat  $A$  važi da je  $F(id_A) = id_{F(A)}$  [2].

Monada nad kategorijom **X** je uređena trojka  $T = (T, \eta, \mu)$  koju čine funktor  $T : X \rightarrow X$  i prirodne transformacije  $\eta : id_X \rightarrow T$  i  $\mu : T \circ T \rightarrow T$  takve da dva dijagrama prikazana na slici 1 komutiraju [2].



Slika 1: Komutirajući dijagrami koji predstavljaju asocijativni zakon (levi dijagram), kao i zakone levog i desnog identiteta (desni dijagram) [2]

### 2.3. Scala

Autor programskog jezika Scala, Martin Oderski, je započeo razvoj jezika 2001. Prva zvanična verzija je izdata 20.01.2004. godine. Na samom početku, Scala je razvijana u cilju rešavanja najčešćih problema i kritika koje je dobijao programski jezik Java. Kada se kompajlira, Scala kod se prevodi u Java bajt kod, čime ima punu interoperabilnost sa Javom i njenim bibliotekama. Kako se kompajlira u Java bajt kod, Scala program se izvršava na Java virtuelnoj mašini (JVM) [3].

Danas Scala pripada kategoriji hibridnih jezika, što znači da pokušava da objedini funkcionalne i objektno-orijentisane koncepte. Objektno-orijentisani jezik je zato što je svaka vrednost u Scali objekat, a funkcionalan je zato što je svaka funkcija vrednost.

## 3. PREGLED STANJA U OBLASTI

### 3.1. Klase tipova

*Klasa tipova* je abstraktna struktura koja sadrži skup funkcija koje mogu imati više različitih implementacija zavisno od tipa/instance koji im je dat. Najčešće se koristi kako bi jasno razdvojila podatke od implementacije funkcija interfejsa. Ovim dobijamo mogućnost lakog proširenja funkcionalnost struktura u bibliotekama čijem internom kodu nemamo pristup.

Svaka *klasa tipova* ima četiri važna elementa:

- definicija same klase tipova koja uključuje deklaraciju metoda koje data klasa tipova obuhvata,
- instance klase tipova,
- interfejs klase tipova koji će klijenti da koriste,
- zakoni koje klasa tipova, odnosno njene instance moraju da zadovolje [4].

### 3.2. Funktor

Videli smo da je funktor preslikavanje jedne kategorije na drugu kategoriju sa očuvanjem morfizama. U Scali imamo set kategoriju i endofunkore. To znači da svaki tip možemo posmatrati kao objekat u set kategoriji, funkcije možemo posmatrati kao morfizme u ovoj kategoriji. Funktori su onda endofunktori, odnosno preslikavanje morfizama se vrši u okviru set kategorije (uvek na objekte koji već postoje u kategoriji).

Shodno tome, uz svaki funktor treba dati funkciju višeg reda, *map*, koja morfizme pre preslikavanja objekata preslikava na morfizme između preslikanih objekata.

*Funktor* je apstraktan konstrukt, tako da o *map* metodi treba da razmišljamo kao o metodi koja transformiše svaki element unutar funktora odjednom uz očuvanje strukture funktora. U nastavku dajemo definiciju klase tipova *Functor* [1]:

```
trait Functor[F[_]] {
  def map[A, B](fa: F[A])(f: A => B):
    F[B]
}
```

Kada smo uveli definiciju funktora u teoriji kategorija, naveli smo dva zakona koja moraju da važe za svaki funktor, *zakon identiteta* i *zakon kompozicije* [5].

### 3.3. Monada

Već smo pričali o monadama kada je bilo reči o teoriji kategorija i videli smo da je monada funktor  $T$  sa dve prirodne transformacije,  $\mu$  i  $\eta$ . Pojam funktora u programiranju smo razradili u prethodnoj sekciji. Sada ostaje da vidimo koja je programerska interpretacija navedenih prirodnih transformacija.

U programskom jeziku Scala za prirodnu transformaciju  $\mu$  tipično se koristi naziv *flatten*, a za  $\eta$  *pure*.

Prirodna transformacija  $\mu$  je bila definisana kao:

$$\mu : T \square T \rightarrow T$$

Shodno tome znamo da *join* funkcija treba da bude:

```
def flatten[F[_], A](ffa: F[F[A]]):
  F[A]
```

Dalje, monada ima i prirodnu transformaciju  $\eta$ :

$$\eta : A \rightarrow T(A)$$

Shodno tome možemo definisati i *pure*:

```
def pure[F[_], A](a: A): F[A]
```

Kako smo formalnu definiciju monade uveli pomoću *pure* i *flatten* funkcija, u nastavku dajemo definiciju *Monad* klase tipova koja se primarno oslanja na implementaciju ove dve funkcije, dok je najčešće korišćena *flatMap* funkcija implementirana pomoću *map* i *flatten* funkcije.

```
trait Monad[F[_]] extends Functor[F] {
  def pure[A](a: A): F[A]
  def flatten[A](ffa: F[F[A]]): F[A]
  def flatMap[A, B](fa: F[A])
    (f: A => F[B]): F[B] =
    flatten(map(fa)(f))
}
```

Prilikom uvođenja monade u teoriji kategorija, predstavili smo kroz komutirajuće dijagrame (slika 1) tri zakona koja svaka monada mora da zadovolji, *zakon asocijativnosti*, *zakon levog identiteta* i *zakon desnog identiteta* [5].

Scala pruža mogućnost komponovanja monada istog tipa pomoću *for comprehensije*, prevodeći je u poziv metoda *flatMap* i *map*.

### 3.4. Either monada

*Either* predstavlja produkt tipova *Right* i *Left*. *Right[A]* predstavlja prisustvo vrednosti tipa *A* i uspešno izvršen račun. *Left[E]* predstavlja prisustvo greške *E*, odnosno neuspešno izvršen račun [1].

*Either* je funktorialan u *A*, tako da metoda *map* transformiše vrednost tipa *A* u vrednost tipa *B*, dok *flatMap* transformiše vrednost tipa *A* u vrednost tipa *Either[E, A]*. Funkcija *pure* za primljenu vrednost *a* će samo vratiti vrednost *Right(a)*.

### 3.5. Reader monada

Ako imamo funkciju koja pristupa nekom read-only stanju, tu funkciju uvek možemo da zamenimo funkcijom koja read-only stanje prima kao parametar. To je funkcija  $(A, E) \Rightarrow B$ , koja prima "glavnu" vrednost tipa *A* i vrednost read-only stanja tipa *E* i vraća neku vrednost tipa *B*. Ako primenimo *currying* na ovu funkciju dobijamo  $A \Rightarrow (E \Rightarrow B)$ , funkciju koja prima samo "glavnu" vrednost tipa *A* i vraća novu funkciju koja prima vrednost read-only stanja tipa *E*, a vraća vrednost tipa *B*. Da bi rešili ovaj problema moramo uvesti novu monadu, *Reader* monadu [1]:

```
case class Reader[R, A](run: R => A)
```

*Reader* je funktorialan u *A*, tako da metoda *map* transformiše vrednost tipa *A* u vrednost tipa *B*, dok *flatMap* transformiše vrednost tipa *A* u vrednost tipa *Reader[R, B]*. Funkcija *pure* za primljenu vrednost *a* će samo vratiti vrednost *Reader(\_ => a)*, odnosno, ignorisaće bilo kakvo primljeno okruženje.

### 3.6. IO monada

Iako ne smemo u čistim funkcijama da imamo izvršavanje sporednog efekta, ništa nas ne sprečava da u čistu funkciju stavimo opis efekta. Ukoliko ovako posmatramo efekte, ceo program postaje opis jednog velikog efekta, koji će na kraju da primi interpreter koda i izvrši ga. Postavlja se pitanje kako kreirati opis efekta bez njegovog izvršavanja u jezicima poput *Scala*, koji nisu lenji po defaultu? Ukoliko kod efekta smestimo u funkciju bez parametara, taj kod se neće izvršiti čim dobavimo referencu na funkciju, već samo onda kad pozivamo samu funkciju. Dakle, opis efekta možemo predstaviti funkcijom koja nema ulaznih parametara, a za rezultat vraća rezultat izvršavanja efekta, odnosno neku vrednost tipa *A*. Nazovimo ovakvu strukturu *IO*. U *Scala* bi *IO* mogli da implementiramo na sledeći način [1]:

```
case class IO[A](run: () => A)
```

*IO* je funktorialan u *A*, tako da metoda *map* transformiše vrednost tipa *A* u vrednost tipa *B*, dok *flatMap* transformiše vrednost tipa *A* u vrednost tipa *IO[B]*. Funkcija *pure* za primljenu vrednost *a* će samo vratiti vrednost *IO(\_ => a)*, odnosno, samo će podići primljenu vrednost u efekat.

### 3.7. ZIO monada

*IO* monada nam daje mogućnost da enkodujemo interakciju sa spoljnim svetom, međutim, u realnom softveru nam pored toga verovatno treba da istovremeno imamo i mogućnost obrade grešaka, što nam omogućava

*Either* monada, i injektovanja zavisnosti, što nam omogućava *Reader* monada. Da bi dobili sve ove funkcionalnosti, potrebno je da koristimo *Reader*, *Either* i *IO* monadu. Ovo bi bilo nepraktično, zato što bi morali da koristimo mnogo ugnježenih transformatora i kod bi postao manje čitak u odnosu na imperativnu objekto-orijentisanu verziju.

Da bi rešili ovaj problem, uvešćemo novi tip koji predstavlja funkciju. Ova funkcija za ulazni parametar prima okruženje, a za rezultat vraća vrednost koja može biti greška, ili sama vrednost. Ukoliko navedenu strukturu nazovemo *ZIO*, ona bi na osnovu opisa izgledala ovako:

```
case class ZIO[R, E, A](run: R => Either[E, A])
```

Predstavljena struktura sadrži tri parametra tipa:

- *R* je tip okruženja od kog račun u *ZIO* monadi zavisi,
- *E* je tip greške koji račun u *ZIO* monadi može da vrati,
- *A* je tip vrednosti koju račun u *ZIO* monadi vraća [6].

*ZIO* je funktorialan u *A*, tako da metoda *map* transformiše vrednost tipa *A* u vrednost tipa *B*, dok *flatMap* transformiše vrednost tipa *A* u vrednost tipa *ZIO[B]*. Funkcija *pure* za primljenu vrednost *a* će samo vratiti vrednost *ZIO(\_ => Right(a))*, odnosno, samo će podići primljenu vrednost u *ZIO* efekat.

## 4. IMPLEMENTACIJA

### 4.1. Specifikacija

*ExamCoach* je aplikacija koja služi za kreiranje i upravljanje testovima u nastavi, kao i rešavanje istih. Implementiran je server koji sadrži HTTP REST interfejs za upravljanje testovima. Sistem može da koristi bilo koja klijentska aplikacija nezavisna od tehnologije.

Sistem razlikuje tri korisničke uloge:

1. **Administrator** – administrator ima mogućnost da kreira kategorije testova koje nastavnici kasnije mogu referencirati iz svojih testova.
2. **Nastavnik** – nastavnik ima mogućnost da kreira pitanja, kao i da kombinuje pitanja u testove. Nastavnik može da pretraži kategorije testova i pokuša da nađe odgovarajuće kategorije kojim pripada njegov test. Čim se kreira, test postaje vidljiv ispitanicima koji rešavaju testove. Svaki nastavnik može da vidi samo svoja pitanja. Pored ovoga, nastavnik može da se registruje i prijavi na sistem.
3. **Učenik** – učenik ima pravo da pretražuje testove i nakon što nađe odgovarajući, da ga rešava. Test se može rešavati iz više delova i nakon što se reši, korisnik ima pravo da vidi rezultate testa i koliko je uspešno rešio test. Pored ovoga, učenik može da se registruje i prijavi na sistem.

## 4.2. Arhitektura

Aplikacija je orhanizovana u tri odvojena sloja: transportni sloj, servisni sloj i sloj podataka. Transportni sloj direktno zavisi od sloja servisa. Kao što mu i ime sugerise transportni sloj veši validaciju zahteva i prosleđuje zahteve servisnom sloju. Servisni sloj je nezavisan od transportnog sloja, ali zato zavisi od sloja podataka. U servisnom sloju se nalazi cela posnovna logika sistema. Sloj podataka je nezavisan od svih ostalih slojeva. On sadrži specifikaciju interakcije našeg servisa sa bazom podataka, kao i specifikaciju upita i instrukcija koje će se izvršavati.

Ceo sistem radi sa pet entiteta i svaki entitet ima svoju komponentu u svakom od navedenih slojeva. Ti entiteti su: korisnik, kategorija, test, pitanje i instanca rešavanja testa.

Ceo projekat je podeljen u pakete i module. Moduli predstavljaju male, jasno definisane logičke celine koje se na jednostavan način mogu međusobno kombinovati. U servisnom sloju postoje po dva modula za svaki entitet koji smo naveli, jedan modul za servisnu logiku, i jedan modul za pristup repozitorijumu. Pored ovih, postoje i moduli za upravljanje heš vrednostima, generisanje jedinstvenog identifikatora i generisanje autorizacionog tokena.

## 4.3. Implementacija

Za implementaciju transportnog sloja je korišćena `http4s` funkcionalna biblioteka. Rutiranje HTTP zahteva je implementirano pomoću uklapanja oblika (*pattern matching*). Funkcije za validaciju pojedinačnih polja za rezultat vraćaju vrednost tipa *Either*. Da bi validirali kompleksnije entitete, komponovali smo više različitih funkcija kroz *for comprehensiju*, čime smo dobili kod nalik imperativnom, iako on to nije. Za predstavljanje validacionih grešaka korišćen je koprodukt tip nad kojim se vrši uklapanje tipova. Nakon validacije se pozivaju metode servisnog sloja. Kako svaka metoda servisnog sloja ima sporednih efekata (npr. komunikacija sa bazom), za povratnu vrednost se uvek vraća *ZIO monada*. Svaka metoda je implementirana kao kompozicija *ZIO monada* kroz *for comprehensiju*. Izmjena vrednosti instance entiteta se obavlja tako što se kreira kopija postojeće instance uz odgovarajuće izmene polja.

Za implementaciju sloja podataka je korišćena *doobie* biblioteka koja nam daje funkcionalan API za pristup SQL bazama podataka. Nakon injektovanja vrednosti u SQL upit, vrši se kreiranje *ConnectionIO* efekata koji predstavlja opis pristupa bazi. Kada je potrebno izvršiti više upita unutar jedne transakcije, vršit se kompozicija navedenih efekata pomoću *for comprehensije*, čime dobijamo potpunu kontrolu nad izvršavanjem transakcije.

Pored implementacije modula, napisani su i testovi za iste. Svaki test ima definisan objekat koji u sebi nosi definiciju alokacije stanja sistema, kao i definiciju dealokacije stanja sistema. Stanje sistema nije deljeno među testovima, što znači da možemo paralelizovati postojeće testove na bezbedan način (ne može doći do *data race-a*). Za implementaciju testova je korišćen *ZIO-test okvir*.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su predstavljeni osnovni koncepti funkcionalnog programiranja i mogućnost njihove primene u realnim situacijama. U prvom delu je izložen sažetak osnovnih koncepata teorije kategorija i istorije razvoja programskog jezika Scala. Nakon toga, je dat pregled osnovnih funkcionalnih koncepata u programskom jeziku Scala, kao i pregled značajnijih biblioteka poput *ZIO*. Treći deo daje specifikaciju projekta za upravljanje testovima i specifikaciju arhitekture projekta. Pored toga, predstavljeni su i delovi implementacije u cilju demonstracije primene funkcionalnih koncepata i pomenutih biblioteka.

Rešenje je implementirano kao serverska aplikacija kako bi omogućila korišćenje implementirane logike nezavisno od korišćene tehnologije. *ZIO* je korišćen za opis efekata koje server treba da izvrši i za testiranje istih. Za interakciju sa spoljnim svetom, primenjena je *http4s* biblioteka, dok je za komunikaciju sa bazom podataka korišćen *doobie*.

## 6. LITERATURA

- [1] Chiusano, P., & Bjarnason, R. (2014). *Functional programming in Scala*. Manning Publications Co.
- [2] Adámek, J., Herrlich, H., & Strecker, G. E. (2004). *Abstract and concrete categories. The joy of cats*.
- [3] Odersky, M., Altherr, P., Cremet, V., Emir, B., McDirmid, S., Micheloud, S., Mihaylov, N., Schinz, M., Stenman, E., & Zenger, M. (2006). *An Overview of the Scala Programming Language Second Edition*.
- [4] Noel, W., & Dave, G. (2017). *Scala with Cats*.
- [5] Lipovaca, M. (2011). *Learn you a haskell for great good!: a beginner's guide*.
- [6] „ZIO.dev. Summary.” URL: [https://zio.dev/docs/overview/overview\\_index](https://zio.dev/docs/overview/overview_index) (pristupljeno u februaru 2020.)

### Kratka biografija:



**Aleksandar Novaković** rođen je 12.03.1994. godine u Novom Sadu. Godine 2009. završio je Osnovnu školu „Sveti Sava“ u Zvorniku. Gimnaziju „Filip Višnjić“ u Bijeljini, završio je 2013. godine. Iste godine upisao je Fakultet tehničkih nauka na Univerzitetu u Novom Sadu, smer Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije. Zvanje diplomirani inženjer elektrotehnike i računarstva stekao je 2017. godine. Iste godine upisao je master akademske studije na smeru Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije. Položio je sve ispite propisane planom i programom.  
kontakt: anovakovic01@gmail.com

**PRORAČUN ILUMINACIJE PRIMENOM NEURALNIH MREŽA  
ILLUMINATION ESTIMATION USING NEURAL NETWORKS**Ksenija Latinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ENERGETIKA, ELEKTRONIKA I  
TELEKOMUNIKACIJE**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisana je primena LED svetla za potrebe sistema pametne rasvete, njegova alternativna uloga u sistemima za komunikaciju vidljivom svetlošću, VLC (Visible Light Communication) i značaj tih sistema u tehnikama pozicioniranja i lokalizacije. U radu su opisane metode estimacije iluminatornog kao prostornog polja, pri čemu je akcenat stavljen na unutrašnje prostore. Cilj ovog rada jeste da se na osnovu numeričkog eksperimenta dobijenog primenom alata programskog jezika MATLAB, za određenu prostoriju i definisane parametre LED rasvete, uradi procena iluminatornog polja u okviru odgovarajuće neuralne mreže.

**Gljučne reči:** neuralna mreža, proračun iluminacije, pametna kontrola rasvete, LED svetlo, prostorno polje

**Abstract** – This paper describes a properties of LED lights used in smart lighting systems, its alternative role in visible light communication systems and significance of these systems in localization and positioning techniques. This paper describes a methods for illumination estimation where illumination was considered as a spatial field and the emphasis is on the indoor environments. The goal of this paper is to estimate the illuminance field by applying neural network using results obtained from numerical experiment implemented in MATLAB framework.

**Keywords:** neural network, illuminance estimation, smart lighting control, LED light, spatial field

**1. UVOD**

U savremenom svetu, ljudi provode više od 90% svog radnog vremena u zatvorenim prostorijama [4]. Iz tog razloga, neophodno je obezbediti dovoljnu i odgovarajuću količinu svetlosti. Zbog toga, rasveta teži da oponaša prirodno svetlo kako bi se zadovoljili vizuelni uslovi i poboljšalo obavljanje dnevnih aktivnosti u zatvorenom prostoru. Ovakve zahteve najviše zadovoljava rasveta u vidu LED (Light-Emitting Diode) sijalica. Podesivost intenziteta (dimabilnost) LED rasvete utiče kako na direktan osvetljaj radne površine, tako i na celokupnu ambijentalnu osvetljenost prostorije. Raznolikost boja i oblika svetiljki utiču na to da je LED rasveta opšteprisutna na različitim mestima poput škola, bolnica, konferencijskih sala itd.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Vukobratović, red. prof.**

Razvojem VLC tehnologija, alternativna svojstva LED svetla dolaze do izražaja. Pozicioniranje u unutrašnjem prostoru, IPS (Indoor Positioning System) koristi kratki domet VLC tehnologije za unutrašnju lokalizaciju. IPS sistemi otvaraju mogućnosti za razvoj različitih aplikacija, a razvoj Interneta stvari, IoT (Internet Of Things) doprinosi njihovom ostvarenju.

Internet stvari podrazumeva umreženosti masovnih uređaja, njihovu međusobnu komunikaciju i razmenu informacija. Pametni uređaji u sebi imaju ugrađene senzore za praćenje i merenje određenih fizičkih entiteta. Prikupljeni i obrađeni podaci dovode do određenih informacija koje mogu da utiču na svakodnevne aktivnosti kao i na unapređenje postojećih tehnologija (poznavanje propagacije radio talasa utiče na poboljšanje performansi radio sistema [1]). Lokalizacija i merenje svetlosnih karakteristika u nekom regionu od interesa su dve nerazdvojive i međusobno zavisne celine. Iz tih razloga, tehnike za lokalizaciju i estimaciju svetlosnog polja su podvrgnute zajedničkom učenju u kojem tačnost modela svetlosnog polja zavisi od tačnosti lokalizacije njegovih parametara.

**2. PAMETNA RASVETA**

Cilj pametne rasvete u određenom objektu jeste obezbeđivanje uštede električne energije postavljanjem minimalne osvetljenosti, tako da ona zadovolji uslove i potrebe korisnika tog objekta. U cilju postizanja kompromisa između kvaliteta osvetljenosti i energetske efikasnosti, pametna rasveta uzima u obzir sve moguće faktore koji na to utiču poput prisustva dnevne svetlosti, okupiranosti i vremena trajanja korišćenja prostorije, kao sam i položaj korisnika u prostoriji [4].

Grafičkim softverom je moguće modelovati geometriju, refleksiju i plan prostorije, dok se na platformi za video igrice simulira svetlosno polje. Na taj način estimirano svetlosno polje se principom povratne sprege dalje koristi u procesima kontrole rasvete [3]. Sistemi koji koriste povratnu spregu imaju nekoliko ciljeva: rešavanje konflikta između preferencija više korisnika, obezbeđivanje ravnomerne osvetljenosti poda (bez senki), postizanje autonomne *plug-and-play* funkcionalnosti [3].

**3. PROSTORNO POLJE**

Distribucija fizičke veličine u određenoj regiji se naziva prostorno polje tzv. *spatial field*. Ponašanje nekog fizičkog fenomena je u većini slučajeva promenljivo i da bi se adekvatno opisalo potreban je određen period učenja. Prikupljanje podataka o nekom polju se vrši uz pomoć velikog broja senzora, tzv. agenata. Agenti mogu biti statički i postavljeni na unapred poznatim lokacijama i tada za cilj imaju praćenje ponašanja prostornog polja u



toku vremena. Agenti mogu biti nošeni i od strane robota, a prikupljanje podataka se tada vrši prema predefinisanim putanjama, IPP (*Informative Path Planning*). Kretanje agenata može da bude i nasumično. Agenti mogu da budu masovni uređaji poput mobilnih telefona, pametnih automobila itd.



Slika 1. Robot i pametni telefon u ulozi agenta.

U pozadini sistema pametnog uređaja, senzori prikupljaju podatke od važnosti i šalju ih na *cloud*, na kom se nalaze algoritmi za učenje koji za cilj imaju preciznu i tačnu estimaciju posmatranog prostornog polja. Ovakvi algoritmi se baziraju na iskustvima prethodnih agenata.

Često se uzima pretpostavka da agenti mere vrednosti prostornog polja na poznatim lokacijama. Ukoliko, pozicija agenta nije poznata, potrebno je najpre locirati njegov položaj. Tehnike za pozicioniranje usled NLOS (*Non-Line-Of-Sight*) uslova unose određenu nesaglasnost (*bias*) između stvarne i izmerene pozicije. Takve vrste neizvesnosti je potrebno uključiti u procese učenja prostornog polja jer parametri polja zavise od pozicije agenta. Sa druge strane, čak i da je model posmatranog polja tačan, u slučajevima pogošne lokalizacije, njegovi rezultati su beskorisni. Same tehnike pozicioniranja često zavise od parametara modela i ovaj paradoksalni (*chicken-and-egg*) problem predstavlja osnov za razvoj metoda koje se bave združenim tehnikama lokalizacije i učenja prostornog polja [1].

#### 4. PRORAČUN ILUMINACIJE U ZATVORENOM PROSTORU

Za određivanje distribucije osvetljenosti kao prostornog polja u zatvorenoj prostoriji, koriste se dva osnovna svojstva LED svetla, a to su prenosna optička snaga i jačina svetlosti [2].

Prenosna optička snaga,  $P_t$  se izražava proračunom integrala energetskega fluksa u svim pravcima.

$$P_t = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \int_0^{2\pi} \Phi_e d\theta d\lambda, \quad (1)$$

gde je  $\Phi_e$  snaga zračenja iluminatora po jedinici talasne dužine, a interval  $[\lambda_{min}, \lambda_{max}]$  je opseg vidljive svetlosti.

Jačina svetlosti koja „pada“ na horizontalnu ravnu površinu se izražava na sledeći način:

$$I(\theta) = I(0) \cos^m(\theta), \quad (2)$$

gde je  $I(0)$  centar jačine svetlosti,  $\theta$  je ugao zračenja u odnosu na normalu predajne površine, a  $m$  je red *Lambertovog zračenja* opisan na sledeći način:

$$m = -\frac{\ln 2}{\ln(\cos \Phi_{1/2})}, \quad (3)$$

gde je  $\Phi_{1/2}$  ugao poluzračenja.

Ukupan svetlosni fluks na horizontalnoj površini se može izračunati na sledeći način:

$$\Phi = \frac{2\pi I(0)}{1+m}, \quad (4)$$

što znači da ukupni fluks zavisi od centra jačine svetlosti i ugla poluzračenja [2].

Tabela 1. Zavisnost centra jačine svetlosti u odnosu na ugao poluzračenja.

$\Phi_{1/2} [^\circ]$	$I(0)$ [cd]
10	789.30
20	207.11
30	99.24
40	61.41
50	43.81
60	34.11
70	28.07
80	23.81

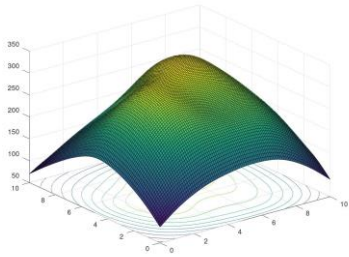
Tabela 2. Prikaz vrednosti parametara modela [2].

$P_t$ [W]	$\Phi_{1/2} [^\circ]$	$m$	$I(0)$ [cd]	$\Phi$ [lm]
0.452	20	11.14	207.11	107.16
0.452	60	1	34.11	107.16
0.452	70	0.646	28.07	107.16

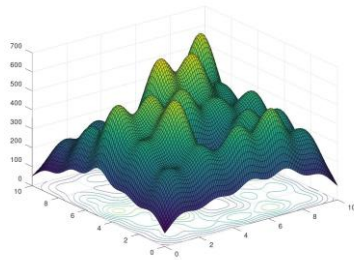
#### 4.1. Numerički eksperiment

Prema uzoru na numerički eksperiment koji je opisan u [2], za proračun distribucije iluminacije posmatra se prostorija dimenzija  $10\text{ m} \times 10\text{ m} \times 3\text{ m}$ , sa ravnomerno raspoređenom LED rasvetom sačinjenom od 25 ( $5 \times 5$ ) LED svetiljki. Svaka LED svetiljka je sačinjena od zasebnih ( $5 \times 5$ ) LED lampica. Horizontalna površina je podeljena na mrežu tačaka rezolucije  $101 \times 101$  tačaka. Za proračun iluminacije korišćeno je programsko okruženje MATLAB. Proračun je izvršen sa varijacijama ugla poluzračenja i različitim vrednostima dimabilnosti svetiljki. Distribucije iluminatornog polja, pri nasumičnim vrednostima intenziteta osvetljenosti (dimabilnosti) i za uglove poluzračenja od  $60^\circ$  i  $20^\circ$  su prikazane na Slikama 3. i 4, respektivno.





Slika 2. Distribucija iluminacije za ugao  $60^\circ$  u uslovima nasumičnog intenziteta osvetljenja.



Slika 3. Distribucija iluminacije za ugao  $20^\circ$  u uslovima nasumičnog intenziteta osvetljenja.

## 5. PRIMENA NEURALNE MREŽE

Diskretizacijom svetlosnog polja, kao kontinualnog signala, dobija se određeni skup tačaka koje sadrže vrednosti iluminacije na određenim pozicijama. Ovakva vrsta regresionog problema podrazumeva pronalaženje modela koji bi opisao vezu između pozicije i vrednosti iluminacije na toj poziciji.

Cilj jednog takvog modela jeste predviđanje vrednosti iluminacije onih pozicija koje nisu obuhvaćene skupom diskretnih tačaka. Model za predviđanje se sastoji od dva ulazna i jednog izlaznog parametra.

Za realizaciju neuralne mreže korišćen je programski jezik *python* i pomoćne biblioteke *sklearn* i *tensorflow* sa

ekstenzijom *keras*. Struktura neuralne mreže odgovara strukturi *multilayer* perceptrona (MLP).

Nad rezultatima iz numeričkog eksperimenta iz [2] primenjena je neuralna mreža sa dva slučaja varijacija veličine skupa podataka. Rezolucija mreže nad kojom se posmatra iluminatorno polje, u prvom slučaju iznosi  $101 \times 101$ , a u drugom  $501 \times 501$ . Odnos veličine trening i test skupa u oba slučaja iznose  $90:10$ , respektivno.

U nastavku su date evaluacije rezultata neuralne mreže sa odgovarajućim vrednostima parametara za uglove poluzračenja  $60^\circ$  i  $20^\circ$  i za slučaj veličine (rezolucije) od  $501 \times 501$  tačaka.

Tabela 3. Rezultati obuke za distribuciju iluminacije sa uglom poluzračenja  $60^\circ$  i brojem tačaka  $501 \times 501$ .

Broj ulaznih tačaka : $501 \times 501$
Ugao poluzračenja : $60^\circ$
Broj skrivenih slojeva : 2
Broj neurona u skrivenom sloju : 64 i 128
Veličina beča : 100
Maksimalan broj iteracija : 1000
MAE : 0,92
MSE : 1,47
RSQ : 0,99
Estimacija neuralne mreže

Tabela 4. Rezultati obuke za distribuciju iluminacije sa uglom poluzračenja  $20^\circ$  i brojem tačaka  $501 \times 501$ .

Broj ulaznih tačaka : $501 \times 501$
Ugao poluzračenja : $20^\circ$
Broj skrivenih slojeva : 3
Broj neurona u skrivenom sloju : 64, 256 i 256
Veličina beča : 100
Maksimalan broj iteracija : 1000
MAE : 5,73
MSE : 73,50
RSQ : 0,99
Estimacija neuralne mreže

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljene su metode učenja distribucije iluminatornog kao prostornog polja u zatvorenoj prostoriji. U pogledu realizacije kontrole rasvete, učenje o svetlosnom polju bi moglo da se izvede na osnovu aktivnosti korisnika. U tom slučaju bi, radi postizanja željenog modela iluminacije, neuralna mreža kao trening skup koristila pozicije i preferencije korisnika. Konflikti između korisnika i optimalni nivo iluminacije u prostoriji, modelovali bi se u cilju minimalne potrošnje električne energije.

Uz pomoć mobilnih agenta, VLC tehnologijom, pored pozicioniranja možemo da izmerimo i vrednost iluminacije i time povećamo trening skup neuralne mreže. Neuralne mreže pokazuju bolje performanse nad većim ulaznim skupom podataka.

Neuralne mreže ne postavljaju ograničenja u pogledu ulaznih parametara, što znači da mogu da modeluju podatke sa visokom stopom promenljivosti i nestabilnosti. Modelovanje probabilističkih modela za učenje je ograničeno kompjuterskim pravilima i operacijama, što proces iteracija čini kompleksnim kako za implementaciju, tako i za izvršavanje. Neuralne mreže, pak, koriste apstraktne koncepte zasnovane na empirijskom saznanju. Iako vreme obuke može da traje duže, njena implementacija je znatno jednostavnija, a iteracije neophodne za učenje modela, neuralna mreža obavlja kroz epohe uz mogućnost samonadgledanja učenja (obuka može da se prekine ukoliko je neuralna mreža dostigla svoje zadovoljavajuće stanje i pre isteka zadatog broja epoha).

Određene probabilističke metode mogu da pruže intuitivni uvid u procese i njihovo ponašanje, dok neuralna mreža predstavlja „crnu kutiju“. Još jedna prednost neuralne mreže jeste ta što vrši trening koristeći principe stohastičkog gradijenta čija su se svojstva skaliranja velikog broja podataka pokazala kao najpovoljnija. Osim toga, vreme trajanja obuke neuralne mreže je danas znatno skraćeno i omogućeno u realnom vremenu zahvaljujući razvoju specijalnih softvera zasnovanih na *multithreading* operacijama, kao i hardverima visoke snage. Sistemi neuralnih mreža i dubokog učenja su, zahvaljujući dizajnu da programiraju same sebe, predmet razvoja i daljih istraživanja novih tehnologija.

## 7. LITERATURA

- [1] Eva Arias-de-Reyna, Pau Closas, Davide Dardari, Petar M. Đurić, „Crowd-Based Learning of Spatial Fields for the Internet of Things“, IEEE 2018.
- [2] M. Petkovic, D. Bajovic, D. Vukobratovic, G. McCutcheon, L. Stankovic, V. Stankovic: "Effect of External Daylight in Smart Dimmable LED Lighting Systems," Wireless and Optical Communications Conference WOCC 2019, Beijing, China, May 2019.
- [3] Sina Afshari, Li Jia, Richard J. Radke, Sandipan Mishra, „Light Field Estimation and Control using a Graphical Rendering Engine“, ASME 2014.
- [4] Casper Kofod, „Guidelines for Indoor Lighting in the Public and Private Service Sector“, Denmark, 2017.

### Kratka biografija:



**Ksenija Latinović** rođena je u Novom Sadu, 1991. Osnovne studije završila na Fakultetu tehničkih nauka, na smeru Energetika, elektronika i telekomunikacije. Master studije, na studijskom programu Komunikacione tehnologije i Obrada Signala upisala 2017.

**MODELOVANJE EKOLOŠKE PUNIONICE ZA ELEKTRIČNE AUTOMOBILE  
MODELING ECOLOGICAL CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES**Bojan Grbić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu su prikazani modeli ekološke fotonaponske punionice za električne automobile za razne moduse rada sistema kao i modeli EV2EV punjenje. Modeli su urađeni u Matlab/Simulink-u.

**Ključne reči:** Samostalni FN sistemi, Električni automobili, Li-ion baterije, Punionica

**Abstract** – This paper presents models of ecological photovoltaic charging station for electric cars for various operating modes of the system as well as models of EV2EV charging. The models are made in Matlab/Simulink.

**Keywords:** Stand-Alone Photovoltaic, Electric Vehicle Li-ion batteries, Charging Station

**1. UVOD**

Potreba za energijom, naročito električnom u svetu se stalno povećava. Na godišnjem nivou, trend rasta iznosi oko 2,3% što ukazuje na stalnu potrebu izgradnje novih kapaciteta [1]. Dosadašnji rast proizvodnje električne energije zasnovan je na neobnovljivim (fosilnim) izvorima, što je dovelo do njihovog ubrzanog iscrpljivanja, ali i niza negativnih efekata. Najizrazitiji problem su negativni klimatski efekti izazvani visokom emisijom gasova staklene bašte, pre svega CO<sub>2</sub>. Rešenje se vidi u orijentaciji na obnovljive izvore energije (sunce, vetar, hidro energija i dr.). Usavršavanje tehničkih rešenja vetroelektrana, solarnih fotonaponskih izvora i drugih izvora „čiste“ električne energije omogućio je njihov ubrzan rast i sve veće prisustvo u elektroenergetskom sistemu. Na kraju 2018. godine u svetu je bilo instalirano 2.378 GW ovih izvora, što je činilo 5,6% proizvodnih energetske kapaciteta [2].

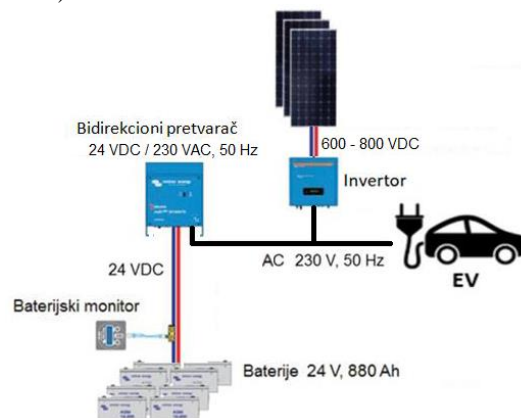
S druge strane, značajan izvor emisije CO<sub>2</sub> i zagađenja, posebno u velikim gradovima dolazi od izduvnih gasova automobila, autobusa, kamiona i drugih vozila pogonjenih motorima sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS). Ovde se rešenje vidi u orijentaciji ka korišćenju električnih automobila.

Međutim, poseban problem je energetska snabdevanje električnih automobila u zaštićenim sredinama (nacionalnim parkovima, zaštićenim zonama i sl.), gde nema razvijene distributivne mreže i gde su strožije mere

zaštite okoline. U tom smislu, kao jedno od mogućih rešenja, u ovom radu predstavljena je i analizirana ekološka, solarna fotonaponska (FN) punionica za električne automobile u samostalnom radu. Napravljen je njen računarski model i izvršene su simulacije raznih scenarija rada.

**2. EKOLOŠKA FN PUNIONICA**

Ekološka FN punionica za električne automobile sastoji se od elemenata solarnog FN sistema (niza FN panela i invertora), bidirekcionog pretvarača i stacionarne baterije (slika 1). Potrošač je električno vozilo (EV), odnosno njegove ugrađene baterije, kako je prikazano na slici 1. Pretpostavka je da se radi o komercijalnom vozilu, koje je predviđeno za priključenje na standardnu, javnu distributivnu električnu mrežu (230/400 V, 50 Hz) i koje u sebi ima ugrađen punjač baterija (ispravljač i DC/DC kontroler).



Sl. 1. Delovi sistema ekološke FN punionice

Ovaj sistem može da radi u tri modusa a) direktno punjenje baterija EV-a iz FN elektrane (PV2EV, engl. *Photovoltaic to Electric Vehicle*), b) punjenje stacionarne baterije iz FN elektrane (PV2B, engl. *Photovoltaic to Battery*) i c) punjenje baterije EV iz stacionarne baterije (B2EV, engl. *Battery to Electric Vehicle*).

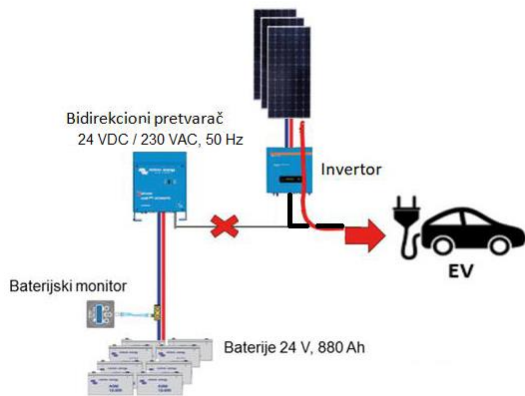
Pored toga, kao nezavisan, četvrti modus rada obrađeno je punjenje iz baterije jednog EV u bateriju drugog (EV2EV, engl. *Electric Vehicle to Electric Vehicle*).

**2.1. Direktno punjenje EV-a (PV2EV)**

Pod direktnim punjenjem se podrazumeva da je električni automobil priključen na naizmeničnu mrežu napona 230V i učestanosti 50 Hz, koji se dobija sa invertora napajanog preko FN panela (600-800 VDC), kao što je prikazano na slici 2.

**NAPOMENA:**

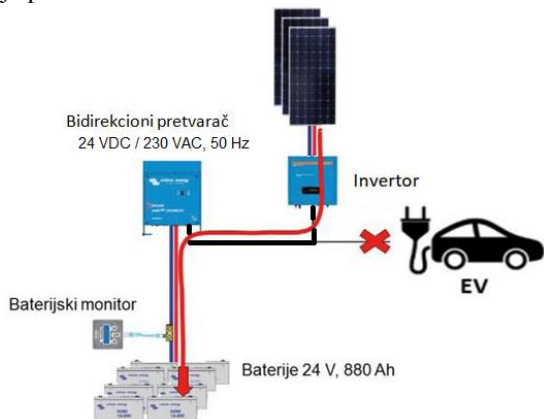
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red.prof.



Sl. 2. Modus rada sistema pod a) (PV2EV)

## 2.2. Punjenje stacionarne baterije (PV2B)

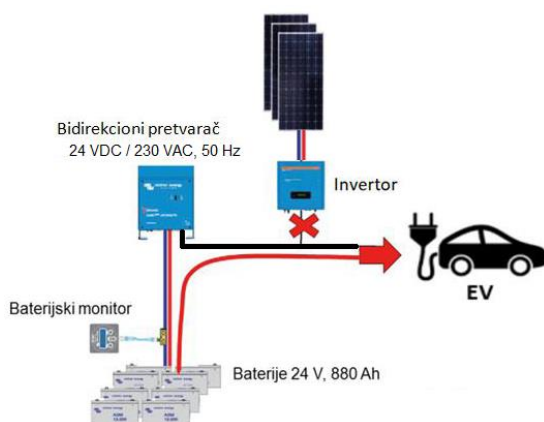
Ovaj modus rada je slučaj punjenja stacionarne baterije iz FN sistema preko bidirekcionog pretvarača (koji sada radi kao AC/DC pretvarač, ispravljač) i bez priključenog potrošača tj. električnog automobila na ovaj sistem, kao što je prikazano na slici 3.



Sl. 3. Modus rada sistema pod b) (PV2B)

## 2.3. Punjenje iz stacionarne baterije u EV (B2EV)

U ovom modusu energija se uzima iz stacionarne baterije, koja preko bidirekcionog pretvarača (koji u ovom režimu radi kao DC/AC pretvarač, inverter) napaja naizmeničnu sabirnicu napona 230V, učestanosti 50 Hz potrebnu za punjenje električnog automobila, kao što je prikazano na slici 4.

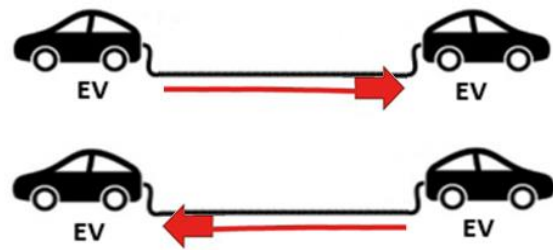


Sl. 4. Modus rada sistema pod c) (B2EV)

## 2.4. Punjenje iz jednog EV u drugo (EV2EV)

U modusu rada EV2EV baterija jednog električnog automobila (čije je stanje napunjenosti u dozvoljenim

granicama da može da predaje energiju) dopunjuje ispražnjenu bateriju drugog električnog automobila preko DC sabirnice, kako je prikazano na slici 5.



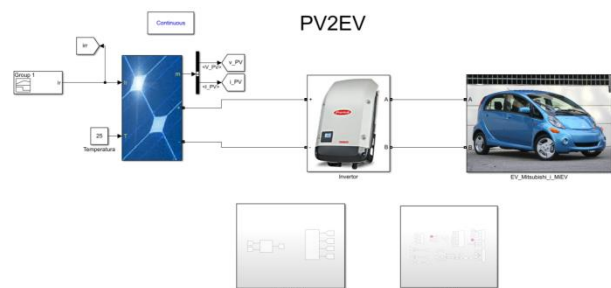
Sl. 5. Modus rada d) (EV2EV)

## 3. MATLAB/SIMULINK MODELI PUNIONICA

Za navedene moduse u kojima ovaj sistem radi, kao i modus koji radi nezavisno od sistema (EV2EV) izrađeni su odgovarajući modeli u Matlab/Simulink softveru. U nastavku će biti ukratko predstavljene ovi modeli.

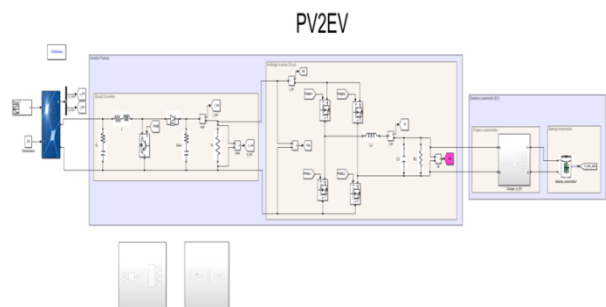
### 3.1. Direktno punjenje EV-a (PV2EV).

Model direktnog punjenja EV-a (PV2EV) dat je na slici 6. sastoji se iz modela FN solarnog polja (FN panela), invertora i električnog automobila (baterije). Radi realnosti prikaza, za model električnog automobila uzet je Mitsubishi i-MiEV (snaga motora 49 kW, kapacitet baterije 16 kWh, potrošnja 12,5 kWh/100km). Postoje i dva podsistema: upravljanje (gde se nalaze upravljački blokovi) i signali (scope-deo sa prikazom generisanih signala). Ova dva podsistema blokova nalaze se i u modelima datim na slikama 8 i 10, gde su predstavljeni modusi rada PV2B i B2EV, a uloga im je ista kao i u ovom modelu.



Sl. 6. Model za direktno punjenje EV iz PV (PV2EV)

Na slici 7 prikazan je model PV2EV detaljnije, gde je istaknut pretvarački blok FN elektrane (Inverter). Vidi se da se ovaj blok sastoji od DC/DC podizača napona i DC/AC sklopa, odnosno invertora. Na njega je u nastavku priključen model električnog vozila, koji se sastoji od punjača i baterije električnog vozila.



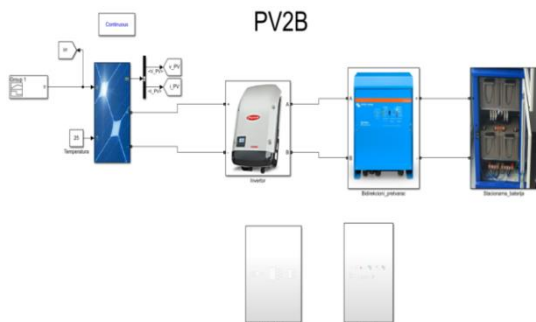
Sl. 7. Model PV2EV detaljna Matlab šema



Dakle, model FN solarnog polja se ponaša kao jednosmerni izvor na koga je povezan model invertora u kome se nalazi podizač napona koji sadrži algoritam upravljanja maksimalnom radnom tačkom koji daje faktor ispune generatoru impulsa (PWM), koji zatim predaje impulse na gejtt IGBT i pritom sa proračunatim parametrima induktivnosti, kapacitivnosti i otpornosti kola daje određen napon i struju na izlazu podizača napona. Posle podizača napona kao što je na modelu prikazano dolazi mostni inverter. Upravljanje inverterom je zatvorenom povratnom spregom, koja daje impulse na gejtovima prekidačkih elemenata i formira invertovan napon koji ide preko LC filtra da bi se dobio sinusni oblik napona 230/400V i učestanosti 50Hz. EV se priključuje na model električnog automobila, čije baterije treba napuniti. U modelu automobila je punjač, koji puni model baterije EV-a metodom konstantne struje.

### 3.2. Punjenje u stacionarnu bateriju (PV2B)

Na slici 8 prikazan je model PV2B koji se sastoji od modela FN solarnog polja, invertora, bidirekcionog pretvarača i stacionarne baterije i blokova upravljanje i scope, dok na slici 9 prikazan detaljnije prikaz modela PV2B. Ako se uporedi sa slikom 6 vidi se da su u ovom modusu rada novi modeli elemenata sistema: bidirekciono pretvarač i stacionarna baterija. Pošto su parametri i načini funkcionisanja modela FN solarnog polja i invertora isti, kao u prethodnom modelu navešće se samo način rada navedena dva nova elementa sistema.



Sl. 8. Model punjenje u stacionarnu bateriju (PV2B)

Na slici 9 uočava se model bidirekcionog pretvarača u režimu rada punjača (AC/DC pretvarača), koji je priključen na inverter, koji daje naizmenični napon 230V učestanosti 50Hz. U bidirekcionom pretvaraču se nalazi neupravljivi (diodni) ispravljač, koji ispravlja naizmenični napon u jednosmerni, na čijem izlazu se talasnost napona smanjuje paralelno vezanim kondenzatorom. DC napon se prilagođava stacionarnoj bateriji DC/DC pretvaračem (Spustač-podizač napona), sa čijim upravljačkim algoritmom se upravlja na koji način da se puni stacionarna baterija

### 3.3. Punjenje iz stacionarne baterije u EV (B2EV)

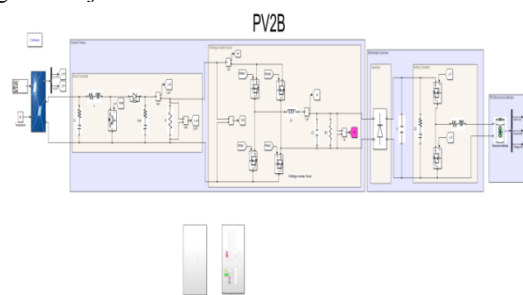
Na slici 10 se vidi da su elementi ovog modela: stacionarna baterija, bidirekciono pretvarač i model električnog automobila.

Na slici 11 za model stacionarne baterije prikazan je Simulink-ov model baterije u koji se unose željeni tip i parametri baterije. Bidirekciono pretvarač, kao što je prikazano, u ovom režimu radi kao inverter. Sastoji se od

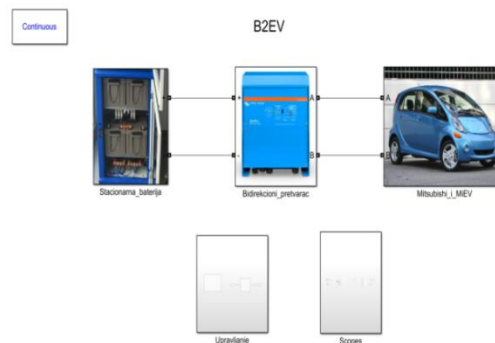
spustača-pretvarača pretvarača (koji u ovom slučaju kontroliše pražnjenje stacionarne baterije) i invertora sa izlaznim LC filtrom i transformatorom, koji stvaraju naizmenični napon 230V i učestanost 50Hz na izlazu bidirekcionog pretvarača. Zatim je priključen model električnog automobila, gde se vidi da se sastoji od punjača i baterije automobila.

### 3.4. Punjenje iz jednog električnog vozila u drugo električno vozilo (EV2EV)

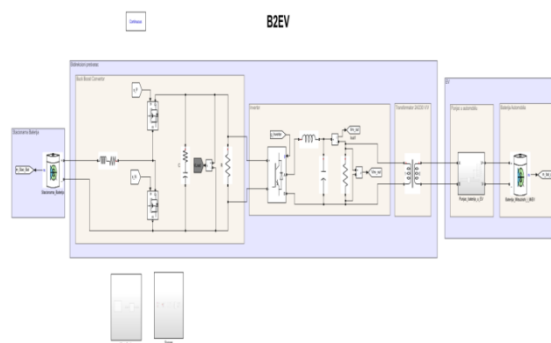
Kao što je prikazano na slici 12 model se sastoji od dva električna automobila (*Mitsubishi i-MiEV* i *BMW i3*) i punjača između njih. Na modelu nalaze se i Simulink blok *display* koji u toku simulacije pokazuju napon baterije i snagu baterije električnih automobila.



Sl. 9. Model PV2B detaljna Matlab šema



Sl. 10. Model punjenje iz stacionarne baterije u EV (B2EV)



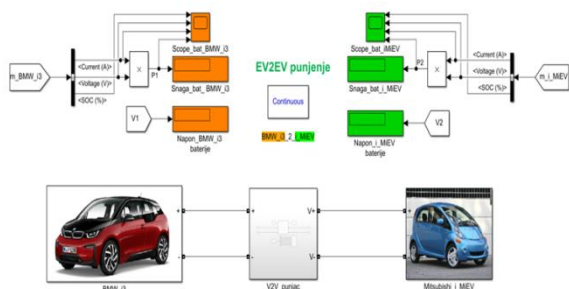
Sl. 11. Model (B2EV) detaljna Matlab šema

## 4. REZULTATI SIMULACIJA

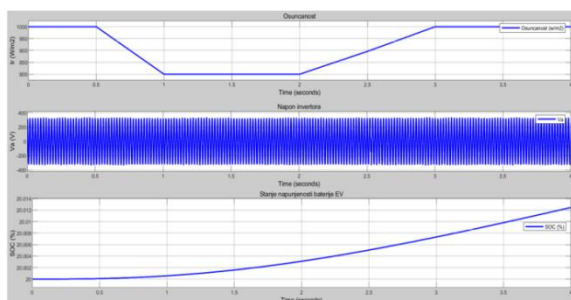
### 4.1. Direktno punjenje u EV (PV2EV)

Na slici 13 na prvom dijagramu dat je izgled osunčanja koji je zadat na ulazu modela fotonaponskog solarnog polja. Drugi dijagram je izgled napona invertora koji je priključen na FN panele. Iz ovih rezultata se vidi da za ovakavo zadato osunčanje, napon na izlazu iz invertora nije pokazao nikakve značajne promene. Treći dijagram je

stanje napunjenosti baterije (SOC – *State of Charge*) automobila gde se vidi da je SOC u porastu tj. baterija se puni u toku simulacije.



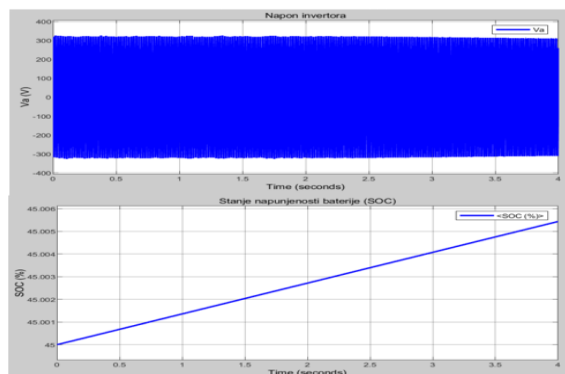
Sl. 12. Model EV2EV BMW i3 puni baterije automobila Mitsubishi i-MiEV



Sl. 13. Rezultat simulacije modusa PV2EV

#### 4.2. Punjenje stacionarne baterije (PV2B)

Za osunčanje kao u modusu pod a) za modus PV2B na slici 14 dati su rezultati simulacije napona na invertoru i stanje napunjenosti stacionarne baterije (SOC).



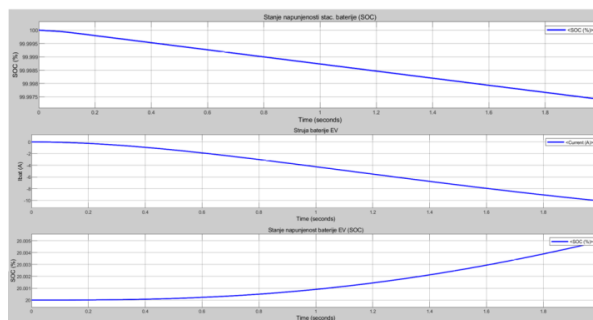
Sl. 14. Rezultat simulacije modusa PV2B

#### 4.3. Punjenje iz stacionarne baterije u EV (B2EV)

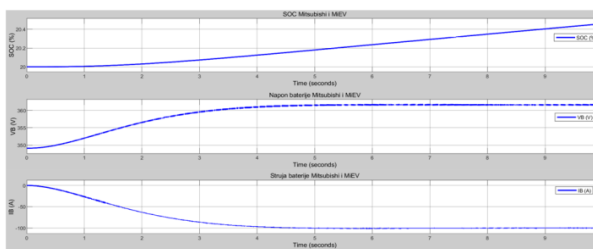
Na slici 15 dati su rezultati simulacije B2EV za SOC stacionarne baterije, struju punjenja baterije automobila i SOC baterije električnog automobila.

#### 4.4. Punjenje iz jednog EV u drugo (EV2EV)

Na slici 16 dati su rezultati simulacije, sa rezultata se vidi kako je baterija automobila u prvoj fazi punjenja metode konstantne struje konstantnog napona.



Sl. 15. Rezultat simulacije modusa B2EV



Sl. 16. Rezultati simulacije – parametri baterije Mitsubishi i-MiEV koja se puni (SOC, napon, struja)

## 5. ZAKLJUČAK

Rad opisuje modele i simulacije urađene za moduse rada ekološke FN punionice električnih automobila i EV2EV punjenje. Kroz modele objašnjeni su načini funkcionisanja elemenata sistema, a dati su i rezultati niza simulacija različitih scenarija rada ove ekološke punionice. Pokazano je da ona može uspešno raditi u uslovima promena parametara sistema (nivoa sunčevog zračenja, stanja napunjenosti baterija i dr.)

## 6. LITERATURA

- [1] Enerdata, „Global Energy Statistical Yearbook 2019“, <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>
- [2] REN21, „Renewables 2019 - Global Status Report“, <https://www.ren21.net/gsr-2019/>
- [3] V. Katić, I. Kapetanović, N. Sarajlić, *Obnovljivi izvori električne energije*, CEFES, skripta, Novi Sad, 2007.
- [4] Z. Ivanović, V. Katić, *Obnovljivi izvori električne energije – vežbe*, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2018.

### Kratka biografija:



**Bojan Grbić** rođen je u Bijaću. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2020.god.  
kontakt: [sbojangrbic@gmail.com](mailto:sbojangrbic@gmail.com)



**Prof. dr Vladimir Katić** rođen je u Novom Sadu 1954. god. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. god., a od 2002. god je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblast interesovanja su energetska elektronika, električna vozila, obnovljivi izvori energije i kvalitet električne energije.

**UTICAJ SIMULTANOG PRIKLJUČENJA KONDENZATORA I SINHRONOG GENERATORA NA NAPONSKE PRILIKE U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI****THE INFLUENCE OF SIMULTANEOUS CONNECTION OF CAPACITOR AND SYNCHRONOUS GENERATOR ON DISTRIBUTION GRID VOLTAGE CONDITIONS**Mladen Stančić, Savo Đukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Radom je razmatran uticaj simultanog priključenja kondenzatora i sinhronog generatora na naponske prilike u distributivnoj mreži. Na osnovu nekoliko scenarija priključenja kondenzatora i sinhronog generatora na test distributivnu mrežu izvedeni su odgovarajući zaključci.

**Ključne reči:** Kondenzator, Sinhroni generator, Distributivna mreža.

**Abstract** – This paper considers the influence of simultaneous connection of capacitors and synchronous generators on the voltage conditions in the distribution network. Based on several scenarios of connection of the capacitor and the synchronous generator to the test distribution network, appropriate conclusions have been drawn.

**Keywords:** Capacitor, Synchronous generator, Distribution network.

**1. UVOD**

U današnje vreme kompanije za distribuciju električne energije doživljavaju velike promene. Sve veći akcenat je na minimizaciji troškova poslovanja. Zahtevi za smanjenim troškovima distribucije električne energije rezultuju potrebom za optimizacijom sistema u cilju omogućavanja da postojeći kapaciteti budu maksimalno iskorišćeni.

Jedan od načina racionalnijeg iskorišćenja postojećih kapaciteta ogleda se kroz pojam kompenzacije reaktivne snage. Jedan od najrasprostranjenijih elemenata za kompenzaciju reaktivne snage je otočni kondenzator. Pravilnim priključenjem i upravljanjem, kondenzatori mogu značajno poboljšati performanse distributivne mreže, uključujući naponske prilike.

U proteklih nekoliko godina svedoci smo ekspanzije zahteva za priključenje elektrana na distributivnu mrežu, kao rezultat podsticajnih mera i pojave efikasnijih tehnologija za proizvodnju električne energije. Elektrane menjaju tokove snaga i naponske prilike u distributivnoj mreži i utiču na rad postojećih sistema regulacije napona. Uticaj je veći u ruralnim mrežama koje su slabije i sa većim odnosom ekvivalentne otpornosti i reaktanse.

**NAPOMENA:**

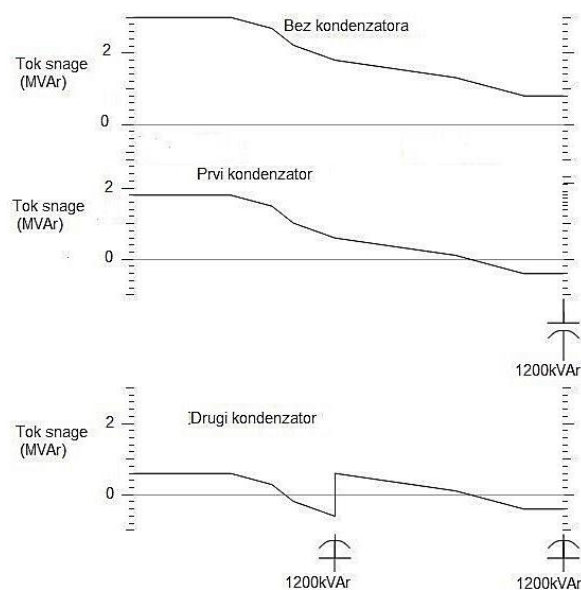
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Savo Đukić, docent.

U drugoj glavi je teorijski razmatran uticaj priključenja kondenzatora i sinhronog generatora (SG) na naponske prilike u distributivnoj mreži. U trećoj glavi je uticaj na naponske prilike razmatran kroz nekoliko scenarija priključenja na test nadzemnu distributivnu mrežu. Na kraju rada dati su odgovarajući zaključci i literatura.

**2. UTICAJ NA NAPONSKE PRILIKE****2.1. Uticaj kondenzatora na naponske prilike u mreži**

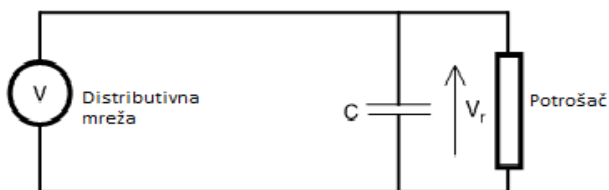
Naponi u distributivnoj mreži se moraju održavati u određenim granicama, čime se obezbeđuje da oprema korisnika i oprema u distributivnoj mreži funkcionišu na zadovoljavajući način. Nizak naponski nivo prouzrokuje da indukcionim motorima rade sa strujom koja je veća od propisane. Takođe, sa nižim naponom oporavak sistema nakon nekog poremećaja koji se desi unutar njega je sporiji. Zbog toga je održavanje napona u nominalnim granicama od izuzetnog značaja. Otočno priključeni kondenzatori u distributivnoj mreži smanjuju vrednost induktivne struje u kolu. Smanjenje struje rezultuje smanjenjem pada napona, odnosno poboljšanjem naponskog profila od lokacije kondenzatora do izvora napajanja [1].

Izbor lokacije kondenzatora za poboljšanje naponskih prilika zavisi najviše od toga gde su kritična mesta sa aspekta napona. Na slici 2.1 je prikazan primer kako kondenzator(i) menja(ju) naponske prilike unutar kola [2].

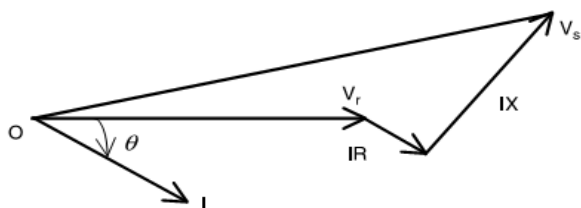


Slika 2.1. Naponske prilike u kolu pre i nakon dodavanja kondenzatora [2]

Na slici 2.2 prikazana je jednopolna šema sistema koji se koristi za analizu uticaja kondenzatora na naponske prilike. Fazorski dijagram sistema bez kondenzatora je prikazan na slici 2.3, dok je fazorski dijagram sistema sa kondenzatorom prikazan na slici 2.4.



Slika 2.2. Jednopolna šema trofaznog radijalnog sistema [1]



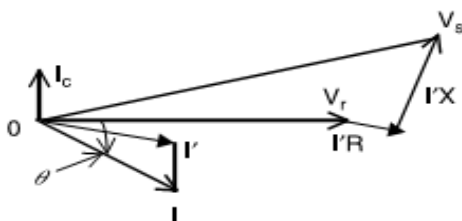
Slika 2.3. Fazorski dijagram sistema bez šant kondenzatora [1]

Za sistem sa slike 2.3 važi sledeća jednačina:

$$V_r = V_s - I(\cos \varphi \pm j \sin \varphi)(R + jX), \quad (2.1)$$

gde su:

- $V_s$  – fazni napon na izvoru napajanja,
- $V_r$  – fazni napon u tački potrošnje (fazni),
- $I$  – struja opterećenja,
- $R$  – otpornost,
- $X$  – reaktansa,
- $\varphi$  – ugao faktora snage.



Slika 2.4. Fazorski dijagram sistema sa šant kondenzatorom [1]

Za dijagram sa slike 2.4 važi sledeća jednačina:

$$I' = I(\cos \varphi \pm j \sin \varphi) - jI_c, \quad (2.2)$$

gde se struja kondenzatora računa kao:

$$I_c = \frac{V}{X_c}. \quad (2.3)$$

Poboljšanje naponskih prilika na potrošaču je postignuto smanjenjem vrednosti struje (izraz (2.2)), odnosno smanjenjem pada napona.

## 2.2. Uticaj sinhronog generatora na naponske prilike u mreži

SG proizvode aktivnu i mogu da proizvode ili troše reaktivnu energiju. Tradicionalno, operator distributivnog sistema nevoljno dopušta SG da vrši regulaciju napona, iz dva razloga. Prvo, strategiju regulacije napona SG potrebno je iskoordinisati sa drugim sistemima regulacije u distribu-

tivnoj mreži. Drugo, generatori koji se priključuju na distributivnu mrežu su malih snaga.

Da bi mogao da poveća vrednost napona, SG mora injektirati veliku reaktivnu snagu, što može dovesti do prorade relejne zaštite i ispada generatora. Stoga, SG obično radi sa konstantnim faktorom snage ili u određenom opsegu faktora snage [3].

Načini rada SG priključenog na distributivnu mrežu su [3]:

- sa regulacijom faktora snage,
- sa regulacijom napona,
- sa kombinacijom regulacije faktora snage i regulacije napona, i
- sa regulacijom reaktivne snage.

Rad SG sa regulacijom faktora snage omogućava operatoru distributivne mreže priključenje na tradicionalan „podesi i zaboravi“ način. Izbegavaju se potencijalne poteškoće koordinacije kontrole napona između više generatorskih jedinica, kao i sa postojećim sistemom regulacije u distributivnoj mreži. SG mogu da rade sa konstantnim faktorom snage ili u određenom opsegu faktora snage.

U mrežama u kojima povećanje vrednosti napona predstavlja prepreku priključenju SG, usvaja se induktivni faktor snage. Strategija koja se takođe koristi je postavljanje različitih referentnih vrednosti faktora snage u različitim vremenskim periodima. U načelu, taj koncept podrazumeva kapacitivni režim rada tokom perioda vršnih opterećenja i induktivni režim rada tokom perioda malih opterećenja [3].

Pri regulaciji napona, promenom pobudne struje SG menja se smer i vrednost reaktivne snage radi održavanja napona u referentnoj tački. Napon referentne tačke se dovodi na ulaz regulatora koji ocenjuje grešku (razliku u odnosu na referentnu vrednost napona) i prepodešava vrednost pobudne struje. Osetljivost regulatora treba da, sa jedne strane, bude dovoljno velika da obezbedi odgovarajuću kontrolu napona, a sa druge strane, dovoljno mala da se izbegne konflikt sa drugim sistemima za automatsku kontrolu napona.

Efikasnost regulacije napona zavisi od odnosa veličine (snage) SG i snage kratkog spoja mreže u referentnoj tački. Za manji odnos, uticaj generatora na napon u referentnoj tački može biti mali, tako da je za male promene napona potrebno proizvoditi/trošiti reaktivnu energiju sa velikom snagom, što ograničava snagu sa kojom se proizvodi aktivna energija.

Mana moda regulacije napona jeste to što je zakon regulacije potrebno iskoordinisati sa zakonima regulacije drugih sistema koji regulišu napon u obližnjim tačkama mreže. Sa druge strane, za priključenje većeg broja elektrana bez implementacije sistema kontrole napona, vrednosti napona u mreži mogu porasti iznad dozvoljenih vrednosti [3]. Oba gore razmatrana pristupa regulaciji imaju svoje prednosti i nedostatke sa aspekta uticaja na mrežu. Nijedan od pristupa ne može biti optimalan za sva stanja distributivne mreže. Iz tog razloga nastale su strategije koje kombinuju dva razmatrana pristupa.

Na primer, jedan pristup predlaže da SG radi sa konstantnim faktorom snage, ukoliko vrednost napona na



krajevima generatora leži u granicama između unapred definisane minimalne i maksimalne vrednosti. Ukoliko to nije slučaj, napon se održava na odgovarajućoj vrednosti. Tako, predloženim pristupom se obezbeđuje da se regulacija napona vrši samo kada je to neophodno, tj. u slučajevima kada napon u referentnoj tački izađe van dozvoljenih granica. Prema drugom pristupu, SG održava napon u referentnoj tački u određenom opsegu. SG normalno radi sa konstantnim faktorom snage. Ukoliko napon u referentnoj tački počne da se približava minimalnoj vrednosti, odnos reaktivne i aktivne snage se povećava i obrnuto, ukoliko napon počne da se približava maksimalnoj vrednosti, odnos reaktivne i aktivne snage se smanjuje [3].

Regulacijom reaktivne snage se obezbeđuje da priključenje i rad generatora ne izaziva značajno povećanje vrednosti napona. Naponski profil mreže za ovu strategiju regulacije vrlo je sličan naponskom profilu bez generatora. Pristup se sastoji u pronalaženju vrednosti reaktivne snage za koju je povećanje vrednosti napona usled injektiranja aktivne snage minimalno [3].

### 2.3. Uticaj simultanog priključenja kondenzatora i sinhronog generatora na naponske prilike u mreži

Integrisanje generatora i kondenzatora u radialnim distributivnim mrežama jedna je od efikasnih opcija za poboljšanje naponskih prilika i smanjenje gubitaka u mreži. Kako bi se postigli odgovarajući efekti, potrebno je obezbediti optimalno dimenzionisanje i optimalno postavljanje generatora i kondenzatora. Nepravilno lociranje i određivanje veličine ovih elemenata u distributivnoj mreži smanjuje efikasnost sistema i povećava gubitke električne energije i troškove rada [4].

U [4] je primenjena metoda koja se bazira na faktorima osetljivosti gubitaka i nedavno razvijenoj tehnici za optimizaciju distributivne mreže adekvatnim postavljanjem generatora i kondenzatora. U razmatranje se uzimaju različiti nivoi opterećenja i određuju tačne lokacije postavljanja generatora i kondenzatora, pri čemu je cilj minimizacija gubitaka električne energije i poboljšanje naponskog profila mreže [4]. Optimizacijom se postiže smanjenje gubitaka na svim nivoima opterećenja. Takođe, naponski profil se značajno poboljšava. Maksimalno smanjenje gubitka uz poboljšanje naponskog profila se postiže istovremenim postavljanjem više generatora i više kondenzatora u mrežu. Dakle, može se zaključiti da istovremena alokacija generatora i kondenzatora povećava efikasnost distributivnog sistema [4].

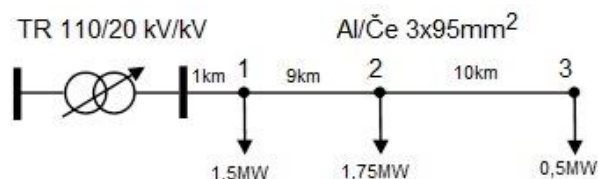
U [5] je predstavljen novi metod za istovremeno postavljanje generatora i fiksnih kondenzatora u cilju smanjenja zahteva za aktivnom snagom iz prenosne mreže, poboljšanja naponskog profila, kao i smanjenja gubitaka električne energije distributivne mreže čije opterećenje varira u toku dana.

### 3. PRIMER UTICAJA PRIKLJUČENJA KONDENZATORA I SINHRONOG GENERATORA NA NAPONSKE PRILIKE U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

U ovoj glavi analizira se uticaj priključenja kondenzatora i SG na naponske prilike u test distributivnoj mreži sa slike 3.1.

Razmatra se priključenje dva kondenzatora, snage 300kVAr i 900kVAr, koji su priključeni u tačkama 3 i 2 (vidi sliku 3.1), respektivno. Takođe, razmatra se priključenje jednog SG, koji radi u režimu regulacije napona, u različitim tačkama priključenja i sa različitim vrednostima aktivne snage sa kojom predaje energiju u distributivnu mrežu (10MW, 5MW i 1MW), za dva režima opterećenja: maksimalni i minimalni. Pri proračunima su usvojene sledeće vrednosti:

- za faktor snage opterećenja vrednost 0.95,
- za odnos minimalnog i maksimalnog opterećenja vrednost 0.75,
- za vrednost napona na 20 kV sabirnicama: 20.77kV (za maksimalni režim opterećenja) i 20.36kV (za minimalni režim opterećenja).



Slika 3.1. Nadzemna 20kV test distributivna mreža

Rezultati proračuna su dati u tabelama 3.1-3.5.

U tabeli 3.1 prikazani su rezultati (naponi i preuzeta aktivna i reaktivna snaga) na 20kV sabirnicama, pre i nakon priključenja kondenzatora.

U tabeli 3.2 date su vrednosti napona u tri razmatrane tačke mreže, za minimalni i maksimalni režim, pre i nakon priključenja kondenzatora.

U tabelama 3.3-3.5 prikazani su efekti simultanog priključenja kondenzatora i SG (za različite vrednosti injektiranja aktivne snage) na naponske prilike u test distributivnoj mreži.

Tabela 3.1. Rezultati na 20kV sabirnicama pre i nakon priključenja kondenzatora

Pre dodavanja kondenzatora			
Režim	Q (MVar)	P (MW)	U (kV)
Min	1.05	2.97	20.36
Max	1.40	3.97	20.77
Posle dodavanja kondenzatora			
Min	0.147	3.01	20.36
Max	0.153	4.02	20.77

Tabela 3.2 – Napon (kV) u razmatranim tačkama mreže pre i nakon priključenja kondenzatora

Režim	Tačka 1	Tačka 2	Tačka 3
Pre dodavanja kondenzatora			
Min	20.30	19.98	19.91
Max	20.68	20.25	20.15
Posle dodavanja kondenzatora			
Min	20.32	20.19	20.16
Max	20.70	20.46	20.41

Tabela 3.3. Napon (kV) u razmatranim tačkama mreže nakon priključenja SG snage 1MW

Režim	Tačka 1	Tačka 2	Tačka 3
SG priključen u tački 1			
Min	20.36	20.22	20.20
Max	20.76	20.52	20.47
SG priključen u tački 2			
Min	20.32	20.36	20.33
Max	20.71	20.76	20.71
SG priključen u tački 3			
Min	20.33	20.29	20.36
Max	20.72	20.63	20.76

Tabela 3.4 – Napon (kV) u razmatranim tačkama mreže nakon priključenja SG snage 5MW

Režim	Tačka 1	Tačka 2	Tačka 3
SG priključen u tački 1			
Min	20.36	20.23	20.20
Max	20.77	20.52	20.46
SG priključen u tački 2			
Min	20.32	20.36	20.33
Max	20.71	20.77	20.71
SG priključen u tački 3			
Min	20.33	20.29	20.36
Max	20.72	20.64	20.77

Tabela 3.5 – Napon (kV) u razmatranim tačkama mreže nakon priključenja SG snage 10MW

Režim	Tačka 1	Tačka 2	Tačka 3
SG priključen u tački 1			
Min	20.36	20.23	20.20
Max	20.76	20.52	20.46
SG priključen u tački 2			
Min	20.32	20.36	20.33
Max	20.71	20.76	20.71
SG priključen u tački 3			
Min	20.33	20.29	20.36
Max	20.72	20.64	20.76

#### 4. ZAKLJUČAK

Integracijom distribuiranih izvora u distributivnu mrežu moguće je poboljšati naponske prilike u mreži, minimizovati gubitke i smanjiti troškove proširenja distributivnog sistema, pri čemu uticaj zavisi od mesta priključenja (tj. udaljenosti od izvora napajanja) i snage injektiranja.

Simultano postavljanje kondenzatora i generatora u radijalnim distributivnim mrežama je jedna od efikasnijih metoda koje se mogu koristiti za poboljšanje naponskih prilika. Kondenzatori i generatori moraju biti i optimalno dimenzionisani i optimalno postavljeni. U tom smislu, istraživanja su usmerena razvoju jednostavnih i efikasnih metodologija za optimalno dimenzionisanje i postavljanje kondenzatora i distributivnih generatora.

Poređenjem rezultata prikazanih u tabeli 3.2 (priključeni samo kondenzatori) i rezultata prikazanih u tabelama 3.3, 3.4 i 3.5 (priključeni i kondenzatori i SG), može se zaključiti da SG, kada radi u režimu regulacije napona, podiže naponski profil u svim tačkama mreže, posebno u onim bližim tački priključenja. Naponske prilike su najpovoljnije u tačkama priključenja kondenzatora i generatora, čime se jasno vidi njihov povoljan uticaj na sistem.

#### 5. LITERATURA

- [1] R. Natarajan: "Power system capacitors", CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2005.
- [2] T.A. Short: "Electric power distribution equipment and systems", CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2006.
- [3] S. Đukić: "Strategije regulacije napona i faktora snage za sinhronne generatore u distributivnim mrežama", CIRED, Vrnjačka Banja, Srbija, 2014.
- [4] S.K. Sudabattula, K. Muniswamy, V. Suresh: "Simultaneous Allocation of Distributed Generators and Shunt Capacitors in a Distribution System", The ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics & Communications, Vol. 17, No. 1, 2019.
- [5] S.M. Sajjadi, M.R. Haghifam, "Simultaneous placement of distributed generation and capacitors in distribution networks considering voltage stability index", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 46, No. 3, 2013.

#### Kratka biografija:

**Mladen Stančić** rođen je u Šapcu 1993. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2017. godine.

**Savo Đukić** rođen je u Novom Sadu 1983. godine. Doktorsku disertaciju odbranio je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektroenergetski sistemi.

**УПОТРЕБА ZIO TELEMETRY БИБЛИОТЕКЕ ЗА ПРИКУПЉАЊЕ  
ДИСТРИБУИРАНИХ ТРАГОВА У СИСТЕМИМА БАЗИРАНИМ НА  
МИКРОСЕРВИСНОЈ АРХИТЕКТУРИ****USING ZIO TELEMETRY FOR COLLECTING DISTRIBUTED TRACES IN  
MICROSERVICE-BASED SYSTEMS**

Драгутин Марјановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – СОФТВЕРСКО ИНЖЕЊЕРСТВО И  
ИНФОРМАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ**

**Кратак садржај** – У овом раду приказан је дистрибуирани систем базиран на микросервисној архитектури који, уз коришћење ZIO Telemetry библиотеке, има способност прикупљања и слања дистрибуираних трагова на екстерни алат за анализу.

**Кључне речи:** дистрибуирано праћење, телеметрија, микросервиси, дистрибуирани системи

**Abstract** – This paper presents a distributed system based on a microservice architecture that, with the use of the ZIO Telemetry library, has the ability to collect and send distributed traces to an external analysis tool.

**Keywords:** distributed tracing, telemetry, microservices, distributed systems

**1. УВОД**

У данашње вријеме, архитектура модерних софтверских система најчешће се ослања на микросервисну и *serverless* архитектуру, а неријетко и на екстерне (енг. *third-party*) софтверске компоненте изграђене у сличном маниру. Разлог томе је што тако описана архитектура доноси бројне бенефите при развоју апликација. С друге стране, употреба ових архитектура уноси комплексност при прегледности (енг. *visibility*) система. Разумијевање понашања комплексних дистрибуираних система захтијева посматрање повезаних активности кроз више различитих програма и машина [1].

Сходно томе, јавља се потреба за техникама и алатима за посматрање (енг. *observability*) и надгледање (енг. *monitoring*) сложених дистрибуираних система.

Најчешћи механизми коришћени за посматрање система су – логови (енг. *logs*) и метрике (енг. *metrics*) који имају два битна ограничења – унапријед се дефинише шта се прати и информације које се прате се налазе у оквиру једне компоненте (енг. *component-based*) [2]. Да би се превазишла ова ограничења, развијена је техника дистрибуираног праћења (енг. *distributed tracing*).

Циљ овог рада јесте да читаоцу пружи теоријске основе технике дистрибуираног праћења, као и да прикаже важност њене употребе у дистрибуираним

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Игор Дејановић, ванр. проф.

системима базираним на микросервисној архитектури.

**2. ТЕЛЕМЕТРИЈА**

Појам телеметрије у софтверском инжењерству односи се на прикупљање података: метрика, логова и дистрибуираних трагова, неопходних за посматрање и анализу система.

**2.1 Метрике**

Метрике представљају било какве мјерљиве податке које бисмо жељели да пратимо. Издвајају се два типа метрика – инфраструктурне (енг. *platform metrics*) које се односе на саму инфраструктуру система и служе за евалуацију перформанси система на ниском нивоу, а представљају и значајне показатеље доступности (енг. *availability*) и апликативне (енг. *application metrics*) које су везане за саму логику апликације и корисне су за развојне тимове при разумијевању рада самог система са аспекта његове употребе.

**2.2 Логови**

Логови представљају поруке које систем генерише када се догоди специфичан догађај у систему. Препоручена пракса је да се логови структурирају на конзистентан начин како би се олакшала њихова централизација. Циљ структурираног логовања јесте увођење формата који олакшава процесирање помоћу рачунара (енг. *machine-readable*). Тако структурирани, погодни су за филтерисање, претрагу и дефинисање међусобне повезаности (корелација логова), али и за даље процесирање у домену аналитике пословне интелигенције (енг. *business intelligence*).

**2.3 Дистрибуирано праћење**

Дистрибуирано праћење обухвата технике праћења/ посматрања апликација, посебно оних који користе микросервисну архитектуру. За имплементацију технике неопходно је извршити инструментацију изворног кода. Инструментација представља процес измјене изворног програмског кода у циљу додавања тачака за праћење (енг. *trace points*). Основни концепти дистрибуираног праћења су:

- дистрибуирани траг (енг. *trace*) – приказује путању захтјева кроз скуп компоненти неопходних за његову обраду.
- *span* – представља означени временски интервал који се дефинише као „јединица рада” (енг. *unit of work*) чија је грануларност најчешће величине *RPC* позива или неког другог међупроцесног (енг. *cross-process*) позива.

- пропација контекста – задужена за повезивање активности између различитих компоненти система.

### 3. СТАНДАРДИ

Како је дистрибуирано праћење добијало на важности у продукционим системима, појавила се потреба дефинисања стандарда у области чиме се рјешавају проблеми као што су прикупљање дистрибуираних трагова, пропација контекста, итд.

У наставку поглавља биће описана три најзначајнија стандарда у овом тренутку, а то су – *OpenCensus*, *OpenTracing* и *OpenTelemetry*.

#### 3.1 OpenCensus

Представља скуп библиотека за различите програмске језике које омогућавају прикупљање метрика и дистрибуираних трагова, те слање података алатима за анализу по избору у реалном времену [3].

У *OpenCensus* стандарду дистрибуирани траг се идентификује јединственим низом од 16 бајтова који се зове *TraceID*. Слично као и трагови, *span*-ови се идентификују јединственим низом од 8 насумично генерисаних бајтова што представља *SpanID*.

Горе наведени идентификатори (*TraceID* и *SpanID*), уз опционе метаподатке чине *SpanContext*. Унутар истог процеса, контекст се просљеђује у тзв. контекст објекту. Приликом комуникације између процеса, контекст се серијализује у заглавља протокола.

#### 3.2 OpenTracing

Састоји се од *API* спецификације, радних оквира (енг. *framework*) и библиотека које су имплементирале спецификацију, као и од саме документације везане за пројекат [4].

За разлику од *OpenCensus* стандарда који пружа подршку за прикупљање и дистрибуираних трагова и метрика, *OpenTracing* омогућава само прикупљање дистрибуираних трагова.

#### 3.3 OpenTelemetry

*OpenTelemetry* обједињује *OpenCensus* и *OpenTracing* пројекте узимајући најбитније карактеристике од оба и уклањајући њихове појединачне недостатке.

У суштини, представља интегрисан скуп *API*-ја и библиотека, као и механизам за прикупљање (енг. *collection mechanism*) заједно са агентом (енг. *agent*) и компонентом за прикупљање (енг. *collector*). Укључује једноставну пропацију контекста, дистрибуиране трагове, метрике, итд. За сваки језик нуди јединствен скуп *API*-ја, библиотека као и спецификацију формата података телеметрије (енг. *data specifications*) [5].

### 4. МИКРОСЕРВИСИ

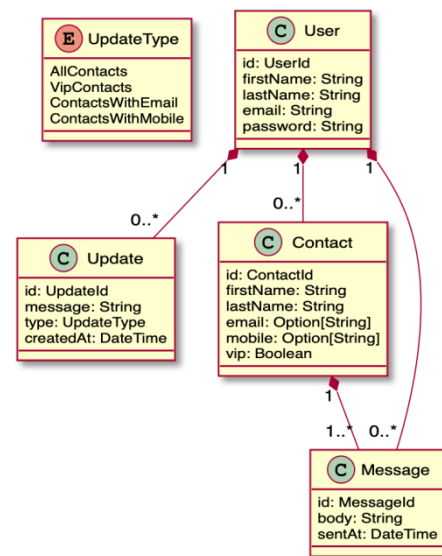
Микросервисна архитектура представља приступ у софтверској архитектури у ком се апликација моделује као скуп аутономних, доменски дефинисаних сервиса који се извршавају у изолованим процесима, а међусобно комуницирају користећи синхроне и асинхроне комуникационе протоколе [6].

Надгледање система базираних на микросервисној архитектури представља тежак задатак из разлога што традиционални алати фокусирани на само једну машину (енг. *machine-centric*) нису ефикасни [7]. Како су микросервиси дистрибуирани по природи они имају другачије захтјеве за надгледање (енг.

*monitoring requirements*). Слично као и код метрика, проблем логова у микросервисима је то што нам говоре само о једној инстанци сервиса. Процес надгледања компоненти микросервисне архитектуре започемо једноставном идејом – надгледаћемо сваку компоненту засебно, а затим агрегирати податке да бисмо добили ширу слику. Агрегација захтијева повезивање података (енг. *correlating data*) из различитих сервиса што омогућава праћење захтјева неопходних за идентификацију неправилности. Наравно, надгледање дистрибуираних система заснованих на микросервисној архитектури треба да се бави целокупном инфраструктуром система, а не само компонентама које се развијају. То значи да је неопходно обезбиједити подршку и за надгледање складишта података, подсистема за комуникацију и размјену порука, итд.

### 5. СПЕЦИФИКАЦИЈА СИСТЕМА

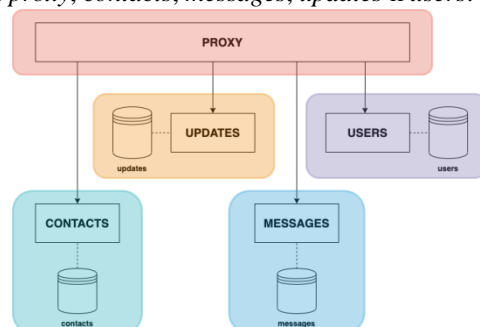
У овом раду дефинисан је систем за аутоматско слање порука контактима који се налазе у корисничком електронском именику. У систему се издвајају доменски концепти: корисник (енг. *user*), контакт (енг. *contact*), порука (енг. *message*) и порука намијењена групи контаката (енг. *update*). Дијаграм приказан на слици 5.1. пружа њихов детаљнији приказ, те логичке везе између њих.



Слика 5.1. Дијаграм домена система

#### 5.1 Архитектура рјешења

На слици 5.1.1. дат је шематски приказ архитектуре који приказује систем базиран на микросервисној архитектури и састоји се од пет аутономних сервиса, а то су: *proxy*, *contacts*, *messages*, *updates* и *users*.



Слика 5.1.1. Шематски приказ архитектуре система



## 6. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА РЈЕШЕЊА

У претходном поглављу дата је спецификација система. У овом поглављу позабавићемо се основним алатима на које се наслања имплементација горе предложеног рјешења – *ZIO Telemetry* библиотеком и *Jaeger* алатом. Такође, биће истакнути и најзначајнији исјечци програмског кода неопходни за обезбјеђивање инструментације у циљу прикупљања најбитнијих дистрибуираних трагова.

### 6.1 ZIO Telemetry библиотека

Да би се олакшало функционално програмирање у Скала (енг. *Scala*) програмском језику настао је *ZIO* уз који се развија и цио екосистем намијењен у ту сврху. Језгро библиотеке чини *ZIO*, моћан тип ефекта, инспирисан Хаскеловим (енг. *Haskell*) *IO* монадом, приказан на листингу 6.1.1 [8].

```
ZIO[-R, +E, +A] = R => Either[E, A]
```

Листинг 6.1.1. Опис *ZIO* ефекта

У суштини, *ZIO* се дефинише као опис израчунавања (енг. *computation*) које захтијева окружење (енг. *environment*), и може резултирати грешком *E* или се извршити успјешно вриједношћу типа *A*.

Као дио богатог екосистема развијена је и *ZIO Telemetry* библиотека која представља имплементацију *OpenTracing* клијента наслањајући се на *ZIO*, за чије је коришћење неопходно обезбиједити *Clock* и *OpenTelemetry* сервисе у *ZIO* окружењу.

### 6.2 Jaeger алат

*Jaeger* је софтверско рјешење дистрибуираног система за праћење, отвореног кода (енг. *open source*), имплементирано у програмском језику Го (енг. *Go*) ослањајући се на већ постојећа рјешења као што су *Dapper* и *Zipkin* [9]. Основне карактеристике су му: дистрибуирана пропаганција контекста, анализа међусервисне зависности, утврђивање узрока отказа (енг. *root cause analysis*), посматрање дистрибуираних трансакција, итд. Такође, компатибилан је са *OpenTracing* стандардом описаном у секцији 3.2.

Алат пружа моћан графички кориснички интерфејс (енг. *GUI*) који на недвосмислен начин приказује прикупљене дистрибуиране трагове гдје је нежељено понашање јасно уочљиво. Поред тога, пружа подршку за генерисање усмјереног графа (енг. *DAG*) сервисне међузависности, што представља значајан беневит у системима који имају на стотине микросервиса.

### 6.3 Инструментација изворног програмског кода

Приликом имплементације предложеног система, неопходно је обезбиједити инструментацију кода у циљу добијања дистрибуираних трагова. У наставку су приказани најзначајнији исјечци (енг. *snippet*) кода коришћени у ту сврху.

Основни градивни елемент сваког дистрибуираног трага јесте *span*.

```
for {
  span <- ZIO.accessM[AppEnv](_.telemetry.root("OP-NAME"))
  ...
  _ = span.finish()
} yield res
```

Листинг 6.3.1. Шаблон за креирање коријенског *span*-а

У основи, постоје два начина за креирање *span*-а – коријенски *span* (листинг 6.3.1) и *span* који садржи референцу на родитељски *span* (листинг 6.3.2).

```
val headers = req.headers.toList.map(h => h.name.value -> h.value).toMap
for {
  span <- ZIO.accessM[AppEnv](
    _.telemetry.spanFrom[TextMap](
      HTTP_HEADERS,
      new TextMapAdapter(headers.asJava),
      "OP-NAME"
    )
  )
  ...
  _ = span.finish()
} yield res
```

Листинг 6.3.2. Шаблон за креирање *span*-а на основу заглавља *HTTP* захтјева

Серијализација контекста у заглавља у сервисима нашег система врши се као што је приказано у листингу 6.3.3.

```
buffer <- UIO.succeed(new TextMapAdapter(mutable.Map.empty[String,
String].asJava))
_ <- OpenTracing.inject(HTTP_HEADERS, buffer)
headers <- extractHeaders(buffer)
...
def extractTracingHeaders(adapter: TextMapAdapter) = {
  val m = mutable.Map.empty[String, String]
  UIO(adapter.forEach { entry =>
    m.put(entry.getKey, entry.getValue)
  })
  m.as(m.toMap)
}
```

Листинг 6.3.3. Шаблон за серијализацију контекста у заглавље захтјева

Да бисмо проширили *span* додатним контекстним информацијама користимо ознаке и логове. Њихова суштинска разлика је да се ознаке односе на цио *span*, док се логови односе на специфичне догађаје који су се десили током извршавања самог *span*-а. Листинг 6.3.4. приказује поступак додавања ознака и логова.

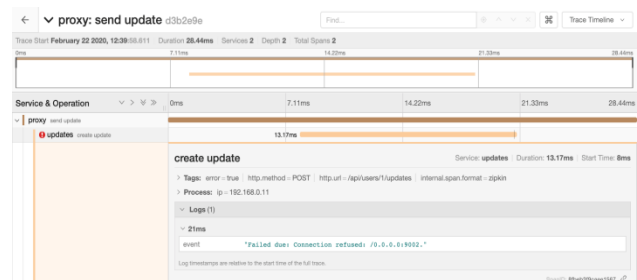
```
for {
  span <- ...
  _ = span.setTag(TagName, TagValue)
  _ = span.log(TimeStamp, LogMessage)
  _ = span.finish()
} yield res
```

Листинг 6.3.4. Шаблон за додавање ознака и логова

## 7. ЕВАЛУАЦИЈА И РЕЗУЛТАТИ

У овом поглављу ћемо приказати различите случајеве дистрибуираних трагова методе *sendUpdate* у чијем извршавању учествују чак четири сервиса – *proxy*, *contacts*, *messages* и *updates*.

Први случај (слика 7.1) приказује дистрибуирани траг уколико је метода успјешно извршена, односно, уколико су све поруке успјешно послате контактима.



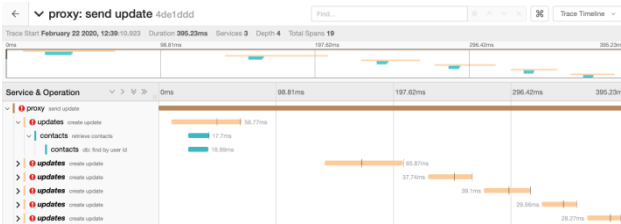
Слика 7.1. Дистрибуирани траг успјешно извршене методе

На слици 7.2. приказан је дистрибуирани траг уколико је недоступан сервис који је задужен за добављање контаката.



Слика 7.2. Приказ дистрибуираног трага уколико је недоступан сервис за добављање контаката

Трећи случај приказује дистрибуиран траг уколико је недоступан сервис задужен за слање порука. У дистрибуираном трагу приказаном на слици 7.3. видимо велики број индикатора неуспјешности *span-ова* који представљају сваки позив ка недоступном сервису.



Слика 7.3. Приказ дистрибуираног трага уколико је недоступан сервис за слање порука

*Jaeger* алат за анализу нам омогућава и упоређивање дистрибуираних трагова, што представља веома користан алат уколико се ради о дистрибуираним траговима са сложеним токовима (енг. *flow*). Слика 7.4. приказује упоредбу дистрибуираних трагова из случајева два и три.



Слика 7.4. Упоредба трагова методе *sendUpdate*

Поређењем дистрибуираних трагова видимо да се у првом приказаном трагу успјешно позвао само *updates* сервис, док су се током другог трага успјешно добавили и контакти неопходни за обраду захтјева, али је услед отказа на сервису за слање порука дистрибуирани траг резултирао грешком.

## 8. ЗАКЉУЧАК

У овом раду приказан је дистрибуирани систем базиран на микросервисној архитектури који, уз коришћење *ZIO Telemetry* библиотеке, има способност прикупљања и слања дистрибуираних трагова на екстерни алат за анализу. Дате су теоријске основе технике дистрибуираног праћења и описани најзначајнији стандарди у овом тренутку. Дефинисан је појам микросервисне архитектуре и истакнути њени недостаци са аспекта надгледања система. Даље, описана је спецификација система, те приказана његова архитектура, описане *ZIO* и *ZIO Telemetry* библиотеке које чине основу саме имплементације, те детаљно објашњен процес инструментације изворног програмског кода. Такође, дате су основне одлике *Jaeger* алата, коришћеног као екстерни алат за анализу и обраду прикупљених дистрибуираних трагова. На основу анализираних дистрибуираних трагова у поглављу 7 закључујемо да дистрибуирано праћење доноси прегршт погодности приликом

надгледања система и као такво готово да га је немогуће изоставити, како из мјера предострожности и могућности отказа појединачних сервиса, тако и због појаве неправилности у самом раду појединачних компоненти. Захваљујући дистрибуираном праћењу, јасно су уочљиве операције у систему код којих се десила грешка приликом извршавања, а њихова интеграција са додатним алатима пружа чврсту подлогу за алармирање особа надлежних за одржавање доступности система.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Benjamin H. Sigelman, Luiz André Barroso, Mike Burrows, Pat Stephenson, Manoj Plakal, Donald Beaver, Saul Jaspán, Chandan Shanbhag “Dapper, a Large-Scale Distributed Systems Tracing Infrastructure”, *Google Technical Report*, април 2010.
- [2] J. Mace, R. Roelke, R. Fonseca “Pivot Tracing: Dynamic Causal Monitoring for Distributed Systems”, *SOSE* (pp. 378-393), 2015.
- [3] OpenCensus, [На мрежи]. Доступно на: <https://opencensus.io/> [Последњи приступ 5. март 2020]
- [4] OpenTracing, [На мрежи]. Доступно на: <https://opentracing.io/> [Последњи приступ 5. март 2020]
- [5] OpenTelemetry, [На мрежи]. Доступно на: <https://opentelemetry.io/> [Последњи приступ 5. март 2020]
- [6] Martin Fowler - Microservices, [На мрежи]. Доступно на: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html> [Последњи приступ 5. март 2020]
- [7] Raja R. Sambasivan, Rodrigo Fonseca, Pari Shafer, Gregory R. Ganger “So, you want to trace your distributed system? Key design insights from years of practical experience”, *CMU-PDL-14-102*, април 2014.
- [8] ZIO documentation, [На мрежи]. Доступно на: [https://zio.dev/docs/overview/overview\\_index](https://zio.dev/docs/overview/overview_index) [Последњи приступ 5. март 2020]
- [9] Jaeger documentation, [На мрежи]. Доступно на: <https://www.jaegertracing.io/docs/1.14/> [Последњи приступ 5. март 2020]

## Кратка биографија:

**Драгутин Марјановић** рођен је 21. октобра 1994. године у Добоју. Године 2013, уписује Факултет техничких наука у Новом Саду, смјер *Софтверско инжењерство и информационе технологије*. Основне академске студије завршава 2017. године просјечном оцјеном 10,00 радом на тему *Имплементација софтвера за аутоматско препознавање цртежа употребом Spark алата* највишом оцјеном. Мастер академске студије, смјер *Софтверско инжењерство*, завршава 2020. године просјечном оцјеном 10,00 радом на тему *Употреба ZIO Telemetry библиотеке за прикупљање дистрибуираних трагова у системима базираним на микросервисној архитектури*.

**PRORAČUN OPTIMALNIH TOKOVA SNAGA UZ UVAŽAVANJE PRINCIPA  
SIGURNOSTI MREŽE****SECURITY – CONSTRAINED OPTIMAL POWER FLOW**Ivana Mirković, Savo Đukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je obrađen problem optimalnih tokova snaga uz uvažavanje sigurnosnih ograničenja mreže (SCOPF). Razmatrani problem je teorijski opisan i matematički formulisan. Metoda i algoritam za rešavanje SCOPF problema su takođe opisani. U praktičnom delu rada algoritam je verifikovan na test sistemu od 34 čvora.

**Ključne reči:** Optimalni tokovi snaga, Sigurnost sistema, Prenosna mreža

**Abstract** – The paper discusses the Security – Constrained Optimal Power Flow (SCOPF) problem. The problem is theoretically and mathematically described. The method and algorithm for solving the SCOPF problem are also described. The algorithm is verified using a 34-bus test system.

**Keywords:** Optimal power flow, System security, Transmission network

**1. UVOD**

Problem optimalnih tokova snaga (OPF) je razvijan i poboljšavan od 1962. godine kada je prvi put predstavljen u Carpentier-ovoj publikaciji [1]. Carpentier je opisao generalizovani problem ekonomskog dispečinga koji uvažava naponska i druga pogonska ograničenja sistema u formi problema nelinearnog programiranja. Nešto kasnije ovaj problem dobija ime problem optimalnih tokova snaga. Danas se pod OPF problemom podrazumeva bilo koji problem pronalazanja optimalnog stacionarnog stanja elektroenergetskog sistema (EES), a prema nekom kriterijumu. Ovaj proračun obezbeđuju da ne budu narušena sistemaska ograničenja uz optimizaciju sistema prema izabranom kriterijumu. U sistemaska ograničenja spadaju jednačine mreže, potrošnja, kao i fizička ograničenja proizvodnje aktivne i reaktivne snage, a najpopularnije kriterijumske funkcije u sklopu OPF-a su minimizacije troškova proizvodnje aktivnih snaga generatora, gubitaka aktivne snage u sistemu i odstupanja napona u čvorovima, ali se u praksi sreću i implementacije funkcija za optimizaciju broja upravljačkih akcija, proizvodnje emisijonih gasova generatorskih jedinica i rasterećenje dela potrošnje [2].

Željeni režim se uspostavlja manipulacijom upravljačkim veličinama koje mogu da budu izlazna aktivna snaga i naponi u generatorskim čvorovima, podešavanja pozicija teretnih menjača transformatora, podešavanja uglova

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Savo Đukić.**

transformatora pomerača faza, signal za uključenje kondenzatora, signal za uključenje reaktora i ostalih raspoloživih resursa u sistemu, pojedinačno ili kombinovano.

SCOPF se koristi za nadzor i analizu sigurnosti sistema. Ima formu OPF problema – optimizuje rad sistema prema odabranom kriterijumu u prisustvu sistemskih ograničenja. Međutim, za razliku od klasičnog proračuna optimalnih tokova snaga [3], koji posmatra samo sistem u datom trenutku i sa datom topologijom, SCOPF mora da „ima uvid“ i u stanje u kojem će se sistem naći nakon promene topologije koja nastaje usled jednostrukog ili višestrukog ispada. Zadatak SCOPF-a je da, pri tome, spreči nastanak narušenih sistemskih ograničenja (ograničenja potrošnje, pogonska ograničenja i sigurnosna ograničenja) u sistemu nakon ispada [4]. Pri tom, uzima se u obzir kriterijumska funkcija mreže u normalnom stanju i sistemaska ograničenja mreže u normalnom stanju i u stanju sa ispadom.

Rešenje SCOPF problema ima očekivano lošiju vrednost kriterijumske funkcije u odnosu na stanje koje ponudi klasičan OPF, s obzirom da uvažava dodatna ograničenja koja se odnose i na sistem sa ispadom čime je obezbeđena sigurnost tipa N-1 [5]. Prilikom detekcije svih ispada koji izazivaju narušena ograničenja neophodno je da se vreme potrebno za izvršavanje proračuna, kao i utrošeni resursi za proračun, nalaze u dopustivim granicama.

S tim u vezi, razvijene su različite metode za detekciju kritičnih ispada. Neke od najčešće primenjivanih metoda su primena direktnog pristupa [6] i primena PTDF faktora [7], gde se za veće sisteme preporučuje korišćenje druge metode jer je direktna simulacija ispada vremenski zahtevan proces.

Primena rešenja SCOPF problema zavisi od načina upravljanja EES-om i resursa koji su na raspolaganju u sistemu – rezultati SCOPF problema mogu da se realizuju u preventivnom (PSCOPF) i korektivnom (CSCOPF) modu. PSCOPF podrazumeva da sva potencijalno narušena ograničenja u sistemu sa ispadom treba otkloniti prilikom izbora upravljačkih promenljivih sistema, pri čemu u sistemu ne mora da bude podržana automatska regulacija upravljačkih veličina. CSCOPF, sa druge strane, zahteva podržanu automatsku regulaciju svih upravljačkih veličina kako bi se promena ovih veličina izvršila nakon ispada (upravljanje u zatvorenoj petlji).

Takođe, SCOPF proračun može da se primeni kako za planiranje, tako i za upravljanje mrežom u realnom vremenu. U ovom radu će biti obrađen SCOPF proračun za sistem sa jednostrukim ispadom sekcije.

## 2. MATEMATIČKI MODEL SCOPF PROBLEMA

U ovoj glavi je data matematička formulacija SCOPF problema, potom je ukratko opisan primarno-dualni IP algoritam linearnog programiranja koji se koristi za rešavanje SCOPF problema i na kraju je prikazan algoritam za rešavanje SCOPF problema.

### 2.1. Matematička formulacija SCOPF problema

Matematička formulacija SCOPF problema je data u nastavku:

$$\min f(x^0) \quad (1)$$

$$G(x) = 0, \quad (2)$$

$$H(x) \geq 0, \quad (3)$$

gde su :

$x^0$  – vektor promenljivih stanja i upravljanja za sistem u baznom stanju,

$x$  – vektor objedinjenih promenljivih stanja za sistem u baznom stanju, promenljivih stanja za sistem u režimu sa ispadom i promenljivih upravljanja koje su zajedničke za oba režima,

$G(x)$  – objedinjena ograničenja tokova snaga za bazno i stanje sa ispadom, i

$H(x)$  – objedinjena pogonska ograničenja za bazno i stanje sa ispadom.

### 2.2. Primarno – dualni IP algoritam za rešavanje SCOPF problema

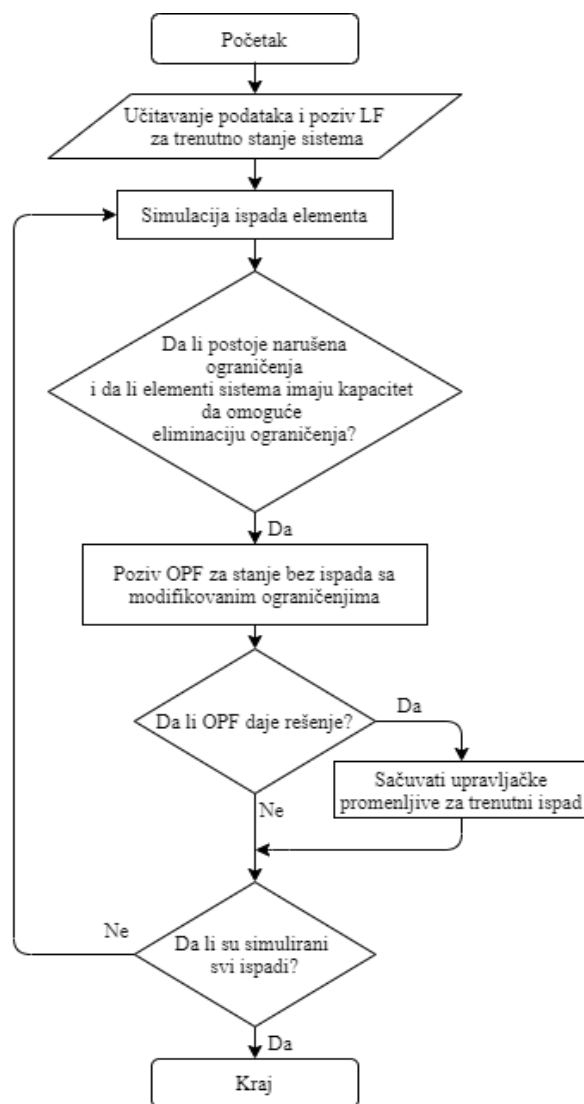
SCOPF problem je optimizacioni problem sa ograničenjima tipa nejednakosti. U opštem slučaju, SCOPF problem je nelinearan i nekonveksan. U ovom radu je za rešavanje optimizacionog problema primenjen primarno-dualni algoritam unutrašnje tačke (IP). IP algoritmi su kontinualni iterativni algoritmi. Ovi algoritmi su poznati kao algoritmi za pretragu. Pronalaženje optimuma se svodi na pronalaženje centralne putanje. Centralna putanja se dobija interpolacijom između početnog rešenja i optimuma. Za pronalaženje koraka za kretanje po centralnoj putanji koristi se Njutnova metoda. Ukoliko je početno rešenje dovoljno blizu centralne putanje, Njutnova metoda garantuje da će biti uspostavljena brza (kvadratna) konvergencija ka rešenju. Za početno rešenje se bira analitički centar oblasti, koji se dobija relativno jednostavno. Za problem obrađen u ovom radu, početno rešenje se dobija kao aritmetička sredina minimalne i maksimalne vrednosti ograničenja za svaku od promenljivih veličina i ograničenja tokova snaga i/ili struja za svaku sekciju i transformator. Dužina koraka kojim se ide duž centralne putanje treba da se skraćuje kako se algoritam približava optimalnom rešenju [8].

Osnovna karakteristika ove metode je tačnost aproksimacija kojom se uvode nova ograničenja u model, a najveća prepreka na koju se nailazi prilikom rešavanja jeste velika dimenzionalnost matematičkog modela, naročito kada se razmatra veliki broj mogućih ispada. Pošto radna tačka sistema koja se dobija kao rezultat proračuna mora da se nalazi u oblasti dopustivog rešenja (koja je određena pogonskim ograničenjima), javlja se i problem „sužavanja“ oblasti dopustivog rešenja što su „strožija“ uvedena ograničenja (kada dođe do ispada jednog elementa, ostatak sistema ima smanjen kapacitet

za prenos energije što se u matematičkom modelu manifestuje kroz „sužavanje“ oblasti u kojoj može da se nađe dopustivo rešenje). Ovo dovodi do pojave numeričkih problema u proračunu [8]. Izvođenje matematičkog modela i primarno-dualni IP algoritam korišćeni u ovom radu dati su u [9].

### 2.3. Algoritam za rešavanje SCOPF problema

Osnovni koraci algoritma za rešavanje SCOPF problema, koji je predlaže i verifikuje ovim radom, su prikazani na slici 2.1.

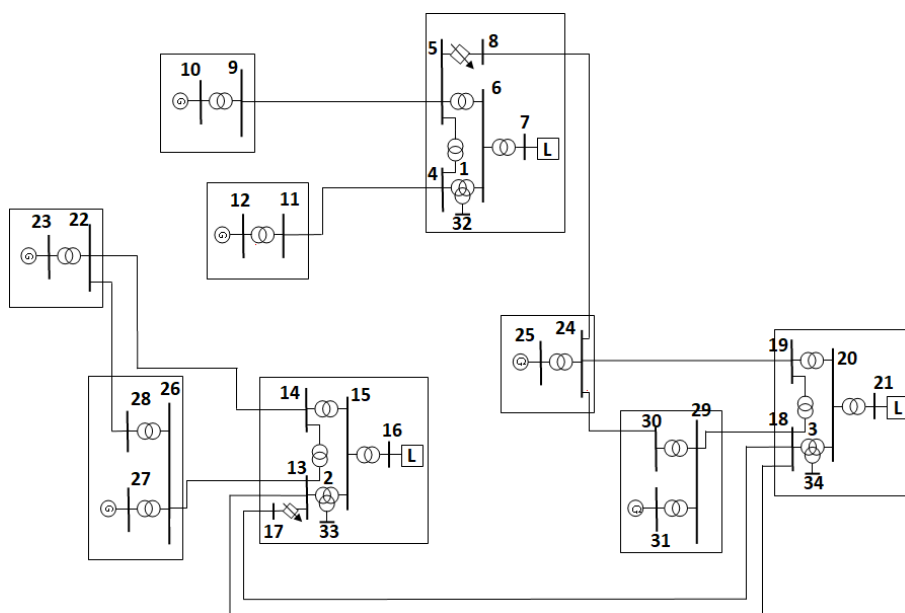


Slika 2.1. SCOPF algoritam

## 3. NUMERIČKA VERIFIKACIJA SCOPF ALGORITMA

U ovoj glavi razmatrani SCOPF algoritam je verifikovan na test sistemu od 34 čvora i 40 grana, prikazanom na slici 3.1. Od 34 čvora, u sistemu ima 6 generatorskih i 3 potrošačka. Za verifikaciju rezultata je korišćen MATPOWER softverski paket [9] koji je proširen tako što je dodata kriterijumska funkcija za minimizaciju gubitaka aktivne snage i implementiran SCOPF algoritam.





Slika 3.1. Test sistem

### 3.1. Režim 1

Vrednosti upravljačkih promenljivih za bazno stanje se nalaze u tabeli 3.1. Potrošnja je data u tabeli 3.2. Sistem nije N-1 siguran, što se vidi na osnovu prividnih snaga transformatora datih u tabeli 3.3 i potrošnje date u tabeli 3.2. Naime, za sistem u ovom režimu, u slučaju ispada tronamotajnog transformatora doći će do preopterećenja dvonamotajnog transformatora koji je u paraleli sa istim. SCOPF za eliminaciju ovih ispada ne može da ponudi rešenje. Ostali ispadi neće prouzrokovati preopterećenja u sistemu. Vrednost kriterijumske funkcije (gubici aktivne snage) za sistem u baznom stanju iznosi 3,253 MW.

Tabela 3.1. Upravljačke veličine u generatorskim čvorovima u baznom stanju za režim 1

Čvor	$P$ [MW]	$Q$ [MVA <sub>r</sub> ]	$V_m$ [kV]
10	77		16,77
12	75		17,42
23	77		16,75
28	75	-51,62	
25	78		16,75
31	71,30		16,75

Tabela 3.2. Potrošnja u sistemu za režim 1

Čvor	$P$ [MW]	$Q$ [MVA <sub>r</sub> ]
7	150	62
16	150	64
21	150	62,60

Tabela 3.3. Maksimalne prividne snage transformatora

Grane	$S_{max}$ [MVA]
4 – 6, 13 – 15, 18 – 20	300
5 – 6, 14 – 15, 19 – 20	150

### 3.2. Režim 2

Sistem se nalazi u režimu koji nije optimalan, ali bez narušenih pogonskih ograničenja (tabele 3.4 i 3.5). Sistem nije N-1 siguran (doći će do preopterećenja dvonamotajnih transformatora u granama 19 – 20, 5 – 6 i 14 – 15 u slučaju ispada tronamotajnih transformatora u

paralelnim granama). Izuzev ovih preopterećenja, SCOPF detektuje i ispad koji prouzrokuje preopterećenje koje može da se eliminiše. U slučaju ispada transformatora u grani 4 – 5, javlja se preopterećenje transformatora u grani 5 – 6. Tok prividne snage po grani 5 – 6 nakon ispada iznosi 151,2 MVA, dok je maksimalna vrednost prividne snage za ovu granu 150 MVA (tabela 3.3). Vrednost kriterijumske funkcije sistema u baznom stanju iznosi 7,492 MW. Nakon poziva SCOPF, tok prividne snage po grani 5 – 6 u slučaju ispada iznosi 118,06 MVA, a vrednost kriterijumske funkcije 6,405 MW. Vrednosti upravljačkih promenljivih koje su dobijene kao rezultat SCOPF problema su date u tabeli 3.6.

Tabela 3.4. Upravljačke veličine u generatorskim čvorovima u baznom stanju za režim 2

Čvor	$P$ [MW]	$Q$ [MVA <sub>r</sub> ]	$V_m$ [kV]
10	127,41		17
12	175,59		17,17
23	126,75		17,18
28	159,36	-24,43	
25	176,60		17,08
31	191,80		17,27

Tabela 3.5. Potrošnja u sistemu za režim 2

Čvor	$P$ [MW]	$Q$ [MVA <sub>r</sub> ]
7	320	62
16	300	64
21	330	62,60

Tabela 3.6. Upravljačke veličine u generatorskim čvorovima za režim 2 nakon SCOPF

Čvor	$P$ [MW]	$Q$ [MVA <sub>r</sub> ]	$V_m$ [kV]
10	83,66		17,27
12	266,01		18,17
23	98,66		17,60
28	236,17	-24,92	
25	113,14		17,62
31	158,40		17,37

Poboljšanje vrednosti kriterijumske funkcije za predložene vrednosti upravljačkih promenljivih u baznom stanju u odnosu na početno stanje je očekivano s obzirom da stanje sistema iz koga je simuliran ispad nije bilo optimalno.

S druge strane, vrednost kriterijumske funkcije je očekivano lošija u odnosu na optimalnu vrednost kriterijumske funkcije gubitaka aktivne snage bez uvažavanja principa sigurnosti sistema koja iznosi 6,069 MW. Vrednosti upravljačkih promenljivih za optimalno stanje bez uvažavanja sigurnosti sistema date su u tabeli 3.7.

Tabela 3.7. Upravljačke veličine za optimalno stanje bez uvažavanja principa sigurnosti

Čvor	$P$ [MW]	$Q$ [MVA <sub>r</sub> ]	$V_m$ [kV]
10	10		17,17
12	186,03		17,39
23	109,66		17,25
28	339,99	-39,59	
25	115,89		17,20
31	194,72		17,24

#### 4. ZAKLJUČAK

SCOPF proračun može da se primeni kako za planiranje, tako i za upravljanje mrežom u realnom vremenu.

Primenom optimizacionog algoritma kao što je SCOPF je moguće eliminisati narušena ograničenja koja nastaju nakon ispada elementa podešavanjem upravljačkih veličina u sistemu pre ispada. Za tako odabrane vrednosti upravljačkih promenljivih sistem će u baznom stanju imati nešto lošiju vrednost kriterijumske funkcije nego kada nije uvažena sigurnost sistema, što je relativno mala cena koja treba da se plati kada se ide na stranu sigurnosti. Ova tvrdnja je upravo dokazana na primeru test sistema u režimu 2, ako se uporede vrednosti kriterijumskih funkcija za bazno stanje sa i bez uvažavanja principa sigurnosti.

SCOPF algoritam implementiran u ovom radu odlikuje jednostavan pristup ažuriranju ograničenja. Međutim, bitno je napomenuti da je zbog usvojenog jednostavnog pristupa izgubljeno na preciznosti algoritma. Dodatno, problem pronalaženja rešenja se usložnjava ukoliko se razmatra veći broj ispada. Konačno, vreme potrebno za izvršavanje proračuna zavisi od odabrane metode za detekciju kritičnih ispada. U ovom radu se pozivaju AC tokovi snaga za proračun tokova snaga nakon ispada u cilju detekcije narušenih ograničenja u sistemu. Bitno je napomenuti da ovaj pristup oduzima dosta vremena čak i za mali test sistem koji je korišćen u ovom radu pa je neophodno da se za veći sistem koriste druge metode koje ubrzavaju proračun, kao npr. pomenuta metoda PTDF faktora.

#### 5. LITERATURA

- [1] J. Carpentier, „*Contribution to the Economic Dispatch Problem*”, Bulletin de la Societe Francoise des Electriciens, 1962.
- [2] J. Zhu, „*Optimization of Power System Operation*“, Hoboken, New Jersey, United States, John Wiley & Sons, Inc., 2015.
- [3] H. W. Dommel, W. F. Tinney, „*Optimal Power Flow Solutions*“, IEEE Transactions on Power Apparatus and System, PAS 87, Issue 10, Oct. 1968.
- [4] Milan S. Čalović, Andrija T. Sarić, Predrag Č. Stefanov, „*Eksploatacija elektroenergetskih sistema u uslovima slobodnog tržišta*“, Čačak, Republika Srbija, Tehnički fakultet Čačak, 2005.
- [5] O. Alsac, B. Stott, „*Optimal Load Flow with Steady-State Security*“, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS 93, Issue 3, May 1974.
- [6] N. Hadjsaid, M. Benahmed, J. Fandino, J.C. Sabonnadiere, G. Nerin, „*Fast contingency screening for voltage-reactive considerations in security analysis*“, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, Issue 1, Feb. 1993.
- [7] G.C. Ejebe, H.P. Van Meeteren, B.F. Wollenberg, „*Fast Contingency Screening and Evaluation for Voltage Security Analysis*“, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, Issue 4, Nov. 1988.
- [8] Yinyu Ye, „*Introduction and Preliminaries. Interior Point Algorithms: Theory and Analysis*“, New York, United States, John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [9] Ray D. Zimmerman, Carlos E. Murillo-Sánchez, „*MATPOWER 6.0 Users's Manual*“, Power Systems Engineering Research Center (PSERC), New York, United States, 2016.

#### Kratka biografija:

**Ivana Mirković** rođena je u Loznici 1993. godine. Osnovne studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi 2017. god. i 2017. god. upisala master studije na istom fakultetu.

**Savo Đukić** rođen je u Novom Sadu 1983. godine. Doktorsku disertaciju odbranio je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektroenergetski sistemi.

**POREĐENJE BRZINE ČITANJA PODATAKA SKLADIŠTENIH PO VRSTAMA I KOLONAMA U PostgreSQL BAZI PODATAKA****COMPARISON OF DATA SPEED READING STORAGE BY ROWS AND COLUMNS IN A PostgreSQL DATABASE**

Sanja Miljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu su izvršene dve grupe testova kod kojih se poredi brzina čitanja podataka skladištenih po vrstama i kolonama u PostgreSQL-u. Na osnovu dobijenih rezultata, pokazano je da je organizovanje podataka po kolonama pogodnije za agregaciju (sakupljanje, rezimiranje ili grupisanje) podataka.

**Ključne reči:** PostgreSQL, baza podataka, SQL, skladištenje podataka prema redovima, skladištenje podataka prema kolonama, izvršavanje upita

**Abstract** – Two groups of tests were performed in the paper, comparing the read speed of data stored by rows and columns in PostgreSQL. Based on the results obtained, it is shown that organizing data by columns is more suitable for aggregation (collection, summarization or grouping) of data.

**Keywords:** PostgreSQL, Database, SQL, Row-stored, Column-stored, C-store, query execution

**1. UVOD**

Baza podataka nudi organizovan mehanizam za skladištenje, upravljanje i dobijanje informacija, gde podatke možemo da skladištimo unutar tabela po redovima ili kolonama. Koje skladištenje podataka je bolje zavisi od toga koji tip upita se izvršava. U radu su kreirani eksperimenti gde je testirano izvršavanja upita. Prvi deo eksperimenta predstavljaju tabele koje se sastoje od jedne, dve i tri kolone, a drugi deo eksperimenta predstavlja realan primer u vidu ankete.

Ankete predstavljaju jednu tehniku prikupljanja podataka koje se sprovode među odabranim brojem osoba određene populacije na određenu temu. Ciljevi ankete mogu biti poslovnog ili istraživačkog karaktera [1,2]. Rezultati ankete se analiziraju i na osnovu tih rezultata se dobijaju određeni zaključci.

Podaci koji su prikupljeni putem ankete su negrupisani (sirovi) podaci. Podaci se svrstavaju u određene grupe po srodnosti na osnovu različitih kriterijuma u zavisnosti od odgovora ispitanika. Analiziranjem međusobnih odgovora ispitanika dobijaju se ključni odgovori na temu od interesa, u cilju bilo kakve vrste poboljšanja.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Slobodan Ilić, docent.**

U okviru rada analizirano je vreme koje je potrebno da se dobiju određeni podaci iz tabela i upoređena je razlika u izvršavanju upita kada se podaci skladište prema redovima i kolonama. Na osnovu dobijenih rezultata, pokazano je da je organizovanje podataka po kolonama pogodnije za anketnu analizu podataka.

**2. NAČINI SKLADIŠTENJA PODATAKA U RELACIONIM BAZAMA PODATAKA**

Baza podataka se sastoji od više tabela. Tabele se sastoje od kolona i redova. Svaka kolona odgovara jednom atributu, a svaki red odgovara pojedinačnom zapisu.

Podatke unutar tabela možemo da skladištimo atribut po atribut ili zapis po zapis. Odnosno, baza podataka može biti:

- Skladištena prema redovima (engl. *Row stored*)
- Skladištena prema kolonama (engl. *Column stored* poznato kao *columnar* ili *C-store*)

**2.1. Skladištenje podataka prema redovima**

Uobičajen, odnosno tradicionalan, način skladištenja tabela je serijalizacija svakog pojedinačnog reda. Redovi se skladište jedni pored drugih u memoriji. Ovi zapisi su lako čitljivi i lako se zapisuju. Ova vrsta skladišta je dizajnirana da vrati podatke za ceo red u što je moguće manjem broju operacija. Ovi sistemi nisu efikasni kada se traži mali broj konkrentnih podataka nad celom tabelom.

**2.2. Skladištenje podataka prema kolonama**

Za skladištenje podataka prema kolonama, podaci se za sve vrednosti određene kolone čuvaju uzastopno na disku. Operacije koje preuzimaju sve podatke za ceo red su sporije. Kod sistema koji skladište podatke prema kolonama potrebne su brojne operacije kod pristupanja disku za prikupljanje podataka iz više kolona. Ovakve vrste zahteva su uglavnom retke. U većini slučajeva, samo određeni deo podataka se preuzima. Upravo zbog ovoga skladištenje prema kolonama pokazuje odlične performanse, uprkos očiglednim nedostacima. Sistemi koji skladište podatke prema kolonama se najčešće koriste za analitičku obradu podataka kod veoma velikog broja podataka.

**3. PostgreSQL**

PostgreSQL je objektno-relacioni sistem za upravljanje bazama podataka. PostgreSQL koristi klijent server model [3,4].

### 3.1. Izvršavanje upita

Upite izvršavamo pomoću jezika SQL-a u PostgreSQL sistemu za upravljanje bazama podataka.

Pomoću upita iz tabele moguće je prikazati sirove podatke ili obraditi i prikazati jedan deo podataka. Da bi se dobio deo podataka iz tabele, potrebno je izvršiti grupisanje podataka.

Grupisanje podataka može se izvršiti prema redovima ili kolonama na osnovu zadatih kriterijuma u skupove ili skupove i podskupove, sa ciljem da podaci budu pregledni da bi mogli lakše da se analiziraju. Kriterijumi za grupisanje su specifične vrednosti za analizu od interesa. Nad podacima koji su grupisani vrednosti se mogu prebrojati, sabrati, izračunati prosek i druge operacije i time dobiti statističke serije podataka.

## 4. NAČINI SKLADIŠTENJA PODATAKA PREMA KOLONAMA U PostgreSQL-u

PostgreSQL sistem za upravljanje bazama podataka čuva podatke tako što ih skladišti redno. Za skladištenje po kolonama postoje različiti načini modifikacije u samom PostgreSQL, kao i razna literatura na ovu temu [6, 7, 8].

Modifikacija šeme, modifikacija menadžera skladištenja, modifikacija menadžera skladištenja i izvršioca upita predstavljaju izmene koje se vrše u samom PostgreSQL SUBP i oslanjaju se na skladištenje podataka orijentisanih prema redovima.

Ekstenzija `cstore_fdw` predstavlja poseban dodatak za skladištenje podataka prema kolonama koji se naknadno instalira u PostgreSQL. Ova ekstenzija koristi format za raspored podataka koji je inspirisan ORC-om (engl. *Optimized Row Columnar*). ORC čuva kolekciju redova u jednom fajlu i unutar kolekcije podaci reda se čuvaju u formi kolona. `Cstore_fdw` koristi indekse preskakanja koji omogućavaju preskakanje blokova podataka. Kod skladištenja podataka prema kolonama u ovom radu koristimo ovu ekstenziju.

## 5. EKSPERIMENTI I REZULTATI

Da bi se uporedila efikasnost izvršavanja upita nad podacima organizovanim prema redovima i kolonama osmišljena su i izvršena dva eksperimenta. Prvi eksperiment je zasnovan na veštački generisanim podacima, dok se u drugom eksperimentu koristila realna baza podataka u vidu ankete. Svaki upit je testiran jednom nad tabelom, na tek pokrenutom operativnom sistemu. Između izvršavanja dva različita upita nad istom tabelom restartovan je server. Ovim se izbegava brže izvršavanje upita zbog punjenja RAM i keš memorije.

### 5.1. Eksperimentalni deo jedan

U prvom eksperimentalnom delu obuhvaćene su tabele sa jednom kolonom, tabele sa dve kolone i tabele sa tri kolone. Tabele se popunjavaju sa numeričkim ili tekstualnim veštački generisanim podacima. Kreirane su tabele iste strukture za skladištenje podataka prema redovima i prema kolonama, sa različitim brojem  $10^1$ ,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $10^6$ ,  $10^7$  zapisa. Testiramo i poredimo vremena izvršavanja upita nad tabelama. Kod pisanja upita koriste se `EXPLAIN ANALYZE` naredbe kao prava naredba svakog upita. Ove naredbe pomažu da se poboljšaju

performanse baze podataka i prikazuju vreme izvršavanja (engl. *Run time*) koje se sastoji od vremena koje je potrebno za planiranje (engl. *Planning time*) kako će se upit izvršiti i vreme samog izvršavanja (engl. *Execution time*) upita. U ovom radu uzima se u obzir vreme samog izvršavanja upita nad podacima.

Testovi su izvođeni na PC sa OS ubuntu 16.4, CPU AMD A8 (2,10 GHz), 4 GB RAM i SSD 250 GB.

U nastavku je prikaz i analiza upita tabele sa tri kolone sa tekstualnim i numeričkim podacima.

#### 5.1.1. Tabele sa tri kolone sa tekstualnim i numeričkim podacima

Prva kolona *gender* sadrži podatke o polu, a moguće vrednosti su *Male*, *Female* i *NA*. Druga kolona *formaleducation* sadrži podatke o stepenu obrazovanja, a moguće vrednosti su *Bachelor's degree*, *Master's degree*, *Secondary school*, *Elementary school*. Treća kolona *age* sadrži podatke o godinama, a moguće vrednosti su 20, 25, 30, 35, 40.

Nad svim tabelama izvršavamo četiri upita koji su objašnjeni u nastavku.

**Prvi upit** koji izvršavamo je grupisanje prema vrednostima kolona *gender* i *formaleducation* i prebrojavanje sume njihovih vrednosti.

Prikaz SQL naredbi za izvršavanje prvog upita:

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT gender, formaleducation,
COUNT(*) FROM drugi3d4
GROUP BY gender, formaleducation;
```

**Drugi upit** koji izvršavamo je grupisanje kolone *formaleducation* i kolone *gender* za vrednosti *Female* i *Male* i prebrojavanje sume njihovih vrednosti.

Prikaz SQL naredbi za izvršavanje drugog upita:

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT gender, formaleducation,
COUNT(*) FROM drugi3d4
WHERE gender in ('Female', 'Male')
GROUP BY gender, formaleducation;
```

**Treći upit** koji izvršavamo je filtriranje pomoću kriterijuma *age* koji je veći ili jednak od broja 30 i grupisanje kolona *gender* i *formaleducation* po tom kriterijumu.

Prikaz SQL naredbi za izvršavanje trećeg upita:

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT gender, formaleducation,
COUNT(*) FROM drugi3d4
WHERE age >=30
GROUP BY gender, formaleducation;
```

**Četvrti upit** koji izvršavamo je filtriranje pomoću kriterijuma *age* koji je veći ili jednak od broja 30 i kriterijuma kolone *gender* koji ne uzima u obzir vrednost *NA* i grupisanje kolona *gender* i *formaleducation* po tim kriterijumima.

Prikaz SQL naredbi za izvršavanje četvrtog upita:

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT gender, formaleducation,
COUNT(*) FROM drugi3d4
WHERE age >=30 AND gender <>'NA'
GROUP BY gender, formaleducation;
```



Sledeća slika 1 prikazuje rezultat izvršavanja upita tri nad tabelom. Upit se izvršava bez EXPLAIN ANALYZE dela kod SQL naredbi.

	gender text	formaleducation text	count bigint
1	NA	Bachler's degree	500
2	NA	Secondary school	501
3	Male	Master's degree	500
4	Male	Secondary school	500
5	Female	Master's degree	500
6	NA	Elementary school	499
7	Male	Bachler's degree	500
8	Female	Bachler's degree	500
9	Male	Elementary school	500
10	Female	Elementary school	501
11	Female	Secondary school	499
12	NA	Master's degree	500

Slika 1. Prikaz rezultata trećeg upita kod tabela sa tri kolone

Tabela 1. Izlazna tabela vrednosti za upit tri

Formaleducation	Gender		
	Male	Female	NA
Bachler's degree	8%	8%	9%
Master's degree	9%	8%	8%
Secondary school	8%	8%	9%
Elementary school	8%	9%	8%

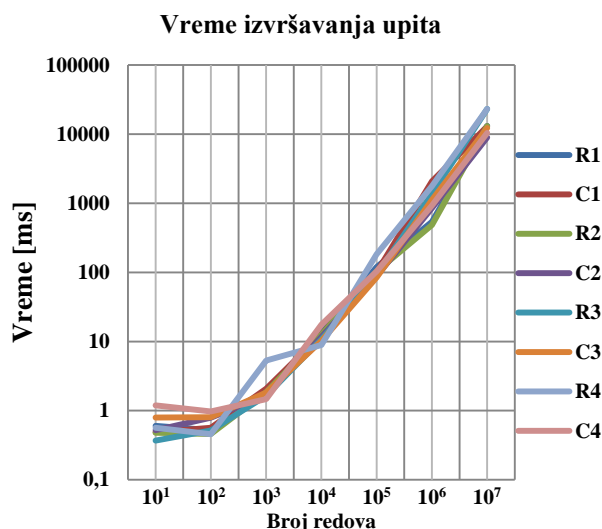
Tabela 1 prikazuje grupisanje podataka za treći upit za kriterijum godina veći ili jednak od broja 30. Grupisanje je izvršeno za grupe *Male*, *Female* i *NA* sa podgrupama *Bachler's degree*, *Master's degree*, *Secondary school* i *Elementary school*. Iz tabele 1 čitaju se izlazni podaci trećeg upita gde grupa *Male* sa podgrupom *Bachler's degree* u tabeli ima udeo 8%, za podgrupu *Master's degree* ima udeo 9%, za podgrupu *Secondary school* ima udeo 8% i za podgrupu *Elementary school* ima udeo 8%. Isto se čitaju grupe *Female* i *NA*.

Slika 2 je grafički prikaz vremena koje je potrebno da bi se prvi, drugi, treći i četvrti upit izvršio nad svakom tabelom.

Tabela 2. Tabelarni prikaz vremena izvršavanja upita nad tabelama sa tri kolone u zavisnosti od br. redova, kod skladištenje po redovima i kolonama

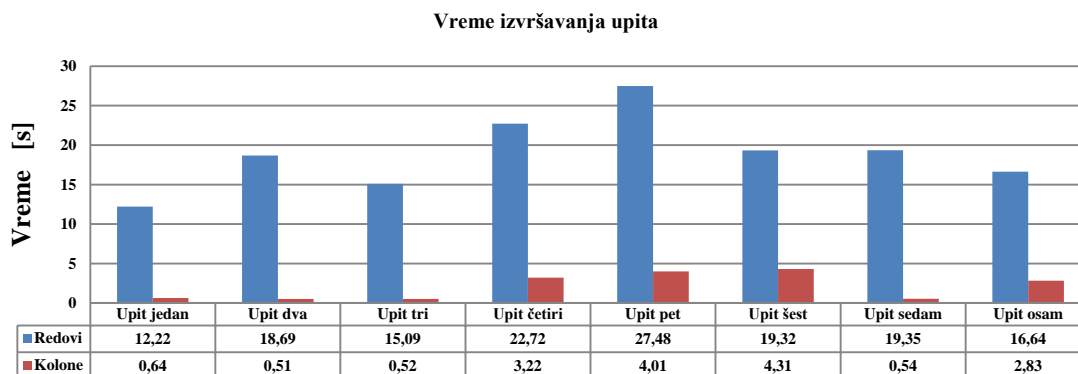
B.r.	Prvi upit skladištenje prema redovima	Prvi upit skladištenje prema kolonama	Drugi upit skladištenje prema redovima	Drugi upit skladištenje prema kolonama	Treći upit skladištenje prema redovima	Treći upit skladištenje prema kolonama	Četvrti upit skladištenje prema redovima	Četvrti upit skladištenje prema kolonama
10 <sup>1</sup>	0,602	0,487	0,48	0,521	0,369	0,794	0,564	1,194
10 <sup>2</sup>	0,523	0,564	0,458	0,789	0,515	0,805	0,457	0,976
10 <sup>3</sup>	1,943	2,081	1,859	1,651	1,642	1,827	5,305	1,464
10 <sup>4</sup>	13,119	12,642	12,434	11,678	10,79	10,245	8,915	17,518
10 <sup>5</sup>	119,342	100,131	103,264	87,977	93,006	84,313	182,941	103,646
10 <sup>6</sup>	539,006	2087,206	486,11	853,768	1368,502	1122,277	1770,568	929,92
10 <sup>7</sup>	13195,59	12950,28	13139,83	8960,217	23188,06	12313,62	23187,22	10410,78

Na grafiku su predstavljene sledeće oznake: R1, R2, R3, R4 – Upit jedan, upit dva, upit tri i upit četiri koji se izvršavaju nad tabelama koje su skladištene prema redovima; C1, C2, C3, C4 – Upit jedan, upit dva, upit tri i upit četiri koji se izvršavaju nad tabelama koje su skladištene prema kolonama.



Slika 2. Grafički prikaz vremena izvršavanja upita nad tabelom sa tri kolone u zavisnosti od br. redova, kod skladištenja prema redovima i kolonama

Rezultati izvršavanja prvog upita pokazuju male razlike u vremenima izvršavanja upita između tabela koje se skladište prema redovima i kolona. Najveća razlika u vremenu izvršavanja upita ogleđa se kod 10<sup>7</sup> redova i malo je bolja kod skladištenja prema kolonama. Rezultati izvršavanja drugog, trećeg i četvrtog upita pokazuju da je razlika između tabela koje su skladištene prema redovima i kolona pokazuju male oscilacije u vremenu izvršavanja upita sa manjim brojem redova. Najveća razlika u vremenu izvršavanja upita ogleđa se kod 10<sup>7</sup> redova i značajno je bolja kod skladištenja prema kolonama. Vremena koja su u tabeli 2 predstavljaju vremena samog izvršavanja upita nad podacima i predstavljena su milisekundama.



Slika 3. Grafički prikaz vremena izvršavanja upita nad tabelama koje skladište podatke po kolonama i redovima.

## 5.2. Eksperimentalni deo dva - Izvršavanje upita na podacima iz ankete

Drugi eksperimentalni deo predstavlja konkretan primer ankete u CSV (engl. *Comma Separated Values*) fajlu. Kreirane su dve tabelle skladištene prema redovima i prema kolonama u koje su učitani podaci iz CSV fajla. Ove tabelle obuhvataju stvarne vrednosti anketa iz 1998. i 1999. godine koje su spojene u jednu tabelu.

Takođe, ovde je testirano izvršavanje osam različitih upita:

**Prvi upit** izvršava prebrojavanje redova u tabeli.

**Drugi upit** izvršava prebrojavanje samo onih redova kod kojih su vrednosti kolone za pregled glasova veće od 5.

**Treći upit** izvršava prebrojavanje redova imena proizvoda, za one proizvode koji počinju velikim slovom "W".

**Četvrti upit** prikazuje podatke imena proizvoda kod kojih je rejting između 3 i 5.

**Peti upit** izvršava prebrojavanje redova imena proizvoda gde kolona kategorija proizvoda odgovara kriterijumu "Science Fiction & Fantasy" i kolona podkategorija proizvoda odgovara kriterijumu "Fantasy".

**Šesti upit** izvršava računanje proseka kolone rang prodaje proizvoda gde je za kolonu kategorija proizvoda kriterijum "Book".

**Sedmi upit** izvršava pronalaženje svih ocena koje je korisnik napravio u "Duno" seriji 1988.

**Osmi upit** izvršava proveravanje veze između naziva knjige, dužine njegovog naslova i njegovih ocena.

Izmerena vremena koja su prikazana slikom 4 predstavljaju vremena samog izvršavanja upita nad tabelama koje skladište podatke prema kolonama i prema redovima.

Slika 3 prikazuje grafik sa kojeg se vidi da kod svih upita koji se izvršavaju nad tabelama koje se skladište prema kolonama treba manje vremena da se obrade podaci u odnosu na tabelle koje se skladište prema redovima.

## 6. ZAKLJUČAK

Kod skladištenja anketnih podataka, gde se za svrhu obrade podataka kreiraju raznovrsni upiti koji u većini slučajeva vrše delimičnu selekciju podataka, pokazalo se na osnovu eksperimenata i rezultata da skladištenje

podataka prema kolonama ubrzava rad. Odnosno, brzina izvršavanja upita je brža. Što je selekcija podataka veća i specifičnost upita komplikovanija u potraživanju podatka, razlika između skladištenja prema redovima i prema kolonama je veća i ide u prilog skladištenju prema kolonama.

Ovim radom omogućeno je dalje istraživanje na ovu temu kao i baza za formiranje istraživačko komercijalnih proizvoda upotrebom tehnologije baza podataka.

## 7. LITERATURA

- [1] Metcalfe A. V., *Statistics in Management Sciences*, Oxford University Press, New York, 2000.
- [2] Rabija Somun-Kapetanović, *Statistika u ekonomiji i menadžmentu*, Ekonomski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 2008
- [3] Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke, *Database Management Systems*. 2nd Ed, McGraw-Hill Publishing Company, New York, 2000
- [4] Daniel J. Abadi, Samuel R. Madden, Nabil Hachem, *Column-Stores vs RowStores : How Different Are They Really?*, Vancouver, BC, Canada, June, 2008
- [5] Aditi D. Andurkar, *Column-Oriented Database Implementation in PostgreSQL for Improving Performance of Read-Only Queries*, Pune, June, 2012.
- [6] G. Graefe, *Efficient columnar storage in b-trees*, SIGMOD Rec., 2007.
- [7] Patrick O'Neil and Dallan Quass, *Improved query performance with variant indexes*, 1997.
- [8] D. J. Abadi, *Query execution in column-oriented database systems*, MIT PHD Dissertation, PhD Thesis, 2008.

## Kratka biografija:



**Sanja Miljević** rođena je u Virovitici 1989. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranila je 2020. god. kontakt: sanja\_mrmos@gmail.com

**KODOVANJE U H.264 (AVC) I H.265 (HEVC) STANDARDIMA****CODING IN H.264 (AVC) I H.265 (HEVC) STANDARDS**Zalan Fodor, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisani su procesi enkodiranja u H.264 (AVC) i H.265 (HEVC) standardima i pokazano je kako binarno kodovanje završava proces pretvaranja izvornog video signala u komprimovani bitstream.

**Ključne reči:** H.264, AVC, H.265, HEVC, kodovanje, video kompresija

**Abstract** – This thesis is trying to describe the encoding process in AVC and HEVC standards and show how binary coding completes the converting a source video signal into a compressed bitstream.

**Keywords:** H.264, AVC, H.265, HEVC, coding, video compression

**1. UVOD**

Algoritmi za video kompresiju razvijani su dugi niz godina i njihova namena, složenost i suština zavisila je od više faktora, pre svega od raspoložive tehnologije [1]. Standardizacija kompresija izvršena je od strane dve glavne međunarodne organizacije za standardizaciju, ITU i ISO. Standardi obuhvataju algoritme i tehnike kodovanja, arhitekture koda i formate zapisa kodovanog sadržaja [2].

1984. godine objavljen je prvi standard za digitalnu video kompresiju pod nazivom H.120. On se koristio za prenos videokonferencijskih signala. Prva verzija H.261 standarda objavljena je 1988. godine. Najznačajnije poboljšanje kompresije u poređenju sa H.120 dobijeno je uvođenjem predikcije kompenzacije pokreta. 1993. godine objavljen je MPEG-1 standard koji je kasnije dobio svetsku pažnju kao MP3 audio format. MPEG-1 je dalje razvijan u MPEG-2, koji je objavljen 1995. godine. MPEG-2 je u celom svetu prihvaćen kao televizijski standard i korišćen je za komprimovanje videa namenjenog televizijski standardne (SDTV) i televizijski visoke rezolucije (HDTV). Godinu dana kasnije objavljen je H.263 koji je bio dizajniran za videokonferencijske aplikacije na vrlo niskim brzinama. Paralelno sa daljim razvojem ITU H.263, ISO je razvio MPEG-4 1999. godine. Ovaj standard ciljao je specifikacije uopštenog integrisanog multimedijalnog standarda. Osnovni alati za video kompresiju preuzeti su iz H.263. MPEG-4 je najduže razvijan i doživio je veliki broj verzija. H.265 je

naslednik H.264 i pruža do 50% bolju kompresiju podataka za isti kvalitet video sadržaja.

U ovom radu dat je pregled procesa kodovanja u H.264 i H.265 standardima, i kako binarno kodovanje završava proces pretvaranja izvornog video signala u H.264 ili H.265 komprimovani bitstream.

**2. KODOVANJE U H.264 (AVC) STANDARDU**

H.264 kodovani stream ili H.264 fajl sastoji se od niza kodovanih simbola. Ovi simboli čine sintaksu i sadrže: parametre, identifikatore, vrste predikcije, kodovane vektore pomeraja i transformacione koeficijente. H.264 standard određuje nekoliko metoda za kodovanje simbola, tj. za pretvaranje svakog simbola u binarni zapis:

- Kodovi sa fiksnom dužinom kodne reči,
- Kodovi sa promenljivom dužinom kodne reči,
- Context-Adaptive Variable Length Coding,
- Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding.

**2.1. Exp-Golomb kodovanje**

Kodovi sa promenljivom dužinom kodne reči kao što je Exp-Golomb, mogu se koristiti kao efikasan način predstavljanja simbola sa različitim verovatnoćama. Podaci mogu da se prikažu u komprimovanom obliku tako što se kraći kodne reči dodeljuju simbolima koji se češće pojavljuju, a duži onima koji se ređe pojavljuju. Kodna reč sastoji se od: prefiksa  $M$  nula, gde je  $M$  0 ili pozitivan ceo broj; od jedinice [1]; i od  $M$ -bitnog informacionog polja [INFO].

**2.2. Kontekstno adaptivno kodovanje sa promenljivom dužinom kodne reči - CAVLC**

Ovaj tip kodovanja koristi se za enkodovanje blokova sa transformacionim koeficijentima. Ako se koristi CAVLC zajedno sa  $8 \times 8$  celobrojnom transformacijom, tada se svaki  $8 \times 8$  blok sa kvatizovanim transformacionim koeficijentima obrađuje kao četiri  $4 \times 4$  bloka. Koraci CAVLC enkodovanje  $4 \times 4$  bloka sa transformacionim koeficijentima su sledeći:

1. kodovanje broja koeficijenata i pratećih jedinica
2. kodovanje predznaka +/-1
3. kodovanje nivoa preostalih nenultih koef.
4. kodovanje ukupnog br. nula pre poslednjeg koef.
5. kodovanje niza uzastopnih 0

**2.3. Kontekstno adaptivno binarno aritmetičko kodovanje - CABAC**

CABAC je tehnika entropijskog kodovanja bez gubitaka koja postiže dobre performanse komprimovanja. Sintakсни element se binarizuje, tj. pretvara se u niz bita, od kojih

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željens Trpovski, vanr. prof.

svaki odgovara jednoj binarnoj odluci (*bin-u*). Kodovanje data simbola obuhvata sledeće faze:

1. Binarizacija.
2. Izbor modela konteksta.
3. Aritmetičko kodovanje.
4. Ažuriranje verovatnoće.

Proces dekodovanja je tako definisan da smanji kompleksnost implementacije aritmetičkog kodovanja i dekodovanja. U celini, CABAC može da obezbedi efikasnije kodovanje u poređenju sa CAVLC zahvaljujući većoj računskoj složenosti na nekim platformama.

### 3. ENTROPIJSKO KODOVANJE U H.265 (HEVC) STANDARDU

Bitstream je konstruisan od enkodovanih sintakasnih elemenata. U slučaju kodova sa fiksnom ili promenljivom dužinom kodne reči, sintakсни elementi predstavljani su sa jedinstvenim kodnim rečima. Za parsiranje u HEVC standardu koriste se tri šeme kodovanja: kodovi sa fiksnom dužinom kodne reči, sistematski kodovi sa promenljivom dužinom kodne reči, i kontekstno adaptivno binarno aritmetičko kodovanje (CABAC). Ove šeme koriste se na različitim nivoima hijerarhije bitstrima. Sintakсни elementi na nivou kodovanog bloka predstavljaju najveći deo kodovane informacije. Entropijsko kodovanje je izraz koji se odnosi na kodovanje bez gubitaka i često se koristi za proces transformacije strima sintakasnih elemenata u bitstream.

#### 3.1. Kontekstno adaptivno binarno aritmetičko kodovanje (CABAC) u HEVC standardu

Za informacije na nivou bloka u H.264 (AVC) standardu specificirane su dve šeme entropijskog kodovanja: CAVLC i CABAC. Kontekstno adaptivno kodovanje sa promenljivom dužinom kodne reči (CAVLC) dostupno je u svim profilima, a CABAC je alternativna opcija i najviše se koristi u glavnim i visokim profilima. U HEVC standardu odabrano je samo CABAC kodovanje. Mehanizam za aritmetičko kodovanje nije promenjen u odnosu na CABAC kao što je navedeno u H.264 standardu.

##### 3.1.1. Pregled procesa

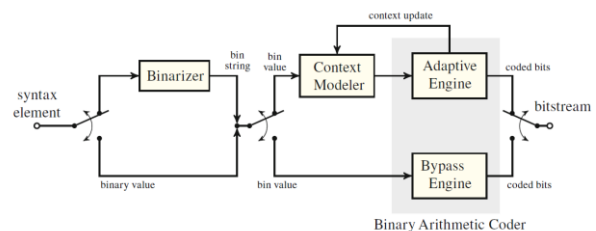
CABAC-ov mehanizam za binarno aritmetičko kodovanje zahteva transformaciju nebinarnih vrednosti u binarnu reprezentaciju. Ovaj proces transformacije je binarizacija, a ulazi rezultujućeg *bin-stringa* nazivaju se *bin-ovima*. Binarizacija je dizajnirana tako da bude bez prefiksa, a to znači da nijedan bin-string nije prefiks dužeg bin-stringa za dati sintakсни element. Na taj način vrednosti sintakasnog elementa jedinstveno se dekoduju iz rekonstruisanog bin-stringa.

Za svaki kodovani bin primenjuje se model konteksta. Model konteksta može biti adaptivni ili statični. Adaptivni model konteksta pokreće mehanizam adaptivnog aritmetičkog kodovanja. Statički model pokreće mehanizam za ne-adaptivno kodovanje sa fiksnom postavkom da binarni vrednosti 0 i 1 imaju jednaku verovatnoću. Ovaj mehanizam naziva se *bypass* mehanizam i koristi se za kodovanje predznaka transformacionih koeficijenata. Korišćenjem *bypass* mehanizma takvi binarni vrednosti mogu se efikasno uključiti u aritmetičko kodovani bitstream. U mehanizmu

adaptivnog kodovanja, model konteksta ažurira se posle svakog koraka kodovanja ili dekodovanja. Time se model konteksta prilagođava posmatranoj raspodeli verovatnoća u aktuelnom procesu kodovanja.

Na slici 3.1. prikazan je šematski dijagram procesa CABAC enkodovanja. Celokupni proces CABAC kodovanja počinje sa fazom binarizacije za nebinarne simbole. Za svaki kodovani bin, izabrano je adaptivno kodovanje sa pridruženim modelom konteksta ili *bypass* kodovanje sa statičkim modelom verovatnoće. Na kontekstno adaptivnoj grani, primenjeni model konteksta ažurira se posle kodovanja svakog bina. Na kraju, kodovani izlazni binovi CABAC mehanizma ubacuju se u bitstream. Nakon što je postignut poslednji sintakсни element kodovanog slajs segmenta koduje se *ending flag* za indicaciju prekida procesa kodovanja.

Na strani dekodera radi se dekodovanje kako bi se otkrili kodovani sintakсни elementi iz bitstrima. Modeli konteksta inicijalizovani su na isti način kao i modeli konteksta na strani enkodera. Za svaki sintakсни element, binovi su sukcesivno dekodovani iz bitstrima upotrebom i ažuriranjem odgovarajućih modela konteksta. Pošto je binarizacija kodovanih sintakasnih elemenata tako dizajnirana da nema prefiksa, vrednost dekodovanog sintakasnog elementa identifikuje se čim se dekodovani bin-string odgovara važećoj binarizaciji. Zatim dekodirer prelazi na prvi bin sledećeg sintakasnog elementa i na njegov pridruženi model konteksta.



Slika 3.1 Blok dijagram CABAC enkodera [4]

##### 3.1.2. Binarizacija

Proces binarizacije pretvara vrednosti nebinarnih sintakasnih elemenata u nizove binarnih vrednosti. Ovi bin-stringovi unose se u proces aritmetičkog kodovanja. Svaki nebinarni sintakсни element ima određenu šemu binarizacije. Po konceptu, binarizacija mora biti bez prefiksa da bi bilo moguće dekodovanje odgovarajućeg sintakasnog elementa.

Za postupke aritmetičkog enkodovanja i dekodovanja, odgovarajući binovi redaju se sa leva na desno po indeksu bina. Kodovanje svakog bina vrši se prema dodeljenom kontekstnom modelu. Postoji veliki broj kontekstnih modela za fazu entropijskog kodovanja. Kriterijumi za dizajniranje efikasne faze entropijskog kodovanja su sledeći:

- broj binova za kodovanje treba da je što manji,
- broj primenjenih kontekstnih modela takođe treba da je što manji,
- broj binova koji su kodovani u *bypass* režimu treba da je što veći,
- binovi koji su kodovani sa identičnim kontekstnim modelom treba da budu grupisani.

U razvoju HEVC-a, razmatranje ovih kriterijuma dovelo je do sadašnjeg dizajna.



### 3.1.3. Inicijalizacija konteksta

Stanje svakog konteksta predstavljeno je sa vrednošću verovatnoće za najmanje verovatan simbol  $0 < p_{LPS} \leq 0.5$  i sa vrednošću najverovatnijeg simbola  $v_{MPS} \in \{0, 1\}$ . Za celobrajni prikaz, verovatnoća se skalira na ceo broj sa 7-bitnim dinamičkim opsegom. Pošto konačno treba predstaviti LPS vrednost, potrebna je samo polovina opsega.

Konteksti se inicijaliziraju na stanje verovatnoće  $p_{LPS}$  i na vrednost najverovatnijeg simbola  $v_{MPS}$ . Moramo napomenuti da je procenjena verovatnoća predstavljena sa celim brojem  $p_{LPS}$  između  $0 < p_{LPS} < 64$ . Inicijalizacija ove dve promenljive vrši se u zavisnosti od luma parametra kvantizacije trenutnog slajsa  $QP_{slice}$ . Pri tome, uzimaju se u obzir varijacije statistike simbola.

8-bitna vrednost inicijalizacije  $v_{init}$  određuje adaptaciju, tj. određuje prilagođavanje.  $v_{init}$  sastoji se od 8 bita: gornja 4 bita predstavljaju vrednost nagiba (*slope value*)  $s_{ctx}$  koji zavisi od parametra kvantizacije, a donja 4 bita predstavljaju *offset* vrednost  $o_{ctx}$ .

### 3.1.4. Izbor konteksta

Za svaki bin binarizacije koji nije kodovan u *bypass* režimu izabere se odgovarajući model konteksta. Izabrani model može biti fiksni, a može biti i prilagođen kontekstnim uslovima. U specifikaciji, kontekst koji se primenjuje označen ja sa indeksom konteksta i priraštajem indeksa konteksta. Indeks konteksta ukazuje na prvu vrednost inicijalizacije sintaksnog elementa u tabeli konteksta. Priraštaj indeksa konteksta ukazuje na određeni model konteksta iz raspoloživog skupa koji se primenjuje.

U zavisnosti od tipa inicijalizacije koji zavisi od tipa trenutnog slajsa (I, P ili B), određena su tri skupa kontekstnih modela. Jedan tip inicijalizacije koristi se za I slajsove. Za P i B slajsove, tip inicijalizacije može se dodatno menjati u zaglavlju slajsa.

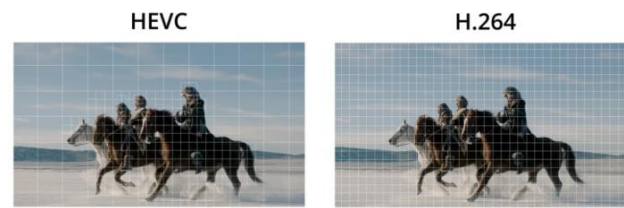
Model konteksta može da zavisi od postojanja i vrednosti prethodno kodovanih sintaksnih elemenata u lokalnom susedstvu.

## 4. KOMPARATIVNA ANALIZA

Oba standarda upoređuju različite delove video frejmova kako bi pronašli one koji su previšni unutar narednih frejmova. Ova područja zamenjuju se kratkim informacijama koje opisuju originalne piksele. Ono što razlikuje HEVC od AVC jeste mogućnost proširivanja veličine ovih područja u veće ili manje blokove [9].

Kod H.264 standarda osnovna jedinica video sadržaja je makroblok (MB) koji se sastoji od: jednog bloka luma komponente (Y) i obično dva bloka hroma komponenti (CbCr). Za HEVC je odabrana struktura stabla (*Coding Tree Unit*) za osnovnu jedinicu enkodovanja. CTU sastoji se od luma i hroma blokova koji se zovu *Coding Tree Blocks* (CTBs) analogno makroblokovima. Takođe je propisana sintaksa koja opisuje strukturu stabla, tj. poziciju i veličinu blokova za enkodovanje. Veličina luma bloka može biti  $L=16, 32$  ili  $64$  uzoraka. Veći blokovi garantuju bolju kompresiju. Jedan luma blok i dva hroma bloka zajedno sa pridruženom sintaksom čine kodnu jedinicu (*Coding Unit*). Svaka slika se deli na CTU-ove.

Blok veličine  $32 \times 32$  može biti predstavljen mešavinom  $16 \times 16, 8 \times 8$  i  $4 \times 4$  blokova u zavisnosti od regiona (Slika 4.1) [8].



Slika 4.1 Podela slike na CTU-ove [7]

Glavna razlika je u tome što HEVC omogućava dalje smanjenje veličine datoteke, a samim tim i smanjenu potrebnu propusnost (npr. za live video strimove). Dok makroblokovi mogu da obuhvataju blokove veličine  $4 \times 4$  do  $16 \times 16$ , CTU-ovi mogu da obrađuju čak i  $64 \times 64$  blokove, pružajući mogućnost efikasnijeg sažimanja informacija. Pored većih dimenzija CTU-ova, HEVC ima i bolju kompenzaciju pokreta i prostorno predviđanje od AVC-a. Ovo omogućava striming 4K videa preko uobičajenih mrežnih brzina. Znači, HEVC-u je potreban napredniji hardver za komprimovanje video podataka, što je "loša" strana ovog standarda. U tabeli 4.1 upoređuje se preporučena širina propusnog opsega za H.264 i H.265 enkodovanje [6].

Tabela 4.1 Preporučena širina propusnog opsega za H.264 i H.265 enkodovanje [6]

Resolution	Minimum Upload Speed	
	H.264	H.265
480p	15 mbps	0.75 mbps
720p	3 mbps	15 mbps
1080p	6 mbps	3 mbps
4K	32 mbps	15 mbps

HEVC nudi brojna poboljšanja u odnosu na AVC. Kompresija HEVC-a je oko 50% efikasnija od AVC-a, što znači isti kvalitet video zapisa na polovini bitrejtta ili dvostruko kvalitetniji video zapis na istoj brzini prenosa. Na primer, ako snimamo 1080p AVC livestream na YouTube pri 6 Mbps, pomoću HEVC enkodera bi trebalo 3 Mbps za isti kvalitet (imamo isti kvalitet sa manje podataka) [7].

## 5. ZAKLJUČAK

Za informacije višeg nivoa obe specifikacije (AVC i HEVC) primenjuju kodovanje sa fiksnom dužinom i kodovanje sa promenljivom dužinom kodne reči. Na nivou slajsa, H.264 (AVC) obuhvata dve faze entropijskog kodovanja: kontekstno adaptivno kodovanje sa promenljivom dužinom kodne reči (CAVLC) i kontekstno adaptivno binarno aritmetičko kodovanje (CABAC). U trenutku specifikacije H.264 (AVC), šema aritmetičkog kodovanja bila je jako složena. Dakle, osnovni profil je specifikiran bez aritmetičkog kodovanja, (glavni profil uključuje CABAC kodovanje). Tokom razvoja HEVC-a pokazalo se da složenost efikasnog CAVLC predstavljanja sinaksnih elemenata na nivou slajsa nije značajno niža od složenosti šeme zasnovane na CABAC-u. Na osnovu toga, odbačena je mogućnost dve šeme entropijskog kodovanja i izabran je CABAC kao jedina šema entropijskog kodovanja u HEVC-u.

Novi H.265 (HEVC) standard kompresije video podataka kreiran je da omogući enkodovanje video sekvenci većih rezolucija. Zahvaljujući svojim performansama koje se prvenstveno odnose na povećanje efikasnosti kodovanja, laku integraciju u različite sisteme prenosa, otpornost na gubitak podataka i olakšanu implementaciju na različitim paralelnim arhitekturama, H.265 (HEVC) standard nalazi sve veću primenu, pored ostalih, i u vojnim komunikacionim sistemima i aplikacijama. Ovu tvrdnju dodatno dokazuje činjenica da su pojedine vojne organizacije i savezi usvojili navedeni standard kao njihov prioritetni standard kompresije video podataka koji se koristi i planira da se koristi u širokom spektru vojnih aplikacija i sistema [5].

Iako je mehanizam za aritmetičko kodovanje u HEVC-u kopiran iz H.264 (AVC), optimizovani su dizajn za kontekstno prilagođavanje i *bypass* kodovanje. Cilj dizajniranja HEVC-a bilo je omogućavanje obrade visoke propusnosti (uz mali skup potrebnih kontekstnih tabela, uz smanjenu kompleksnost parsiranja i uz smanjenu zavisnost od konteksta).

## 6. LITERATURA

- [1] Irini Reljin, Video kompresija - u susret H.265, PosTel 2005
- [2] Milan Bjelica, Beleške sa predavanja, Programska podrška u televiziji i obradi slike 1
- [3] Iain E. Richardson, The H.264 Advanced Video Compression Standard, 2010
- [4] Mathias Wien, High Efficiency Video Coding - Coding Tools and Specification, 2015
- [5] Boriša Ž. Jovanović, Efikasan mehanizam kriptografske sinhronizacije u algoritmima šifrovanja multimedijalnih sistema nove generacije - Doktorska disertacija, 2018
- [6] <https://www.boxcast.com/blog/hevc-h.265-vs.-h.264-avc-whats-the-difference> (pristupljeno u maju 2020.)
- [7] <https://teradek.com/blogs/articles/3-reasons-why-hevc-x265-matters-and-how-you-can-start-using-it-now> (pristupljeno u maju 2020.)
- [8] Vanja Elčić, Dragoljub Pilipović, Analiza dostignute efikasnosti HEVC standarda u odnosu na H.264/MPEG-4 AVC standard, 2013
- [9] <https://medium.com/advanced-computer-vision/h-264-vs-h-265-a-technical-comparison-when-will-h-265-dominate-the-market-26659303171a> (pristupljeno u maju 2020.)

### Kratka biografija:



**Zalan Fodor** rođen je u Novom Sadu 1993. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2017.god.



**Željen Trpovski** rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. godine. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

**GENERIČKI IEC 61968-100 ADAPTER****GENERIC IEC 61968-100 ADAPTER**Đina Stanković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisan je dizajn i implementacija generičkog adaptera za razmenu poruka u skladu sa standardom IEC 61968. Objasnjeno je postupak testiranja i prikazane su performanse razvijenog rešenja. Na samom kraju je dat pregled mogućnosti za dalji razvoj adaptera.

**Ključne reči:** Web servisi, SOAP (Simple Object Access Protocol), XSD (XML Schema), mapiranje, adapter, IEC 61968

**Abstract** – This paper describes the design and implementation of a generic adapter compliant with IEC 61968. The test procedure is explained and the performance of the solution is presented. At the end, an overview of the possibilities for further development of the adapter is given.

**Keywords:** Web services, SOAP (Simple Object Access Protocol), XSD (XML Schema), mapping, adapter, IEC 61968

**1. UVOD**

Uočena je mogućnost razvoja generičkog adaptera za razmenu poruka u skladu sa IEC 61968 standardom, pri čemu adapter može posredovati u razmeni poruka između sistema. Postojanje generičkog adaptera donosi olakšicu u vidu izbegavanja promene implementacije, iznova i iznova, za svaki tip poruke ili sisteme sa kojima se komunicira, jer se konfiguracija adaptera podešava preko UI-a, bez spuštanja servisa. Zadatak generičkog adaptera je da obradi primljeni SOAP zahtev, pri čemu vrši određene transformacije podataka, i potom, da kreiranu izlaznu poruku pošalje određenoj sistemu, čiji će odgovor samo proslediti izvornom sistemu.

U nastavku je data teorijska osnova neophodna za razumevanje rada adaptera. Opisan je dizajn i implementacija projektnog rešenja, kao i performanse koje podrazumevaju vreme potrebno da se obradi određen broj poruka.

**2. TEORIJSKE OSNOVE****2.1. Integracije**

Integracije obezbeđuju razmenu podataka između različitih sistema. Obično jedan sistem predstavlja izvor podataka, dok drugi sistem koristi te podatke na sebi svojstven način.

Zasnivaju se na nekoliko standarda i tehnologija: CIM, Web Services, XML, XSD, itd.

CIM (Common Information Model) je standard koji je razvio EPRI (Electric Power Research Institute), a koji je službeno usvojio IEC (International Electrotechnical Commission). Koristi se za definisanje integracionih modela: XML i RDF (XSD i RDFS), gde se kasnije generišu poruke u skladu sa XSD šemama [1].

XML (Extensible Markup Language) je standardni skup pravila za definisanje formata podataka propisan od strane W3C (World Wide Web Consortium), razumljiv i čoveku i računaru, definiše opštu sintaksu za označavanje podataka pomoću odgovarajućih tagova [2].

XSD (XML Schema) je način za strukturiranje pravila kreiranja XML dokumenta. Korišćenjem XML šeme moguće je detaljno opisati strukturu XML elemenata: kardinalnost, tip podatka, format podatka [3].

**2.2. IEC 61968-100 standard**

IEC 61968 standard je namenjen za podršku integracija aplikacija u elektroenergetskim objektima sa naglaskom na interfejs sistema za upravljanje distribucijom.

Međunarodni standard IEC 61968-100 pripremljen od strane IEC tehničkog komiteta 57: Upravljanje i komunikacija u elektroenergetskom sistemu. Definiše skup implementacionih profila za IEC 61968, koristeći raspoložive integracione tehnologije, uključujući WS (Web Service) ili JMS (Java Messaging Service) [4].

**2.3.1. Glagoli**

Deo standarda identifikuje skup glagola (verbs) koji se koriste u komunikaciji i detaljno opisuje korišćenje svakog od njih. Postojeći glagoli su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1 - Glagoli i njihova upotreba

<i>Request Verb</i>	<i>Reply Verb</i>	<i>Event Verb</i>	<i>Usage</i>
get	reply	(none)	query
create	reply	created	transaction
change	reply	changed	transaction
cancel	reply	canceled	transaction
close	reply	closed	transaction
delete	reply	deleted	transaction
execute	reply	executed	transaction

**2.3.2. Imenice**

Imenice (*nouns*) se koriste za identifikaciju tipa informacija koje se razmenjuju. Često se nazivaju profilima. Svaka imenica ima odgovarajuću XML šemu, koja je definisana u okviru jedinstvenog namespace-a, samo za tu imenicu.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Milan Gavrić.

### 2.3. Web Servisi

Web servisi [5] se zasnivaju se na klijent-server arhitekturi koja se oslanja na komunikaciju preko internet protokola. Ovim je omogućena razmena podataka između softverskih aplikacija koje su napisane različitim programskim jezicima i/ili pokrenute na različitim sistemskim platformama.

Web servisi koriste XML za kodiranje i dekodiranje podataka, a SOAP za razmenu podataka. Za transport se obično koristi HTTP protokol.

WSDL (Web Services Description Language) je jezik za opisivanje web servisa.

UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) predstavlja centralizovanu lokaciju koja obezbeđuje mehanizam za registrovanje i pronalaženje web servisa.

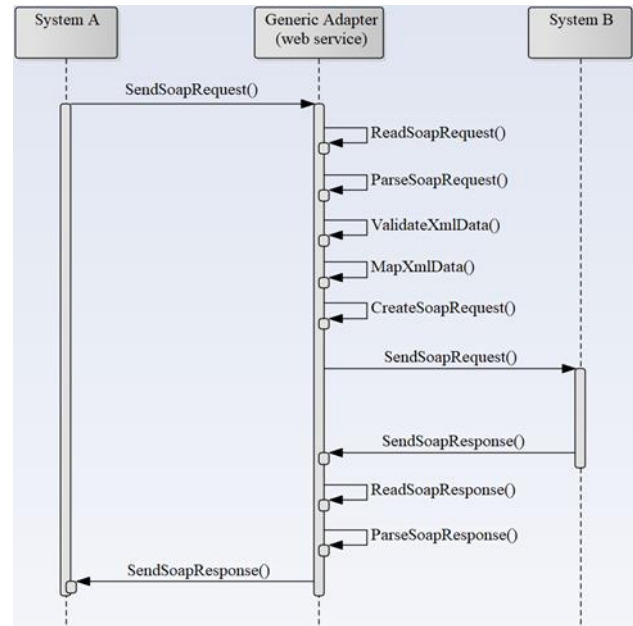
### 3. SPECIFIKACIJA ZAHTEVA

Podešavanje generičkog adaptera je dizajnirano da zadovolji sledeće zahteve:

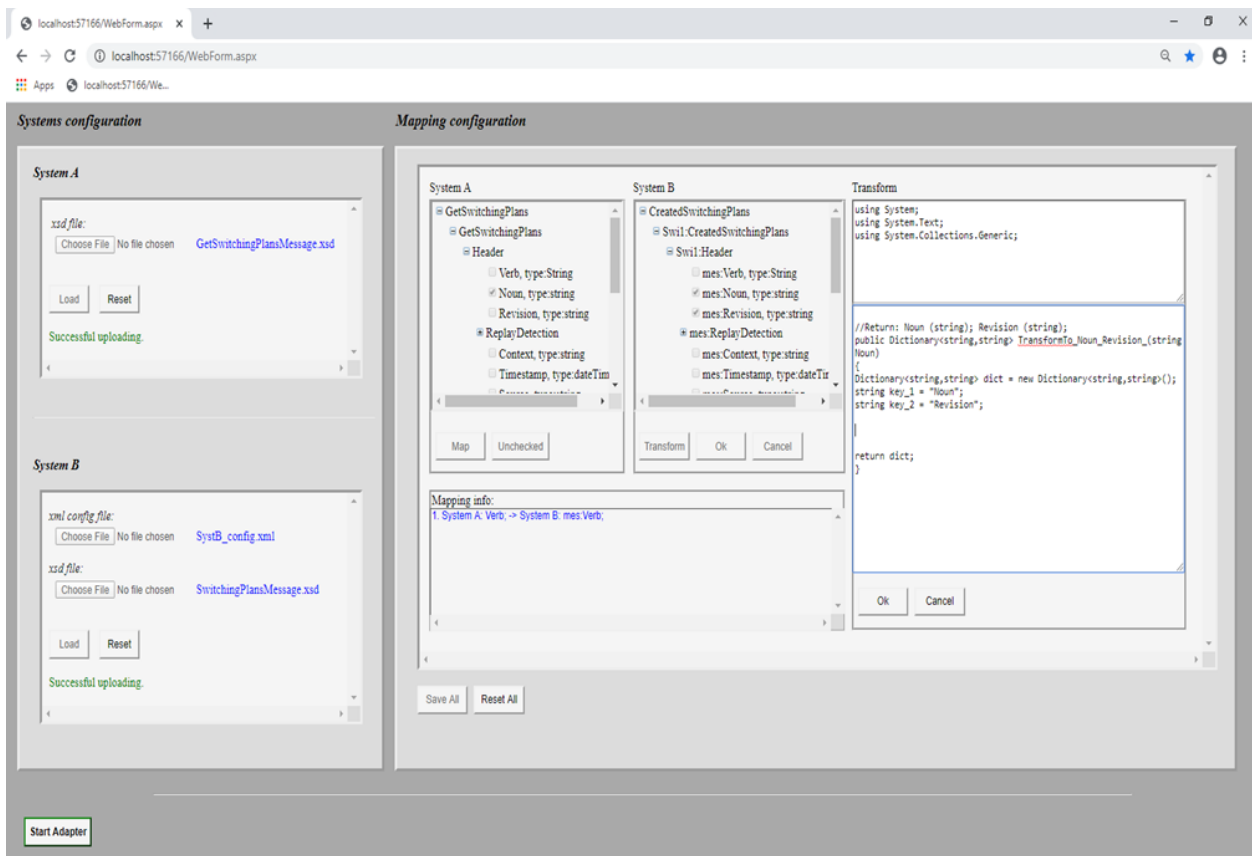
- Učitavanje konfiguracija sistema između kojih posreduje
- Resetovanje učitanih sistemskih konfiguracija
- Prikaz XSD šema sistema u vidu TreeView-a
- Mogućnost mapiranja između sistema: jedan-na-jedan, jedan-na-više, više-na-jedan, više-na-više
- Mogućnost kreiranja transformacije prilikom mapiranja (obavezno kod mapiranja više-na-jedan i više-na-više)
- Odbacivanje podešenog mapiranja
- Čuvanje mapiranih podataka u SQLite bazi
- Prikaz mapiranih podataka

- Resetovanje celokupnog mapiranja
- Startovanje i zaustavljanje rada adaptera

Na slici 1 prikazan je dijagram sekvenci, koji predstavlja uspešan scenario obrade SOAP zahteva i komunikaciju sa sistemima. U slučaju da se desi neka greška prilikom obrade SOAP zahteva, adapter šalje tu informaciju sistemu A. Slika 2 prikazuje korisnički interfejs generičkog adaptera, u trenutku pisanja transformacije.



Slika 1- Dijagram sekvenci



Slika 1. Dizajn korisničkog interfejsa generičkog adaptera



Funkcionalnosti generičkog adaptera:

- Obrada primljenog *SOAP* zahteva (čitanje i parsiranje poruke radi dobijanja *XML* podataka)
- Validiranje *XML* podataka
- Mapiranje *XML* podataka, u skladu sa podešenom konfiguracijom
- Kreiranje i slanje *SOAP* zahteva određinom sistemu (sistemu B)
- Parsiranje *SOAP* odgovora (od sistema B)
- Slanje odgovora izvornom sistemu (sistemu A)

## 4. IMPLEMENTACIJA GENERIČKOG ADAPTERA

### 4.1. Podešavanje konfiguracije adaptera

#### Učitavanje sistemskih konfiguracija

Potrebno je učitati:

- za sistem A:
  - *XSD* fajl – za validaciju primljene poruke
- za sistem B:
  - *XML* fajl – sadrži *URI* i *Method*
  - *XSD* fajl – za kreiranje izlazne poruke

Od učitanih *XSD* fajlova kreira se *XmlSchemaSet*, koja se konvertuje u *XML* elemente. Po završetku konvertovanja, *XML* fajlovi se čuvaju na određenoj lokaciji. *XML* fajlovi dobijeni konvertovanjem *XSD* fajlova određinog sistema u nastavku se koriste za kreiranje izlazne poruke. Na osnovu dobijenih *XML* fajlova, kreira se *TreeView* prikaz šema, koji omogućava podešavanje mapiranja.

#### Podešavanje mapiranja

Postoji 4 tipa mapiranja:

- jedan-na-jedan - sa/bez transformacije
- jedan-na-više - sa/bez transformacije
- više-na-jedan - obavezna transformacija
- više-na-više - obavezna transformacija

Prilikom kreiranja transformacije podataka, odabrani elementi šeme sistema A predstavljaju parametre metode, dok odabrani elementi šeme sistema B predstavljaju povratnu vrednost.

- Ukoliko je u pitanju mapiranje više-na-jedan ili jedan-na-jedan, povratna vrednost je tip tog jednog elementa.
- Ukoliko je u pitanju mapiranje više-na-više ili jedan-na-više, povratna vrednost je *Dictionary<string,string>*, gde je *Key* element na koji se mapira *Value*, bez obzira kog tipa su odabrani elementi. Ova povratna vrednost je odabrana jer se svakako u *XML* elementu upisuju vrednosti tipa *string*.

Nastali kostur metode transformacije može da se dopuni željenim kodom. Po završetku, čuvanjem kreirane metode, ona se čuva u *transform.cs* koja se kompajlira radi provere ispravnosti napisanog koda.

Nakon podešenog mapiranja, prilikom čuvanja istog, sve informacije se čuvaju u *SQLite* bazi. Ukoliko postoji više odabranih elemenata, oni se čuvaju u istom objektu. U bazi se čuvaju putanje do odabranih elemenata, njihovi tipovi i, ukoliko postoji, naziv metode transformacije, za svako podešeno mapiranje.

Prilikom čuvanja definisanog mapiranja podataka, datoteka *transform.cs* se kompajlira i dobija se *dll* fajl, koji se koristi prilikom transformacija podataka.

## 4.2. Funkcionalnost adaptera

### Obrada zahteva

Po prijemu zahteva, adapter pristupa obradi poruke. Najpre pročita *SOAP* zahtev, potom preuzme *XML* podatke, nakon čega ih validira pomoću *XSD* fajlova učitanih prilikom konfigurisanja izvornog sistema (sistem A). Ukoliko podaci nisu validni, adapter vraća odgovor izvornom sistemu sa informacijom da su podaci nevalidni. Ukoliko validacija uspešno prođe, sledi mapiranje podataka.

### Mapiranje podataka

Prilikom mapiranja, podaci se čuvaju u ranije kreiranom izlaznom *XML* fajlu, nastalom konvertovanjem učitanih *XSD* fajlova određinog sistema (sistema B).

Kao što je ranije spomenuto, mapiranje može biti sa ili bez transformacije. Interfejs *IXmlDataMapper* prikazuje koje vrste mapiranja postoje (Listing 1).

```
internal interface IXmlDataMapper
{
    void MappingOne
        (MapperInfo systA_info, List<string> systB_paths);
    void MappingToOne_WithTransform
        (List<MapperInfo> systA_infos, string systB_path, string transformFunc);
    void MappingToMulti_WithTransform
        (List<MapperInfo> systA_infos, List<string> systB_paths, string transformFunc);
}
```

Listing 1 - *IXmlDataMapper* interfejs

Mapiranje *XML* podataka vrši se na osnovu podataka sačuvanih prilikom konfigurisanja mapiranja. Po startovanju rada adaptera, svi podaci iz baze se preuzmu, pripreme za mapiranje i sačuvaju u listu kroz koju se kasnije, prilikom mapiranja, iterira i za svaki objekat se vrši mapiranje. U zavisnosti od vrste mapiranja, što je poznato na osnovu svojstva pročitanog objekta, poziva se odgovarajuća metoda iz gore prikazanog interfejsa.

Ukoliko je potrebno izvršiti transformaciju pre mapiranja, poziva se metoda iz *ITransformer* interfejsa (Listing 2). Transformacija se vrši pomoću ranije kreiranog i spomenutog *dll* fajla. Refleksijom se preuzima odgovarajuća metoda, čije ime se dobija kroz parametar funkcije *GetTransformResult*. Po izvršenju metode, dobijeni rezultat je povratna vrednost koja se mapira na izlaz.

```
internal interface ITransformer
{
    object GetTransformResult
        (List<MapperInfo> systA_values, string transformFunc);
}
```

Listing 2 - *ITransformer* interfejs

### Komunikacija sa određinim sistemom (sistemom B)

Po završetku mapiranja, ukoliko je sve uspešno prošlo, potrebno je poslati novonastale podatke određinom sistemu (sistem B). Pristigli odgovor sistema B se zatim parsira i prosleđuje izvornom sistemu (sistemu A).

## 5. TESTIRANJE

Kako bi se testirao generički adapter, kreirana su dva sistema, kao konzolne aplikacije.

Izvorni sistem (sistem A), učitava *XML* fajl – podatke koje treba poslati. Kreira *SOAP* zahtev, koji potom šalje adapteru. Po završetku procesiranja, adapter novonastale

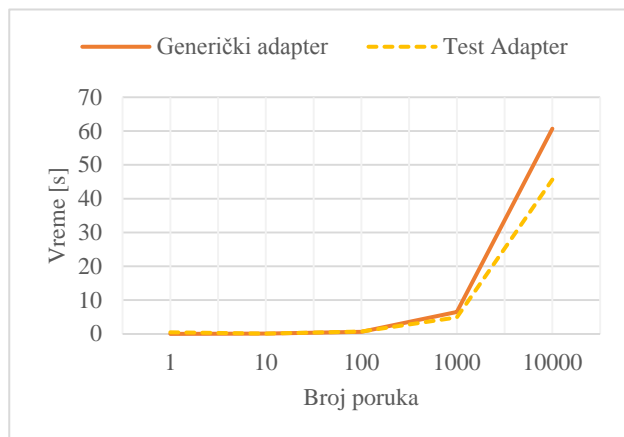
podatke šalje određenoj sistemu (sistemu B) takođe putem *SOAP* zahteva. Određeni sistem je konzolna aplikacija koja startuje svoj servis. Na taj način je omogućeno da primi poruku od adaptera. Po prijemu i obradi dobijene poruke, određeni sistem odgovara generičkom adapteru, koji dobijeni odgovor parsira i šalje izvornom sistemu.

Ukoliko se u bilo kom trenutku obrade zahteva desi izuzetak, izvorni sistem dobija informaciju o tome.

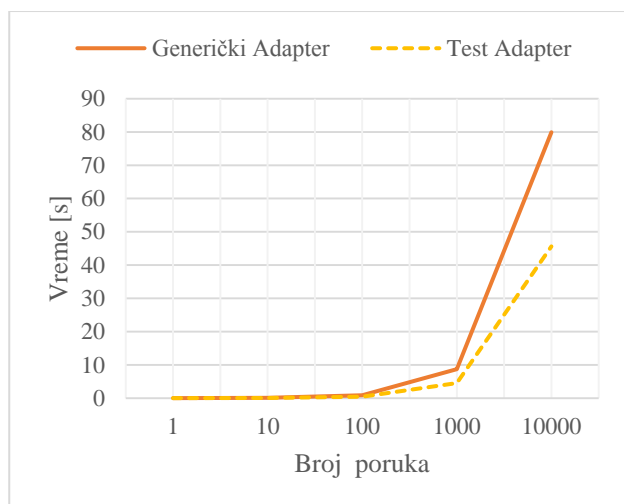
## 6. PERFORMANSE PROJEKTOG REŠENJA

Radi testiranja performansi Generičkog adaptera, kreiran je Test adapter u vidu konzolne aplikacije koja startuje *web* servis. Kod Test adaptera ulazna poruka se deserijalizuje u objekat, dok su metode transformacije napisane u kodu i direktno im se pristupa.

Prilikom testiranja oba adaptera, testirana je brzina obrade određenog broja poruka (1,10,100,1000,10000) sa 5 ili 20 transformacija. Na grafiku 1 prikazano je potrebno vreme da oba adaptera obrade određen broj poruka sa 5 transformacija, dok grafik 2 prikazuje potrebno vreme obrade poruka sa 20 transformacija.



Grafik 1 - Potrebno vreme oba adaptera da obrade poruke sa 5 transformacija



Grafik 2 - Potrebno vreme oba adaptera da obrade poruke sa 20 transformacija

Na osnovu izvršenih merenja, izveden je zaključak da je za obradu do 1.000 poruka, nezavisno od broja transformacija, kod oba adaptera, potrebno manje od 10

sekundi, dok je za obradu 10.000 poruka test adapteru potrebno 45 sekundi (bez obzira na broj transformacija), a generičkom adapteru oko 60 sekundi za 5 transformacija, a 80 sekundi za 20 transformacija.

Mereno vreme zavisi od brzine internet konekcije, opterećenja sistema, kao i od same konfiguracije računara. Konfiguracija računara na kojem je vršeno testiranje:

- Processor: Interl(R) Core(TM) i3-3120 CPU @ 3.30GHz
- RAM: 24GB
- System type: Windows 64-bit Operating System, x64 based processor

## 7. ZAKLJUČAK

Ovim radom opisan je dizajn i implementacija generičkog adaptera za razmenu poruka, u skladu sa *IEC 61968* standardom. Adapter može da posreduje između proizvoljnih sistema, što se podešava kroz konfiguraciju preko *UI*-a. Imajući u vidu da kreirano rešenje podržava komunikaciju koja uključuje samo dva sistema, rešenje bi se moglo proširiti podrškom za komunikaciju koja uključuje više sistema.

## 8. LITERATURA

- [1] EPRI (Electric Power Research Institute), “*Common Information Model Primer*” – Fifth Edition, Palo Alto, SAD, 2019.
- [2] Bipin Joshi, “*Beginning XML with C# 7*”, Edition 2, Apress, November 2017.
- [3] Priscilla Walmsley, “*Definitive XML Schema*”, Prentice Hall, SAD, 2012.
- [4] IEC 61968-100 Edition 1.0: “*Application integration at electric utilities – System interfaces for distribution management – Part 100: Implementation Profiles*”, 2013.
- [5] G. Woolf, B. Hohpe, “*Enterprise Integration Patterns*”, Boston, Addison-Wesley Professional, SAD, 2003.

### Kratka biografija:



**Dina Stanković** rođena je 16.05.1995. godine u Novom Sadu, gde je 2010. godine završila osnovnu školu “Dušan Radović”. Gimnaziju

“Svetozar Marković” u Novom Sadu, opšti smer, završila je 2014. godine. Iste godine upisala je osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Elektroenergetski softverski inženjering. Osnovne studije je završila u roku, 2018. godine, nakon čega je, u oktobru iste godine, upisala master akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer Primenjeno softversko inženjerstvo.

**GENERATOR KLIJENTSKE I SERVERSKE WEB APLIKACIJE BAZIRAN NA GO PROGRAMSKOM JEZIKU I TOML SPECIFIKACIJI****CODE GENERATOR FOR CLIENT AND SERVER WEB APPLICATION BASED ON GO PROGRAMMING LANGUAGE AND TOML SPECIFICATION**Dušan Borovčanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je opisan dizajn domenskog jezika za specifikaciju klijentske i serverske web aplikacije. Projektovan je generator koda koji taj jezik koristi i opisana je implementacija generatora. Generator je implementiran upotrebom obrađivača šablona, a podržana je i integracija sa ručno pisanim kodom.

**Ključne reči:** Generator koda, TOML, šabloni

**Abstract** – This paper presents the DSL for client and server application modeling. The code generator based on the DSL is specified and its implementation is described. Code generator is implemented using template engine. Integration of generated and hand-written code is supported.

**Key words:** Code generator, TOML, templates

**1. UVOD**

Efikasnost, u tehničkom smislu, predstavlja odnos ukupnog i korisnog rada. U opštijem smislu, efikasnost se mjeri potrošnjom resursa i kvalitetom finalnog rezultata. Razvoj hardvera i, prije svega, infrastrukture za pristup internetu, te njihova globalna dostupnost, rezultovali su širenjem tržišta i povećanjem broja potencijalnih korisnika. U takvim okolnostima, brzina kojom softver prelazi iz faze ideje u proizvod spreman za upotrebu dobija veliku važnost i često predstavlja ključan faktor za uspjeh na tržištu. Ekspanzija web aplikacija dovela je do učestalog pisanja koda koji se u najvećem broju slučajeva bavi tzv. CRUD (engl. *create, read, update, delete*) operacijama, tj. kreiranjem, dobavljanjem, izmjenom i brisanjem resursa kojim se modeluju entiteti iz nekog realnog sistema. Povećana potreba za ovom vrstom aplikacija je dovela do pisanja koda koji se ponavlja. Sa tehničke strane, povećava se vjerovatnoća greške, otežava održavanje i proces razvoja čini monotonim i bespotrebno troše resursi.

Kao odgovor na ove probleme nastaju tehnike za razvoj softvera vođenog modelima (*model-driven software development*). Generisanje koda utiče na uštedu vremena, i donosi prednosti kao što su uniformnost, minimizacija koda koji se ponavlja i ekspresivnost.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Gordana Milosavljević.**

Tema ovog rada jeste generator koda koji na osnovu specifikacije zadate u TOML [1] (*Tom's Obvious, Minimal Language*) formatu generiše serversku i klijentsku stranu web aplikacije. Za generator koji je predmet ovog rada u nastavku će se koristiti naziv TCG (*TOML Code Generator*).

Velika popularnost web aplikacija koje počivaju na REST [2] arhitekturi uticala je na nastanak alata i specifikacija za opisivanje API-ja. Iako ove specifikacije mogu biti korištene kao ulaz za generisanje koda, to nije njihova primarna namjena. One pružaju veliku fleksibilnost za detaljno i nedvosmisleno opisivanje API-ja web aplikacije. Upravo ta preciznost i detaljnost rezultira kompleksnom, obimnom i često nedovoljno čitljivom specifikacijom, pa su potrebni dodatni alati kako bi se korisniku olakšao pregled i upotreba. Takođe, po svojoj prirodi se ulazne tačke (engl. *endpoint*) za različite REST operacije razlikuju, pa je potrebno opisati svaku ulaznu tačku za svaku operaciju. Za generator koda REST aplikacije ove informacije mogu se smatrati nebitnim i dovoljno je opisati kako je entitet interno predstavljen u sistemu, u kakvom je odnosu sa drugim entitetima, kao i koje su operacije nad njim dozvoljene.

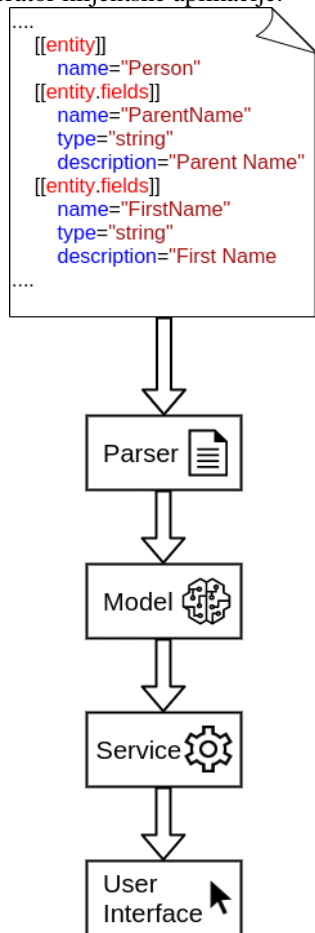
Namjena ovog generatora koda jeste prije svega podrška za implementaciju osnovnih CRUD operacija, pa je bitno da se entiteti i dozvoljene operacije nad njima prikažu na jednostavan i čitljiv način. Za ovu svrhu se može upotrijebiti dobro poznati koncept ključ-vrijednost. Upravo iz tih razloga je za format ulaznog dokumenta odabran TOML. Ovaj format je odabran zbog svoje jednostavnosti i čitljivosti. Za razliku od YAML [3] formata, kome je sličan, indentacija ne utiče na semantiku, što kod čini manje dvosmislenim. Odabran je podskup TOML specifikacije i kreiran mini-jezik sa jednostavnom semantikom koji se koristi kao ulaz u generator koda.

**2. SPECIFIKACIJA SISTEMA**

TCG je generator serverske i klijentske aplikacije koje pružaju osnovne operacije kreiranja, dobavljanja, izmjene i brisanja resursa. Specifikacija resursa se zadaje u TOML formatu, sa semantikom koja je objašnjena u nastavku. TCG generiše i serversku i klijentsku aplikaciju, pružajući mogućnost brzog prototipskog razvoja. Neki od problema kojima se ovaj generator bavi su: izmjene specifikacije entiteta, kao i integracija sa ručno pisanim kodom ukoliko se te izmjene ne mogu automatizovati.

TCG generator se sastoji iz nekoliko cjelina, pri čemu svakoj cjelini odgovara određena faza u generisanju koda. Na slici 1 su prikazani osnovne komponente TCG generatora:

- Parser ulaznog TCG DSL dokumenta
- Komponenta za generisanje modela
- Generator serverske aplikacije
- Generator klijentske aplikacije.



Slika 1. Komponente TCG generatora

Parser TOML fajlova predstavlja ulaznu komponentu u TCG generator. Ulaz u ovu komponentu je specifikacija napisana u TCG DSL jeziku koji koristi pomenutu TOML sintaksu, a izlaz je model u programskom jeziku Go. Parser čita TOML fajl i verifikuje da li je dokument ispravno formiran, mapirajući odgovarajuća polja iz dokumenta na model. Iako je izlaz iz parsera model, parser ne vrši semantičke provjere, već se te provjere izvršavaju u komponenti za generisanje modela. Ukoliko fajl nije u ispravnom formatu, ova komponenta će prijaviti grešku. TOML je, prema zvaničnoj specifikaciji, format za konfiguracione fajlove čiji je cilj da bude jednostavan za čitanje i pisanje, kao i procesiranje u hash mapu, jednu od najčešće korištenih struktura podataka. Osnovna struktura predstavljena je parovima ključ-vrijednost. Ključevi mogu biti prosti (ASCII karakteri i brojevi, crtica i donja crta), složeni (string između znakova " ili ') ili kompleksni (jedan ključ sadrži više hijerarhijskih nivoa razdvojenih tačkom, npr. `entity.field.type="float"`). Podržani su i nizovi. Jedna od najčešće korištenih osobina TOML jezika su tabele koje predstavljaju heš (engl. hash) tabele/rječnike. One su kontejneri za druge parove ključ-vrijednost. Za imena

tabela važe ista pravila kao i za imenovanje ključeva, uključujući i kompleksne ključeve - na taj način se formiraju pod-tabele.

Tri osnovna pojma za opisivanje modela u TCG DSL-u su servis, entitet i polje. Servis je korijenski element koji sadrži jedan ili više entiteta. Entitet sadrži polja, koja predstavljaju opise atributa izgenerisanog koda, uključujući naziv, tip, polje i meta-podatke za rješavanje odnosa u relacionom modelu. Tip može biti prost ili kompleksan. Ukoliko neki entitet ima polja kompleksnog tipa, potrebno je naznačiti u kom su odnosu taj entitet i entiteti koji su tip tog polja. Odnosi mogu biti: *one-to-one*, *one-to-many* i *many-to-one*.

Generisanje modela je semantička provjera modela koji je izlaz iz parsera i uključuje:

- rješavanje zavisnosti koje su u *import* sekciji
- validaciju modela
- rješavanje međusobnih odnosa među entitetima.

Na listingu 1 dat je primjer jednog TOML fajla, koji je ujedno i validan ulaz za TCG generator, koji pokazuje kako izgleda model u TCG DSL-u.

```

name="example"
package="service"
description=""
# This is a nice place to put your short README file.
:
....
[imports]
testpkg="github.com/test/testpkg"

[[entity]]
name="Person"
[[entity.fields]]
name="Name"
type="string"
description="Name"
[[entity.fields]]
name="PhoneNumber"
type="testpkg.PhoneNumber"
description="Phone Number"
[[entity.fields]]
name="Gender"
type="bool"
description="Male"
[[entity.fields]]
name="CreditCard"
type="CreditCard"
description="User who this card belongs to"
relation="o2o"

[[entity]]
name="CreditCard"
[[entity.fields]]
name="Number"
type="string"
description="Credit card number"
  
```

Listing 1. Izgled modela u TCG DSL-u

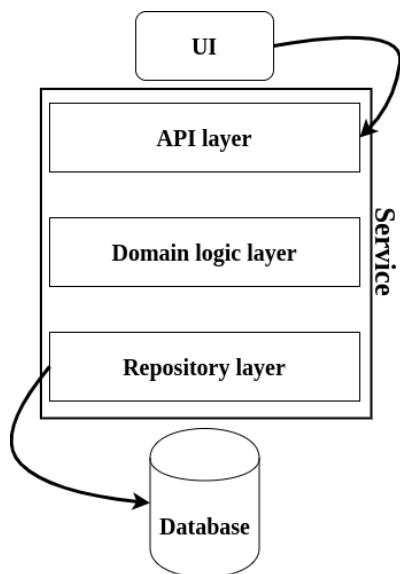
Generator servisa se koristi za generisanje serverske strane web aplikacije. Izlaz iz ove komponente je troslojna serverska aplikacija koja pruža HTTP API za obavljanje osnovnih CRUD operacija nad modelom podataka koji nastaje kao izlaz iz prethodne komponente. Generisanje se sastoji iz četiri faze, od kojih prva odgovara generisanju domenskih objekata, tj. modela podataka u generisanoj aplikaciji, a preostale tri faze odgovaraju slojevima aplikacije. Arhitektura izlazne aplikacije je prikazana na slici 2.

Generisanje klijentske aplikacije je posljednji korak u generisanju koda. Klijentska aplikacija se sastoji iz tri cjeline:



- prikaz zaglavlja za navigaciju
- prikaz liste entiteta
- forma za dodavanje, izmjenu ili pregled pojedinačnog entiteta.

Za svaki entitet generiše se posebna stranica kojoj se lako pristupa iz zaglavlja. Svaka stranica sastoji se iz liste entiteta i forme u kojoj se prikazuje, mijenja ili dodaje novi entitet. Stranice pojedinačnih entiteta su zadužene za komunikaciju sa API-jem za taj entitet koji pruža serverska aplikacija.



Slika 2. Arhitektura generisanog rješenja

### 3. IMPLEMENTACIJA RJEŠENJA

Generator je implementiran upotrebom programskog jezika Go. Kako su Go kompajler, kao i serverska aplikacija koja se generiše, napisani u istom tom jeziku, značajno je olakšano generisanje koda. Neke provjere, poput provjere tipova ili imenovanja polja i entiteta, implementirana su upotrebom koda koji se koristi i u samom kompajleru. Prilikom implementacije se izbjegavala upotreba dodatnih alata, kako bi se zadržala homogenost rješenja, olakšalo korištenje i smanjila zavisnost od spoljašnjih biblioteka ili alata.

#### 3.1 Tehnologije

Kao što je već spomenuto, za implementaciju TCG generatora je korišten programski jezik Go, kao i tehnologije koje se na njega oslanjaju. Go šabloni su korišteni za generisanje koda. Izgenerisani serverski kod je pisan u Go programskom jeziku, a korišten je Gin [4] radni okvir. Baza podataka koju generisani servis koristi je PostgreSQL [5]. Za mapiranje objekata na relacioni model korišten je Gorm [6] ORM. Klijentska aplikacija koristi React JavaScript biblioteku. Za stilizovanje klijentske aplikacije je korištena Material-UI [7] biblioteka. Za pakovanje koda u kontejner koristi se Docker [8] alat.

#### 3.2 TCG generator

Kako je generator napisan u Go programskom jeziku, neophodno je navesti nekoliko osobina standardnog seta alata ovog jezika, kao i neke njegove osobine na kojima

se pojedine funkcionalnosti generatora i generisanog koda zasnivaju. Kao što je spomenuto, Go kompajler je pisan u Go jeziku, pa su neke od standardnih biblioteka korištene za određene provjere prilikom generisanja modela. Takođe, standardni alati su korišteni za dobavljanje zavisnosti izgenerisanog koda, kao i za formatiranje izlaznih dokumenata. Još jedna važna osobina ovog jezika je to što dolazi sa ugrađenim alatom za obradu šablona (engl. *template engine*). To znači da je obrada šablona uprošćena i nazivasna od spoljašnjih alata i biblioteka, što značajno olakšava upotrebu samog generatora. Primjer Go šablona dat je na listingu 2.

```

{{ with .Entity }}
  {{ range . }}
    type {{ .Name }} struct {
      Model
      {{ with .Fields }}
        {{ range . }}
          {{ .Name }} {{ .Type }} `{{ .Tags }}`
        {{- end }}
      {{- end }}
    }

    type {{ .Name }}Page struct {
      Content []{{ .Name }} `json:"content"`
      Limit int `json:"limit"`
      Offset int `json:"offset"`
      Total int `json:"total"`
    }

    type {{ .Name }}Repository interface {
      Create({{ .Name }}) ({{ .Name }}, error)
      Read(string) ({{ .Name }}, error)
      List(int, int) ({{ .Name }}Page, error)
      Update({{ .Name }}) ({{ .Name }}, error)
      Delete({{ .Name }}) error
    }
  {{ end }}
{{- end }}
  
```

Listing 2. Primjer Go šablona

Za implementaciju sloja koji komunicira sa bazom podataka (*repository* sloj) koristi se GORM alat za objektno-relaciono mapiranje. Za te potrebe generišu se odgovarajući tagovi. Tagovi su meta-podaci koje ovaj alat koristi kako bi objekte sačuvao u bazi. Takođe, tagovi se koriste i od strane Gin radnog okvira za mapiranje JSON tijela HTTP zahtjeva na objekte i mapiranje objekata u JSON sadržaj HTTP odgovora.

Kao što je spomenuto, serverska aplikacija se sastoji iz tri sloja. Za svaki sloj se generiše Go interfejs sa odgovarajućim metodama. Go interfejs je imenovana kolekcija metoda. Za razliku od nekih drugih jezika, implementacija interfejsa je u Go programskom jeziku implicitna - svaki tip koji implementira sve metode iz date kolekcije implementira interfejs. Na taj način je generisana implementacija razdvojena od specifikacije slojeva serverske aplikacije, tj. kao zavisnosti između slojeva se prenose interfejsi, a ne njihova implementacija. Ovaj pristup pruža veliku fleksibilnost i olakšava izmjene generisane implementacije, upotrebu korisničke implementacije, a omogućuje i kombinaciju generisanog i korisničkog koda. Na listingu 2 je prikazan generisani kod koji koristi tagove i interfejse.

Za integraciju sa ručno pisanim kodom ili proširenje generisane implementacije se može koristiti tzv.

*middleware* mehanizam. Ovaj mehanizam podrazumijeva da korisnički kod implementira generisane interfejsne, ali da kao zavisnost koristi generisanu implementaciju. Tako korisnički kod može da izvršava željene radnje prije ili poslije poziva generisanog koda, a moguće je, ukoliko korisnik to želi, potpuno izbjeći upotrebu generisanog koda i zamijeniti je korisničkom.

```

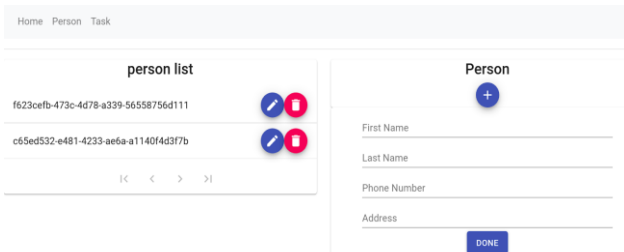
type Person struct {
    Model
    Name      string `json:"name" form:"name"`
    Phone     string `json:"phone" form:"phone"`
    Address   string `json:"address" form:"address"`
    Task      Do `json:"task" gorm:"foreignkey:pid"`
}

type PersonRepository interface {
    // Create creates a new Person.
    Create(Person) (Person, error)
    // Read reads an existing Person.
    Read(string) (Person, error)
    // List returns a page of Person.
    List(int, int) (PersonPage, error)
    // Update updates an existing Person.
    Update(Person) (Person, error)
    // Delete removes an existing Person.
    Delete(Person) error
}

```

Listing 3. Upotreba tagova i interfejsa u generisanom kodu

Klijentska aplikacija je napisana u JavaScript programskom jeziku pomoću React biblioteke. Kod koji TCG generiše koristi JSX (jezik koji je kombinacija JavaScript i HTML) za prikaz elemenata i Material-UI za stilizovanje, pa je moguće generisani kod za jedan entitet smjestiti u jednu komponentu. React biblioteka podržava komponentni dizajn. Svaka komponenta ima stanje (engl. *stateful component*) koje se mijenja u skladu sa korisničkom aktivnošću. Svaki entitet je predstavljen jednom komponentom koja komunicira sa krajnjim tačkama na serverskoj strani i poziva CRUD operacije za dati entitet. Pored ovih, postoji još jedna komponenta koja služi za navigaciju na korisničkom interfejsu. Svaki ekran za prikaz entiteta se sastoji iz dva dijela - dio za prikaz liste entiteta i forma za prikaz, izmjenu ili dodavanje pojedinačnog entiteta. Na slici 3 je prikazan izgled generisane klijentske aplikacije.



Slika 3. Izgled klijentske aplikacije

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je opisan TCG generator serverske i klijentske web aplikacije. Za potrebe tog generatora kreiran je mini-jezik kako bi se što više uprostilo pisanje ulaznog dokumenta i korištenje generatora. Kod je generisan sa namjerom da bude lako čitljiv i razumljiv. Podržana je

integracija sa ručno pisanim kodom, kao i izmjene i prilagođavanje izgenerisanog koda. Različiti slojevi aplikacija su razdvojeni i nezavisni, pa su i prilagođavanje i izmjene istih međusobno izolovani, što smanjuje mogućnost greške. Primarna namjena TCG generatora je upotreba u brzom prototipskom razvoju softvera. Jednostavnost upotrebe i korištenje kontejnerizacije generisanog koda pružaju mogućnost brzog razvoja, značajno skraćujući put od ideje do realizacije. Generisana klijentska aplikacija, iako generička, pruža lak uvid u generisane entitete kojima se modeluje neki stvarni sistem, kao i API koji serverska aplikacija pruža. U daljem razvoju je planirano dodavanje validacije HTTP zahtjeva, odnosno validacije modela. Takođe, dodatno unapređenje bi bilo i dodavanje autorizacije i kontrole pristupa, što je standardna funkcionalnost modernih web aplikacija.

#### 5. LITERATURA

- [1] TOML: Tom's Obvious, Minimal Language, <https://github.com/toml-lang/toml>, pristupljeno 12.06.2020.
- [2] Roy Thomas Fielding, Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, University of California, Irvine, CA, USA, 2000.
- [3] YAML: YAML Ain't Markup Language, <https://yaml.org/>, pristupljeno 12.06.2020.
- [4] Gin Web Framework, <https://github.com/gin-gonic/gin>, pristupljeno 13.06.2020.
- [5] PostgreSQL, <https://www.postgresql.org/>, pristupljeno 13.06.2020.
- [6] GORM, <https://gorm.io/>, pristupljeno 13.06.2020.
- [7] Material-UI, <https://material-ui.com/>, pristupljeno 13.06.2020.
- [8] Docker, <https://www.docker.com/>, pristupljeno 13.06.2020.

#### Biografija:



Dušan Borovčanin rođen je 31.03.1994. godine u Sokocu. Osnovnu školu „Sokolac“, u Sokocu, završio je 2009. godine. Gimnaziju „Vasilije Ostroški“ u Sokocu završio je 2013. godine. Iste godine upisao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, smjer Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije. Osnovne akademske studije završio je u oktobru 2017. godine. Iste godine je upisao master akademske studije na smjeru Elektronsko poslovanje.

**PROGRAMABILNI LOGIČKI KONTROLERI I NJIHOVE MJERNE KARAKTERISTIKE****PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS AND THEIR MEASUREMENT CHARACTERISTICS**Mladen Terzić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U uvodu je prikazana istorija PLC-a (poglavlje 1). U glavnom dijelu rada su objašnjeni princip rada PLC-a (poglavlje 2), primjena PLC-a (poglavlje 3), mjerne karakteristike PLC-a kroz senzore, enkodere i raznu opremu koja se koristi za mjerenja kod sistema upravljanih PLC-om (poglavlje 4), programiranje PLC-a (poglavlje 5) i prednosti i ograničenja (poglavlje 6). Na kraju su dati zaključna razmatranja rada (poglavlje 7) i spisak korištene literature (poglavlje 8).

**Ključne riječi:** Programabilni logički kontroler, PLC, Program, Upravljanje u realnom vremenu, Mjerenja

**Abstract** - The introduction presents the history of the PLC (Chapter 1). The main part of the paper explains the principle of operation of the PLC (Chapter 2), the application of the PLC (Chapter 3), the measurement characteristics of the PLC (Chapter 4), programming of the PLC (Chapter 5), and the advantages and limitations (Chapter 6). Finally, concluding considerations of the paper and a list of used literature (Chapter 7 and 8) are given.

**Keywords:** Programmable Logic Controller, PLC, Program, Real-time control, Measurements

**1. UVOD**

Programabilni logički kontroler poznatiji kao PLC (eng. Programmable Logic Controller) je uređaj namijenjen upravljanju sistemima i procesima u industrijskom okruženju i to u realnom vremenu. PLC kontroler predviđen je da radi u industrijskom okruženju, samim tim u teškim uslovima rada, i mora da bude otporan na razne uticaje kao što su visoka temperatura, velika vlažnost vazduha, prašina, vibracije, udarci, razne smetnje...

Mjerne karakteristike PLC-a pružaju mnoštvo mogućnosti za razne vrste mjerenja i detekciju predmeta što je ključna stavka kod sistema upravljanih pomoću PLC kontrolera. PLC kontroleri se u nekim slučajevima mogu koristiti za upravljanje mjernim sistemima koji mogu biti namijenjeni različitim specifičnim aplikacijama.

PLC kontroler je dosta rasprostranjen u širokom spektru aplikacija zbog svoje fleksibilnosti, izdržljivosti i jednostavnog programiranja.

Sam uređaj kao osnovne kontakte posjeduje ulaze i izlaze, a sama implementacija se svodi na povezivanje ulaza PLC-a na prekidače, tastere, senzore i druge izvore

mjernih informacija na osnovu kojih želimo da upravljamo aktuatorima preko izlaza PLC-a. Dakle, PLC kontroler će upravljati aktuatorima i procesima na osnovu unaprijed zadanog programa i signala na njegovim ulazima.

**2. PRINCIP RADA PLC-a**

Prema standardima udruženja proizvođača električne opreme (The National Electrical Association – NEMA) programabilni logički kontroler (PLC) (Slika 2.1) definisan je kao: "Digitalni elektronski uređaj koji koristi programabilnu memoriju za pamćenje naredbi kojima se zahtjeva izvođenje specifičnih funkcija, kao što su logičke funkcije, sekvenciranje, prebrojavanje, mjerenje vremena, izračunavanje, u cilju upravljanja različitim mašinama i procesima".



Slika 2.1 PLC kontroler

**3. PRIMJENA PLC-a**

Programabilni logički kontroleri već odavno igraju veliku ulogu u industriji, kako u velikim, tako i u malim fabrikama i postrojenjima.

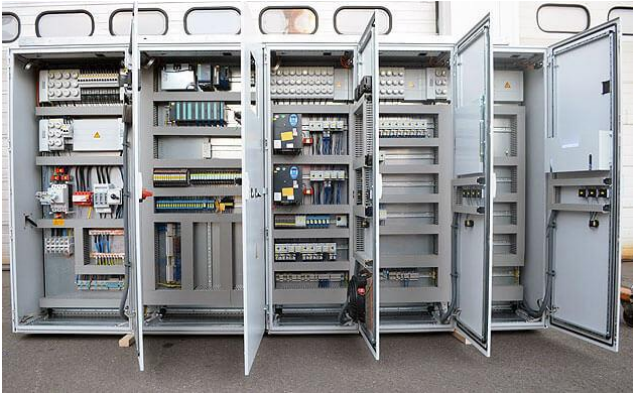
PLC-ovi u današnje vrijeme nude razne i savremene mogućnosti svim korisnicima. Mnogobrojni proizvođači nude mnoge varijante kontrolera, od mikro fiksnih za manje aplikacije amaterske i profesionalne namjene do modularnih platformi koje imaju prekično neograničene mogućnosti i mogu zadovoljiti potrebe ogromnih industrijskih postrojenja.

Razvodni orman jednog takvog postrojenja prikazan je na slici 3.1.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Platon Sovilj, red. prof.**





Slika 3.1 PLC-Razvodni orman

Tokom razvoja i modernizacije tehnologije u svim granama industrije, razvijao se i PLC i sa razvojem donosio nove mogućnosti. Danas je nezamislivo postrojenje bez ovakvih kontrolera u bilo kojoj grani industrije, automatici, robotici, mašinstvu, autoindustriji, saobraćaju, brodogradnji, građevini... Jednostavno rečeno, PLC možemo sresti u skoro svakoj proizvodnji i to na skoro svakoj automatizovanoj mašini, CNC mašini ili proizvodnoj traci. U zavisnosti od vrste i zahtjeva postrojenja, PLC sistem možemo podijeliti na: nadgledani i nenadgledani.

#### 4. MJERNE KARAKTERISTIKE PLC-a

Upravljanje većinom procesa zahtijeva mjerenje raznih veličina u zavisnosti o kom procesu se radi. Mjerenje temperature, nivoa tečnosti, detekcija prisustva predmeta su dosta zastupljeni kada je riječ o bilo kom procesu proizvodnje, kako bi se neke aktivnosti otpočele ili zaustavile, ili jednostavno prikazale operateru koji nadgleda proces proizvodnje. Sva ova mjerenja ili detekcije se vrše pomoću raznih vrsta senzora ili dodatnih modula od kojih će najzastupljeniji biti prikazani u nastavku rada. Najzastupljeniji koncept mjerenja je digitalno mjerenje zasnovano na mjerenju svakog pojedinačnog uzorka, a u posebnim slučajevima se primjenjuje koncept stohastičkog digitalnog mjerenja zasnovanog na mjerenju na intervalu [1-5]. Povezivanje senzora sa PLC-om je jednostavno jer su senzori od strane proizvođača adaptirani po pitanju izlaznih signala da budu kompatibilni sa ulazima PLC-a.

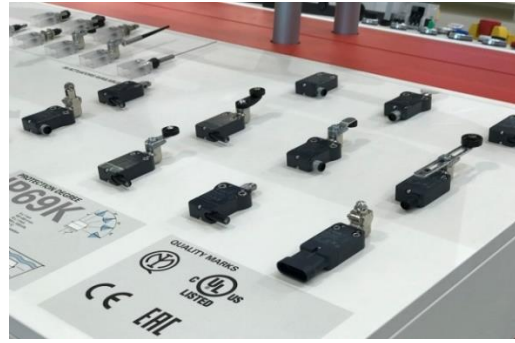
##### 4.1 Podjela i vrste senzora

Senzori se sa energetske tačke gledišta mogu podijeliti na aktivne i pasivne. Aktivni senzori su sami od sebe izvor energije (fotodioda, termopar) dok pasivni senzori zahtijevaju dodatni izvor energije koju će da modulišu u skladu sa mjerenom veličinom (fotootpornik, termistor). Po pitanju vrste, mjerenja se dijele na apsolutne i relativne. Prema izlaznom signalu dijele se na analogne i digitalne, dok se prema izlaznoj veličini mogu podijeliti na naponske, strujne, kapacitivne i otporne.

##### 4.2 Granični prekidači

Granični prekidači (Slika 4.1) su u stvari mehanički prekidači koji su prilagođeni za korištenje u industriji i robotici. Koriste se za detekciju pozicije, prisustva i u

bezbjednosne svrhe kod zaustavljanja pokretnih dijelova u početnim i krajnjim položajima. Postoje različite vrste za razne aplikacije.



Slika 4.1 – Granični prekidači

##### 4.3 Kapacitivni senzori

Kapacitivni senzori su nanomjerni sistem izbora za što preciznije određivanje blizine (pozicije). Kapacitivni senzor (Slika 4.2) je, grubo rečeno, otvoreni kondenzator (pločasti). Formula za izračunavanje kapacitivnosti kondenzatora (1) glasi [6]:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \left( \frac{S}{d} \right) \quad (1)$$

$\epsilon_0$ -Dielektrična konstanta vakuma

$\epsilon_r$ -Relativna dielektrična permitivnost

S-Površina ploča kondenzatora

d-Rastojanje između ploča



Slika 4.2 – Kapacitivni senzor

##### 4.4 Induktivni senzori

Induktivni senzori (Slika 4.3) spadaju u kategoriju pasivnih senzora. Nastali su kao zamjena za Reed senzore koji imaju relativno kratak vijek trajanja. Rad induktivnih senzora se zasniva na zavisnosti induktivnog kalema od promjene otpora elektromagnetnog kola ili na elektromagnetnoj indukciji.

Induktivni senzori reaguju uglavnom na metale, a moguće je i na neke druge materijale kao što je grafit [7].





Slika 4.3 – Induktivni senzor

#### 4.5 Temperaturni senzor Pt 100

Otporni senzor ima električnu otpornost od  $100 \Omega$  na  $0^\circ \text{C}$ . Opšte je poznat kao Pt 100 senzor u skladu sa standardom IEC 60751. Ova vrijednost otpora povećava se sa porastom temperature što je u vezi sa karakteristikama materijala otpornika (platine). Ove vrste senzora se nazivaju elementi pozitivnog temperaturnog koeficijenta (PTC). Koeficijent je fiksiran na  $\alpha = 0,00385^\circ \text{C}^{-1}$ , izračunat između  $0$  i  $100^\circ \text{C}$ , prema ITS90 (Međunarodna temperaturna skala 1990) [8].

#### 4.6 Ultrazvučni senzori

Ultrazvučni senzori predstavljaju idealno rješenje za beskontaktno mjerenje rastojanja u svim oblastima industrije gdje sredina kao što je prašina, dim ili para, mogu da utiču na mjerenje. Pri tome objekti od različitih materijala se mogu detektovati sa velikom preciznošću u mjerenju. Opsezi mjerenja variraju od nekoliko milimetara do desetak metar bez izmjena na mjernom uređaju.

Tipičan ultrazvučni sistem za mjerenje rastojanja radi na principu slanja zvučnog signala i očekivanju da dobije eho. Zvučni talas se prenosi od predajnika i posle odbijanja od objekta vraća eho do prijemnika. Ako je poznata brzina zvuka, rastojanje objekta može da se izračuna na bazi vremena koje protekne od trenutka emitovanja do prijema reflektovanog zvuka.

#### 4.7 Magnetni senzori položaja

Magnetni senzor položaja se najčešće koristi u pneumatici, postavlja se na pneumatske cilindre kako bi PLC imao informaciju u kom položaju se nalazi klip. Na klip unutar cilindra je postavljen magnet koji se kreće zajedno sa klipom, i kada dođe u položaj ispod senzora, on aktivira kontakte senzora.

#### 4.8 Optički senzori

Optički senzori (optoelektronski senzori) sačinjeni su od optičkog para (engl. optocoupler) – predajnika i prijemnika. Kao predajnici služe LED diode i laserske diode (LD), a kao prijemnici upotrebljavaju se fototranzistori, fotodiode i fotootpornici. Najčešće se koristi kombinacija LED diode i fototranzistora, pri čemu se predmeti detektuju prekidanjem ili refleksijom optičkog signala.

#### 4.9 Enkoderi

Enkoderi su mjerni pretvarači ugaonog ili linearnog pomjeranja. Dijele se na inkrementalne i apsolutne enkodere. Inkrementalni enkoderi daju na izlazu impulse čiji broj zavisi od veličine pomjeranja. Mjerenje pozicije pomoću inkrementalnih enkodera se izvodi brojanjem impulsa sa enkodera. Apsolutni enkoderi na izlazu daju binarni kod trenutne pozicije, npr 1010 [9].

### 5. PREDNOSTI I OGRANIČENJA PLC-a

#### 5.1 Prednosti

PLC kontroleri imaju širok spektar mogućnosti i prednosti, pogotovo u poređenju sa relejnim sistemima. Gomile žica koje su nekad povezivale releje korištenjem PLC-a su svedene na minimum a same releje mijenja upravljački program. Po pitanju izdržljivosti PLC-ovi su namjenski projektovani da budu otporni na razne uticaje u industriji pa su samim tim pouzdani kako hardverski tako i softverski. Što se tiče softverske fleksibilnosti, same izmjene i dopune programa su jednostavne i mogu se izvršiti na licu mjesta, uz mogućnost ugrađene dijagnostike grešaka koja pomaže u otklanjanju softverskih i hardverskih grešaka. Relejni sistemi su imali problem habanja mehaničkih i pokretnih dijelova koji su čak stvarali i buku prilikom rada, što se primjenom PLC-a prevazilazi. Savremeni PLC kontroleri donose savremene mogućnosti i savremena rješenja kao što su kamere za nadzor, bar kod čitači, PID regulacija i razna druga savremena oprema kojom industriju podižu na najviši nivo. Nabavka, ugradnja i zamjena ovakvih dijelova je veoma jednostavna.

#### 5.2 Ograničenja

PLC-ovi starije generacije su bili ograničeni samo na ON/OFF upravljanje tako da su tadašnje mogućnosti bile sužene uz potrebu korištenja dodatnih tajmera, releja i brojača. O ograničenjima savremenih PLC-kontrolera je suvišno govoriti jer se njihove mogućnosti iz dana u dan šire i prilagođavaju sistemima na svim poljima primjene a ograničenja se lako prevazilaze.

### 6. PROGRAMIRANJE PLC-a

Pod pojmom programiranje PLC-a podrazumijevaju se svi postupci koji se obavljaju pri izradi softvera za PLC. Oni se mogu svrstati u dvije faze:

- Izrada programa – pomoću posebnog inženjerskog softvera (alata) instaliranog na personalnom (ili industrijskom) računaru pravi se namjenski aplikativni program koji PLC treba da izvršava.
- Prebacivanje programa u PLC (preuzimanje programa; engl. download) – program se iz računara prebacuje u PLC direktno preko kabla ili memorijske kartice.

Kako bi se pristupilo izradi programa prvo treba detaljno proučiti proces kojim PLC treba da upravlja, tj. tehnologiju samog procesa. Bez obzira na svoje znanje i vještine, programer je nemoćan bez poznavanja tehnologije proizvodnje ili pomoći tehnologa jer ne zna šta treba da uradi. Neki programeri su zahvaljujući

dugogodišnjem iskustvu na istim ili sličnim programskim zadacima ovladali tehnologijom procesa koji automatizuju pa mogu izvesti programske zadatke i bez tehnologa.

Oni su u izvjesnom smislu i programeri i tehnolozi jer su se kroz višegodišnje iskustvo specijalizovali za određenu oblast. U suštini, sve se svodi na to da treba sagledati i izdvojiti glavni programski zadatak ili više njih, i – ukoliko je to moguće – u okviru glavnog programskog zadatka izdvojiti i manje programske zadatke koji se mogu posmatrati kao posebne programske cjeline.

Na taj način program će imati znatno jasniju strukturu. Da bi se napravio odgovarajući program, takođe je neophodno da programer tačno zna hardversku konfiguraciju PLC-a u smislu toga koliko je digitalnih i analognih ulaza i izlaza korišteno, kao i to koji je senzor, prekidač, aktuator ili neki drugi uređaj priključen na koji ulaz ili izlaz PLC-a [10].

## 7. ZAKLJUČAK

Na početku rada dat je uvod i istorija PLC-a od stvaranja potrebe za idejnim rješenjima koja će zamijeniti relejne sisteme u industriji pa do prvog komercijalnog PLC-a. U radu je detaljno opisan princip rada PLC kontrolera sa njegovim mjernim karakteristikama koje se ogledaju kroz senzore, enkodere i ostalu opremu koja vrši prikupljanje mjernih informacija na osnovu kojih će PLC da upravlja sistemom.

Opisana je primjena PLC kontrolera. U nastavku je opisano programiranje PLC-a, gdje su navedeni programski jezici koji se koriste za programiranje, od kojih je detaljno prikazan STL programski jezik sa primjerom rješenja zadatka koji se odnosi na programiranje jednostavne automatizovane mašine za obradu kako bi lakše objasnili STL programiranje i primjenu brojača i tajmera kod PLC-a. Kroz rad je prikazan i razvoj PLC kontrolera od starijih koji su bili ograničeni samo na ON/OFF upravljanje pa do savremenih sistema kojima se upravlja pomoću ekrana na dodir, što nas dovodi do zaključka da savremeni PLC sistemi ispunjavaju mnoge kriterijume koje donosi savremena industrija i nagli razvoj tehnologije.

Vremenom se razvijao i način programiranja pa je programerima maksimalno olakšano programiranje i implementacija čitavog sistema uz veliki izbor načina programiranja u zavisnosti od mogućnosti i potreba sistema i ličnih afiniteta programera.

## 8. LITERATURA

[1] Sovilj P. M., Milovančev S. S., Vujičić V.: Digital Stochastic Measurement of a Nonstationary Signal With an Example of EEG Signal Measurement, Instrumentation and Measurement IEEE Transactions on, 2011, Vol. 60 - issue 9, pp. 3230-3232, ISSN 0018-9456, DOI: 10.1109/TIM.2011.2128670

- [2] Radonjic, A. ; Sovilj, P. ; Vujicic, V.: Stochastic Measurement of Power Grid Frequency Using a Two-Bit A/D Converter , Instrumentation and Measurement IEEE Transactions on, 2014, Vol. 63 - issue 1, pp. 56-62, DOI: 10.1109/TIM.2013.2277515, ISSN 0018-9456
- [3] P. Sovilj, M. Milovanović, D. Pejić, M. Urekar, Z. Mitrović, Influence of Wilbraham-Gibbs Phenomenon on Digital Stochastic Measurement of EEG Signal over an Interval, pp. 270-278, Measurement Science Review, Vol. 14, No. 5, 2014, ISSN 1335 – 8871
- [4] P. Sovilj, B. Vujičić, M. Sokola, D. Pejić, Ž. Beljić, Z. Mitrović, „Stochastic Measurement of Noise True RMS using 2-bit Flash A/D converters“, Technical Gazette, Vol.24 No.5 October 2017, pp. 1315-1322, ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), DOI 10.17559/TV-20151124100705
- [5] Ž. Beljić, V. Vujičić, D. Pejić, M. Sokola, Z. Mitrović, P. Sovilj, „Grid Fundamental Harmonic Measurement in Presence of Gaussian Frequency Deviation Using 2-bit Flash A/D Converter“, Technical Gazette, Vol.24 No.2 April 2017, pp. 481-488, ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), DOI 10.17559/TV-20151109231714
- [6] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/senzori/kapacitivnisenzor.html> (pristupljeno u januaru 2020.)
- [7] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/senzori/induktivni-senzor.html> (pristupljeno u januaru 2020.)
- [8] <http://www.termotehna.rs/pdf/T91-Otporni%20termometri%20sa%20kablom.pdf> (pristupljeno u januaru 2020.)
- [9] <https://www.plc-bh.com/> (pristupljeno u januaru 2020.)
- [10] “Programabilni logički kontroleri, Programiranje PLC-a“, Skripta

### Kratka biografija:



**Mladen Terzić** rođen je u Vogošći 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Programabilni logički kontroleri i njihove mjerne karakteristike odbranio je 2020.god.

kontakt: mladen\_94rs@live.com

## ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА ВОДОСНАБДЕВАЊА ОПШТИНА ОЦАЦИ И БАЧ HYDRAULIC ANALYSIS OF WATER SUPPLY SYSTEM OF MUNICIPALITIES ODZACI AND BAC

Јована Ивановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

**Кратак садржај** – У првом делу рада разматра се постојеће стање система водоснабдевања општине Оцаци, са квантитативним и квалитативним дефинисањем постојећих изворишта, ради дефинисања довољности изворишног капацитета за постојеће и будуће снабдевање водом на подручју општине. Други део рада анализира могућност прикључења сваког појединог насеља општине Оцаци на будући општински систем уз два идејна решења (решење са водоторњевима - преузето из Генералног пројекта водоснабдевања општине Оцаци, Института за водопривреду "Јарослав Черни", из 2018. године; и решење са укупаним резервоарима), а трећи део рада разматра опцију надоградње општинског система, тј. развој регионалног система који ће, поред општине Оцаци, снабдевати и суседну општину Бач. Хидрауличка анализа снабдевања водом предметног подручја извршена је преко програмског пакета EPANET.

**Кључне речи:** Општински систем водоснабдевања, ресурс подземних вода, регионални систем водоснабдевања

**Abstract** – The first part of the thesis examines the current state of the water supply system of municipality Odzaci, with quantitatively and qualitatively defining existing springs, in order to define the sufficiency of spring capacity for existing and future water supplies in the municipality. The second part of the thesis analyzes the possibility of connecting each individual settlement of municipality Odzaci to the future municipal system with two preliminary solutions (solution with water towers - taken from the General project of water supply of the municipality of Odzaci, by Institute for Water Management "Jaroslav Cerni" from 2018; and solution with underground water tanks), and the third part of the thesis considers the option of upgrading the municipal system, i.e. development of a regional system that will, in addition to the municipality Odzaci, supply the neighboring municipality Bac. Hydraulic analysis of water supply system of concerned area was carried out via software package EPANET.

**Keywords:** Municipal water supply system, groundwater resource, regional water supply system

### НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Матија Стипић.

### 1. УВОД

У Војводини постоје услови за дугорочан одржив развој изворишта у циљу задовољавања потреба становништва у води за пиће, под условом да се газдовање квалитетном водом врши организовано и рационално. Специфичност војвођанског подручја је да су воде ресурса, које су тренутно у употреби, квалитета који захтева много сложеније технолошке поступке прераде него што је то случај у већини насеља.

Краткорочна оријентација снабдевања водом јесте развијање микрорегионалних водоводних система. Временом, како буде расла економска моћ становништва, предлаже се повезивање и обједињавање микрорегионалних система у веће целине, тј. у регионални систем ослоњен на извориште воде регионалног нивоа. Овакав приступ омогућава да се корисници по правилу снабдевају са два или више изворишта, и да се уз локалне могућности постиже највиши степен сигурности, како у погледу испоруке количине воде, тако и у погледу њеног квалитета.

Дугорочна оријентација снабдевања водом становништва представља изградњу регионалних и међурегионалних водоводних система, у које би били интегрисани и постојећи водоводни системи. Ови системи треба да допуне недостајуће количине воде са локалних изворишта и повећају укупну сигурност рада система.

### 2. ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ ВОДОСНАБДЕВАЊА ОПШТИНЕ ОЦАЦИ

Снабдевање водом на подручју општине се карактерише присуством система за организовано снабдевање у сваком од девет насељених места. Ови системи, у сваком поједином случају, представљају заокружене целине које функционишу међусобно потпуно независно. То значи да не постоји било какав облик унутаропштинског повезивања, односно, не постоји општински систем за снабдевање водом у било којем облику. Сваки од присутних система користи своје локално извориште, са којег се вода пласира у одговарајући дистрибуциони развод.

Постојеће стање снабдевања водом оптерећује већи број проблема, који су садржани у недовољном изворишном капацитету већине изворишта у употреби, неадекватном квалитету воде и недостатку резервоарског простора. Овај проблем ће се решити у склопу решавања проблема дугорочног снабдевања водом на подручју целокупне општине, које подразумева развој општинског система.



### 3. ОПШТИНСКИ СИСТЕМ ВОДОСНАБДЕВАЊА ОПШТИНЕ ОЦАЦИ

Као што је речено, основни проблем снабдевања водом на подручју општине Оцаци је садржан у недостатку потребних количина, као и у неодговарајућем квалитету воде. Одговарајућа истраживања упућују на два битна локалитета: постојеће извориште у насељу Оцаци, које може да се прошири од садашњих 30 l/s до коначног капацитета од 70 l/s; и ново извориште на левој обали Дунава, код Богојева, на локалитету Топориште. Сходно томе, представиће се два идејна решења: 1. водоснабдевање са два изворишта – постојеће извориште северозападно од насеља Оцаци и ново извориште на левој обали Дунава; ово решење је преузето из Генералног пројекта водоснабдевања општине Оцаци, Института за водопривреду „Јарослав Черни“ из 2018. године; и 2. водоснабдевање са једног изворишта - извориште код Богојева.

#### 3.1. Водоснабдевање са два изворишта

Поређењем пројектованих потреба за водом насеља Оцаци, закључује се да је ова вредност до 2030. године већа од капацитета изворишта у Оцацима, што значи да од једног тренутка у периоду између 2020. и 2030. године, постојећи модел снабдевања неће моћи да задовољи укупне потребе за водом овог насеља. Основу решења представља став да је неопходно проширити постојеће извориште у Оцацима (до граница његовог капацитета) како би се обезбедило снабдевање предметног насеља. С обзиром да се преостала локална изворишта све више исцрпљују, па не могу пратити нарастале потребе за водом, потребно је активирати извориште код Богојева (у капацитету који не представља његов максимални капацитет) у сврху снабдевања преосталих 8 насеља општине.

На граници између општинског и сваког од прикључних локалних система, мораће да постоји резервоарски објекат (укопани резервоар или водоторањ), као објекат за прекид неповољног утицаја локалне потрошње на магистрални цевовод. Овај објекат, тзв. "гранични резервоар", ће имати двоструку улогу у систему снабдевања водом: објекат за трансфер одређених количина воде локалној дистрибуцији из општинског система; и капацитет за изравнање неравномерности локалне потрошње.

Према Генералном пројекту водоснабдевања општине Оцаци, Института за водопривреду "Јарослав Черни" из 2018. године, водоторњеви су одабрани као резервоарски објекти, са даљим транспортом воде у виду директног гравитационог пласмана у дистрибуцију једног или више суседних насеља (директно изравнање).

##### 3.1.1. Модел пројектованог стања

Збирна количина воде са општинских изворишта, за снабдевање водом, на коју може да се рачуна, износи:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 60 + 110 = 170 \text{ l/s} \quad (1)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  представљају ефективне количине воде за снабдевање са изворишта у Оцацима и Богојева, респективно.

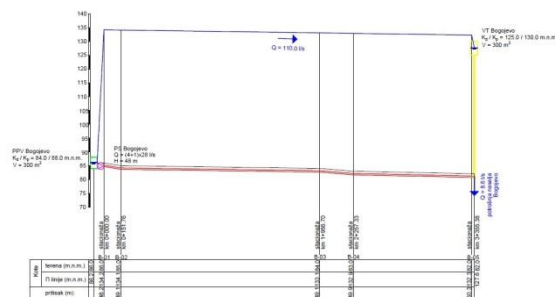
Предвиђено је да се на изворишту Богојево реализује постројење за прераду воде, у капацитету од  $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ , одакле је планиран транспорт пумпањем, преко ПС Богојево која је димезионисана на захтевани проток од 110 l/s и висину дизања од 48,2 m, до ВТ Богојево. Овај објекат је предвиђен са улогом дистрибуционог капацитета за мрежу у насељу Богојево, али и као узводна тачка гравитационог пласмана у два правца: ка насељима Српски Милетић и Бачки Брестовац; и ка насељу Оцаци, са бочним прикључењем ВТ Каравуково. За први од наведених праваца, пројектовани модел транспорта подразумева гравитациони пласман из ВТ Богојево у ВТ Српски Милетић, уз даљи гравитациони ток из ВТ Српски Милетић у Р Бачки Брестовац. Сваки од набројаних резервоарских објеката представља дистрибуциони капацитет у одговарајућем насељу, уз напомену да онај капацитет који је пројектован на крају транспортне линије - у овом случају Р Бачки Брестовац, представља укопани резервоар, одакле ће се вршити пумпање у дистрибуциони систем насеља.

Овакав модел је примењен и у случају осталих низводних тачака пројектованих транспортних праваца (Бачки Грачац, Лалић, Ратково и Дeroње). Други транспортни правац, са ВТ Богојево као узводном тачком, је усмерен ка насељу Оцаци. Пројектовано решење транспорта подразумева гравитациони ток на потезу ВТ Богојево - ВТ Оцаци, при чему ће ВТ Каравуково бити бочно прикључен на правац између Богојева и Оцака, са наставком ка Р Дeroње.

ВТ Оцаци, који је пројектован на крајњем североистоку насеља Оцаци, представља узводну тачку гравитационог пласмана у три транспортна правца - ка насељима Бачки Грачац, Лалић и Ратково.

##### 3.1.2. Резултати прорачуна

Минимални пречник цеви у водоводној мрежи је  $\phi 150$ , а максимални  $\phi 500$ . Брзина воде у цевима се креће од, минималне, 0,4 m/s до 1,17 m/s, што значи да максимална дозвољена брзина од 1,5 није прекорачена. Притисци у цевима се крећу од 1,51 bar па до 4,82 bar, чиме је задовољен услов да се радни притисци у мрежи крећу у опсегу од 1,5 bar до 6,5 bar.



Слика 1. Хидраулички профил цевовода ППВ Богојево - ВТ Богојево (решење са водоторњевица) [1]

##### 3.2. Водоснабдевање са једног изворишта

У Генералном пројекту водоснабдевања општине Оцаци, Института за водопривреду „Јарослав Черни“ из 2018. године, резервоарске објекте чине водоторњеви. У наставку, они ће бити замењени укопаним



резервоарима. Поред ове измене, постојеће извориште у Оџацима ће се искључити из редовног рада система, али ће се задржати у функцији само у смислу његове вруће резерве у водоснабдевању. С обзиром да је елиминисана могућност гравитационог транспорта између општинских насеља, као искључиви вид транспорта се појављује пумпање. Предметни резервоари ће бити бочно прикључени на магистралне цевоводе између општинских насеља и из њих ће се вршити пумпање воде у дистрибуционе системе насеља.

### 3.2.1. Модел пројектованог стања

Ефективна количина воде са општинског изворишта, за снабдевање водом, износи:

$$Q = 170 \text{ l/s} \quad (2)$$

Концепт општинског система водоснабдевања општине Оџаци јесте захватање воде са изворишта Богојево, која ће се након прераде у ППВ Богојево, капацитета од  $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ , даље дистрибуирати пумпањем ка општинским насељима. ПС Богојево је димензионисана на захтевани проток од  $170 \text{ l/s}$  и висину дизања од  $29,5 \text{ m}$ . Од ППВ Богојево је планиран транспорт ка Р Богојево који је бочно прикључен на магистрални цевовод. Код насеља Богојево магистрални цевовод се грана у два правца: ка насељима Српски Милетић и Бачки Брестовац; и ка насељу Оџаци, са бочним прикључењем насеља Каравуково. Пројектовани модел транспорта, за први правац, подразумева пласман пумпањем из ППВ Богојево ка Богојеву, уз даљи ток ка Српском Милетићу и на крају ка Р Бачки Брестовац. Резервоари Р Богојево и Р Српски Милетић су бочно прикључени на магистрални цевовод.

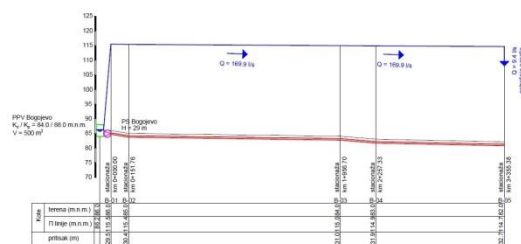
Сваки од набројаних резервоарских објеката представља дистрибуциони капацитет у одговарајућем насељу, одакле ће се вршити пумпање у дистрибуциони систем насеља. Овакав модел је примењен и у случају осталих низводних тачака пројектованих транспортних праваца (Каравуково, Оџаци, Бачки Грачац, Лалић, Ратково и Дeroње).

Други транспортни правац, са Богојевом као узводном тачком, је усмерен ка насељу Оџаци. Пројектовано решење транспорта подразумева пласман на потезу Богојево - Оџаци, при чему ће Каравуково бити бочно прикључено на правац између Богојева и Оџака, са наставком ка Р Дeroње.

Преостали део система чине транспортни правци ка преосталим насељима, са Оџацима као узводним условом тока и са низводним објектима пројектованим у облику укопаних резервоара.

### 3.2.2. Резултати прорачуна

Минимални пречник цеви у водоводној мрежи је  $\phi 150 \text{ mm}$ , док је максимални  $\phi 700$ . Брзина воде у цевима се креће од, минималне дозвољене,  $0,4 \text{ m/s}$  до  $0,54 \text{ m/s}$  што указује да максимална дозвољена брзина од  $1,5 \text{ m/s}$  није прекорачена. Притисци у цевоводима се крећу од  $1,5 \text{ bar}$  па до  $2,95 \text{ bar}$ , чиме је задовољен услов да радни притисци у мрежи буду у опсегу од  $1,5\text{-}6,5 \text{ bar}$ .



Слика 2. Хидраулички профил цевовода ППВ Богојево - Богојево (решење са укопаним резервоарима) [2]

## 4. РЕГИОНАЛНИ СИСТЕМ ВОДОСНАБДЕВАЊА ОПШТИНА ОЈАЦИ И БАЧ

Основне јединице комплексног јединственог система водоснабдевања Србије представљају регионални системи водоснабдевања. Јавни водоводни системи обухватаће кроз време све већи и већи број корисника, ширећи се и повезујући међусобно у све веће и конзистентније целине, комплетирајући регионалне системе, а преко повезивања регионалних система формираће се на крају кохерентан водоводни систем Србије.

Водопривредном Основом Републике Србије (ВОС) из 2002. године, општине Оџаци и Бач су предвиђене за прикључење на будући Бачки регионални систем за снабдевање водом, који заправо представља надоградњу општинског система за снабдевање водом који је приказан у поглављу 3.2.

У наставку је приказано повезивање општине Бач са општином Оџаци путем регионалног цевовода Дeroње - Бач, са низводном тачком у виду укопаног резервоара у насељу Бач одакле ће се вршити дистрибуција воде у свих 6 насеља општине Бач.

### 4.1. Модел пројектованог стања

Укупна ефективна количина воде са регионалног изворишта, за снабдевање водом износи:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 170 + 72 = 242 \text{ l/s} \quad (3)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  представљају потребе за водом до краја пројектног периода у општинама Оџацима и Бач, респективно.

С обзиром на повећање потребног капацитета изворишта Богојево у односу на општински систем, у оквиру регионалног система је потребно повећати пречнике цевовода на следећим деоницама: ППВ Богојево - Богојево, Богојево - прикључак за Каравуково, прикључак за Каравуково - Каравуково и Каравуково - Дeroње, као и димензионисати нови цевовод на потезу Дeroње - Бач.

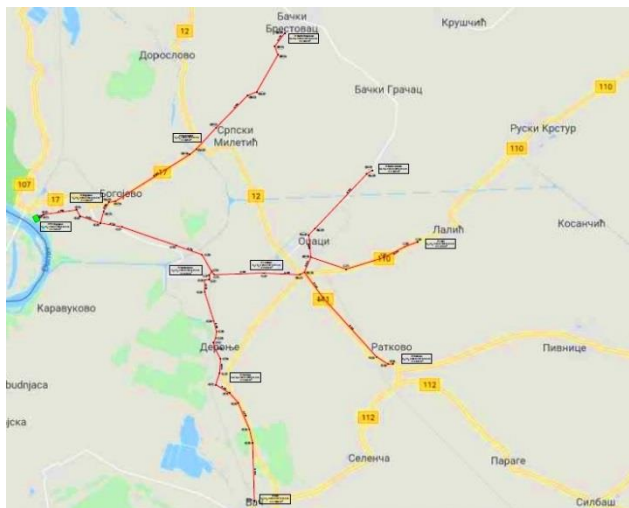
Са повећањем висине дизања ПС Богојево за  $1 \text{ m}$  (са  $29,5 \text{ m}$  на  $30,5 \text{ m}$ ) и са повећањем пречника цевовода на потезима ППВ Богојево - Богојево (са  $\phi 700$  на  $\phi 800$ ), Богојево - прикључак за Каравуково (са  $\phi 600$  на  $\phi 700$ ), прикључак за Каравуково - Каравуково (са  $\phi 300$  на  $\phi 500$ ) и Каравуково - Дeroње (са  $\phi 200$  на  $\phi 500$ ), уз димензионисање цевовода Дeroње - Бач ( $\phi 400$ ), остварује се водоснабдевање и општине Бач, у оквиру регионалног система, при чему се водило

рачуна да до најнизоводнијих резервоара (Р Бачки Брестовац, Р Бачки Грачац, Р Лалић, Р Ратково и Р Бач) притисак у цевоводу не падне испод 1,5 bar (због евентуалне појаве потпритиска у цевоводу услед нестационарног рада).

Након захватања воде са изворишта Богојево и прераде у ПШВ Богојево, она се даље дистрибуира пумпањем ка општинама Оџаци и Бач. Капацитет постројења за пречишћавање воде износи  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ , док је ПС димензионисана на проток од  $242 \text{ l/s}$  и висину дизања од  $30,5 \text{ m}$ . Новопроектовани Р Бач представља тачку са које се врши дистрибуција воде пумпањем у сва насеља општине Бач.

#### 4.2. Резултати прорачуна

Минимални пречник цеви у водоводној мрежи је  $\phi 150 \text{ mm}$ , док је максимални  $\phi 800$ . Брзина воде у цевима се креће од, минималне дозвољене,  $0,4 \text{ m/s}$  до  $0,57 \text{ m/s}$  што указује да максимална дозвољена брзина од  $1,5 \text{ m/s}$  није прекорачена. Притисци у цевоводима се крећу од  $1,58 \text{ bar}$  па до  $3,05 \text{ bar}$ , чиме је задовољен услов да радни притисци у мрежи буду у опсегу од  $1,5\text{-}6,5 \text{ bar}$ .



Слика 3. Ситуациони приказ система за снабдевање водом општина Оџаци и Бач [3]

Добијени резултати су задовољили критеријуме водоснабдевања, како по притисцима тако и по протицајима и брзинама воде у цевоводима одговарајућих пречника.

#### 5. ЗАКЉУЧАК

На основу сагледавања потреба за водом највишег квалитета и могућности појединих изворишта висококвалитетних вода, произилази да је перспектива у све већем обухватању (просторном и бројном) корисника вода у јединствене водоводне системе, који ће се временом развијати и обједињавати.

У складу са стратешким опредељењима, снабдевање водом највишег квалитета оствариће се развојем регионалног система водоснабдевања (Бачки регионални систем), из којег ће се водом снабдевати становништво насеља општина Оџаци и Бач, као и само они технолошки процеси у којима је неопходна вода највишег квалитета.

Дугорочно посматрано, решење водоснабдевања лежи у формирању централног изворишта, са базирањем на ресурс подземних вода и/или речне воде Дунава и изградњи магистралних повезних цевовода до свих насеља предметних општина. До тада, даљи развој водоснабдевања развијаће се у правцу који је сада у функцији, уз повећање броја црпних бушотина на постојећим или новим извориштима, са изградњом појединачних уређаја за побољшавање квалитета воде по утврђеним критеријумима.

Усвојена концепција техничког решења предвиђа дистрибуциону мрежу за обезбеђење сваког потрошача водом довољном количином, потребног притиска и одговарајућег квалитета. Постојећи извори и бунари задржавају се, уз њихово уређење, контролу и заштиту квалитета воде за санитарну употребу.

#### 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стратегија управљања водама на територији Републике Србије, Службени лист РС, бр. 3/2017
- [2] Институт за водопривреду "Јарослав Черни" (2018), Претходна студија оправданости са генералним пројектом снабдевања водом на подручју општине Оџаци (Свеска 1)
- [3] Lewis A. Rossman (2000), EPANET 2 - users manual, National risk management research laboratory, Office of research and development, U.S. environmental protection agency, Cincinnati
- [4] Стипић М. (2017), Скрипта из предмета Комунална хидротехника за студенте IV године одсека за хидротехнику (Део 1), Факултет техничких наука, Нови Сад

#### Кратка биографија:



**Јована Ивановић** рођена је у Зворнику 1995. године. Завршила је основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, на Департману за грађевинарство и геодезију - одсек хидротехника, 2018. године. Мастер рад на истом одсеку из области Комунална хидротехника одбранила је 2020. године.

**OCENA STANJA I MERE SANACIJA PROPUSTA NA MAGISTRALNIM PUTEVIMA  
EVALUATION AND SANATION MEASURES OF CULVERTS IN ARTERIAL ROADS**Robert Vrabčenjak, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad se sastoji iz dva dela, u prvom delu je pisano o projektovanju i izgradnji propusta, njihovom značaju i karakteristikama, njihova podela prema nameni i hidrauličkim karakteristikama, hidrološko – hidrauličko dimenzionisanje propusta, smernice za projektovanje propusta, projektovanje propusta, konstruisanje propusta, armiranje propusta, temeljenje i odvodnjavanje propusta i statički proračun propusta. U drugom delu je prikazana analiza postojećeg stanja i predložene su mere sanacije propusta.

**Ključne reči:** propusti, sanacija, izgradnja, putevi.

**Abstract** – The topic of this paper covers the analysis and importance of designing gaps in road construction, as well as evaluating their condition and maintaining gaps in functional condition. The work consists of two parts, the first part deals with the design and construction of culverts, their importance and characteristics, their division by purpose and hydraulic characteristics, hydraulic - hydrological sizing of culverts, rules for culvert design, culvert design, culvert design, reinforcement of culverts, foundation and drainage culverts and static culverts. The second part presents an analysis of the current situation and proposes remedial measures.

**Keywords:** culverts, rehabilitation, construction, roads

**1. UVOD**

Propusti su objekti koji služe za prelaz saobraćajnica preko vodenih prepreka (jaraka, potoka i kanala). Mogu da se koriste i za prolaz životinja, pešaka i manjih vozila ispod puteva u pojedinačnoj ili kombinovanoj nameni. Po definiciji se svrstavaju u manje objekte (mostove) otvora do 5,0m.

Propusti su u prošlosti građeni ispod puteva kao kratki objekti sa manjim otvorima, a njihova namena je bila isključivo za proticanje vode. Prvenstveno su se izvodili kao cevasti, pločasti ili zasvođeni. Pravili su se od različitih materijala, drveta, kamena, betona, čelika i armiranog betona. Sada se propusti grade isključivo kao konstrukcije od armiranog betona u monolitnoj ili polumontažnoj formi sa otvorima koji omogućuju prohodnost i održavanje.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Miloš Šešlija.**

**2. PODELA PROPUSTA PREMA NAMENI I  
HIDRAULIČKIM KARAKTERISTIKAMA**

Prema nameni i hidrauličkim karakteristikama razlikuju se sledeće vrste propusta:

1. Propusti za proticanje atmosferske vode sa područja puteva i kosina useka.
2. Propusti za odvodnjavanje privremenih depresija tekuće vode. Veličina propusta zavisi od veličine područja u kome se put ukršta sa nasipom.
3. Propusti na kanalima za melioraciju sa privremenom stojećom ili sporo tekućom vodom u smeru odvoda.
4. Propusti na poplavljenim područjima sa stajaćom vodom čija je osnovna funkcija da obezbede komunikaciju visokih voda i odvodnjavanje po završnoj poplavi (u slučajevima kada put prolazi preko većih vodoplavnih površina, u unutrašnjosti suvih bazena ili u kraškim poljima).
5. Propusti na vodoplavnim područjima sa sporom tekućom vodom (inundacioni propusti) na vodoplavnim područjima rečnih dolina.
6. Propusti na potocima manjeg nagiba kod kojih je mirniji hidraulički režim (dubina toka vode u koritu veća je od kritične dubine;  $h_v > h_{cr}$ ). Podužni nagib potoka manji je od 0,5%.
7. Propusti na strmim potocima i bujicama kod kojih je tok vode u prelaznom ili bujičnom hidrauličkom režimu (dubina toka vode u koritu približno je jednaka ili manja od kritične dubine;  $h_v > h_{cr}$ ). Podužni nagib potoka veći od 0,5%.

**2.1. Hidrološko-hidrauličko dimenzionisanje propusta**

Za hidrauličko dimenzionisanje propusta potrebno je odrediti merodavne količine vode (protok) koja mora da prođe kroz propust. Merodavni protok se za različite vrste propusta određuje po različitim metodama. Za propuste koji su namenjeni pre svega proticanju atmosferske vode, količina protoka određuje se po metodama koje se primenjuju u kanalizaciji gde se uzima u obzir merodavni intenzitet kiše sa odgovarajućim povratnim periodom ( $n = 1$  do  $n = 0,01$ ). Izbor povratnog perioda kiše zavisi od izbora zaštite puta protiv plavljenja.

Kod propusta sa stajaćom vodom za plavljenje, merodavni protok se određuje u odnosu za zapreminu vode koja protiče kroz propust i trajanja protoka (oticanja). Zbog dužeg vremena, količine proticanja su relativno male.

Inundacioni propusti su sastavni deo premošćavanja većeg poplavljenog područja (uz veće potoke i reke sa širokim vodoplavnim područjima). S obzirom da



pripadaju ukupnom sistemu premošćavanja, njihov pripadajući protok zavisi od hidrauličkih karakteristika vodotoka sa poplavljenih područja i sistema premošćivanja.

Količine vode za veće vodotoke, po pravilu se određuju na osnovu hidroloških analiza na području sliva.

### 3. PROJEKTOVANJE PROPUSTA

Kod projektovanja puteva i propusta treba postići da propust bude pod pravim uglom u odnosu na put ili pod manjim uglom ukrštanja, i pod uslovom da je potrebna i korekcija vodotoka koji prolazi kroz propust.

Prema obliku poprečnog preseka propusti se dele na:

- cevaste,
- sandučaste,
- zasvođene propuste

Izbor tipa pre svega zavisi od visine nasipa u profilu u kome se nalazi propust i od količine vode koja treba da protiče. Ako propust ima i druge namene, onda je izbor tipa zavisao od tih namena.

Otvor propusta (širina i visina) zavisi od količine vode koja treba da prođe kroz propust i od uzdužnog pada dna propusta.

U slučajevima kada treba obezbediti protok veće količine vode, moguća je primena propusta sa dve ili više paralelno ugrađenih okruglih cevi.

Visinski položaj propusta može da bude sa većom ili manjom debljinom nasipa iznad njega. U principu treba izbegavati visinski položaj propusta kod kojih konstrukcija dolazi u nivo kolovoza ili se preko konstrukcije ugrađuje sloj asfalta. Minimalna debljina pokrivača (kolovoza puta) iznad propusta je 40cm.

### 4. KONSTRUISANJE PROPUSTA

#### 4.1. Temeljenje

Propusti po pravilu imaju plitko temeljenje. Ako se uzme u obzir, da su propusti u većini slučajeva ugrađeni ispod nasipa, onda se propust sleže zajedno sa nasipom, zbog čega je njihovo plitko temeljenje u potpunosti opravdano. Propust po pravilu ne sme da se temelji u nasip.

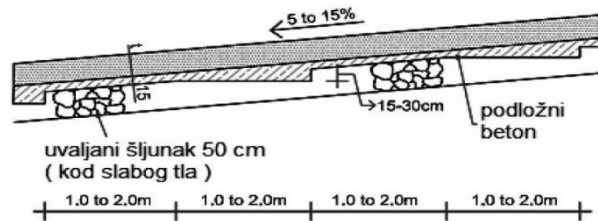
Temelji moraju da budu u prirodnom terenu. Posebno su nepoželjni slučajevi kod kojih se deo propusta temelji u nasipu, a deo u prirodnom terenu. Na ulaznom i izlaznom delu propusta treba izvršiti zaštitne pragove za sprečavanje erozije temelja.

Podužni nagib ne sme da bude manji od 0,5%. Temelji propusta su glatki ako podužni nagib nije veći od 5%. Ako je veći od 5% a manji od 15%, donja površina temelja mora da se izvede u obliku stepenica kao što je prikazano na slici 1.

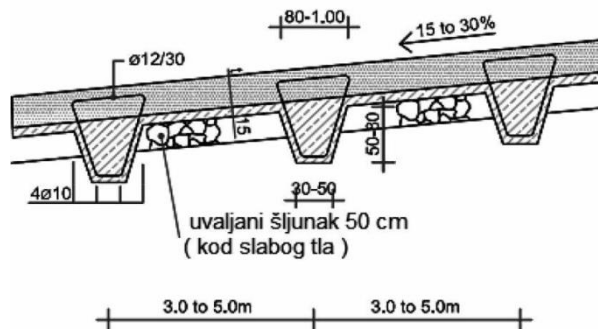
Ako je podužni nagib propusta između 15 i 30%, na svakih 2,0 do 3,0m treba izgraditi poprečne pragove za sidrenje kao što je prikazano na slici 2.

Kod cevastih propusta koji su fundirani na tlu dobre nosivosti i kod kojih ne postoji opasnost od erozije nisu potrebni temelji celom dužinom propusta, već se izvode samo na ulaznom i izlaznom delu. U slučaju tla slabe

nosivosti, cevasti propust treba osloniti na sloj betona a cevi su u betonskom omotaču.



Slika 1. Temeljenje stepenastog temelja propusta za nagibe od 5 – 15 % [3]

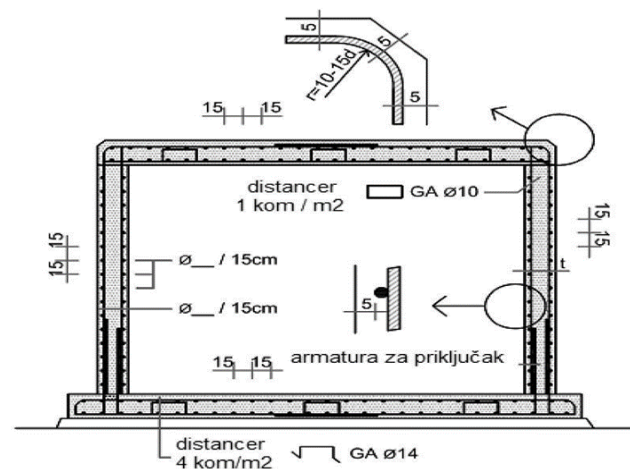


Slika 2. Temeljenje stepenastog temelja propusta za nagibe od 15 – 30% [3]

#### 4.2. Armiranje

Količinu i vrstu armature treba dokazati statičkim proračunom. Posebnu pažnju treba posvetiti detaljima i zaštitnom sloju betona koji su najvažniji za trajnost objekta. Zbog toga zaštitni sloj mora da bude 5cm sa unutrašnje i spoljašnje strane.

Kod sandučastih propusta posebnu pažnju treba posvetiti oblikovanju armature na spoju zidova i ploče, koji se u većini slučajeva ojačavaju vutama. Zasvođeni propusti se načelno armiraju po pravilima koja se odnose na lučne nosače. Na slici 3. prikazan je princip armiranja sandučastih propusta.



Slika 3. Princip armiranja sandučastih propusta [2]

Kod cevastih propusta prečnika 100 i 150cm armatura se ugrađuje u sredini debljine cevi, a služi za preuzimanje opterećenja pri transportu i montaži, kao i za preuzimanje opterećenja od svežeg zaštitnog betona oko cevi.



Prefabrikovane cevi prečnika 200cm su armirane sa dvostrukom armaturom po čitavom obodu. Ako u prefabrikovanu cev ne može da se ugradi armatura prilikom izrade, onda takvu cev treba obložiti betonom.

### 4.3. Odvodnjavanje i izolacija

Kod cevastih propusta bez betonskog omotača i kod propusta u obliku svoda, voda otiče sa konstrukcije veoma brzo radi samog oblika poprečnog preseka. Kod cevnih i sandučastih propusta sa betonskim omotačem potrebno je da se obezbedi oticanje vode sa gornje površine pomoću primerenog uzdužnog i poprečnog nagiba. Obično se to obezbeđuje krovnim nagibom gornje ploče objekta (min. 2,5%).

Da bi se sprečilo zadržavanje vode uz objekat, usled čega može da dođe do pojave novog hidrostatičkog pritiska, mora da se izgradi filterski sloj. Radi sprečavanja uticaja vlage konstrukcija svakog propusta treba da bude zaštićena. Gornja površina se štiti crnom izolacijom. Vodonepropusnost zidova, donje ploče i krila postiže se izradom vodonepropusnog betona.

Najvažnije mere koje treba preuzeti kod obezbeđivanja vodonepropusnosti su sledeće:

- konstrukcione mere
- namenske tehnološke mere za beton
- pažljiva izrada povezana odgovarajućim i dovoljno dugim periodom negovanja svežeg betona
- ograničenje pukotina na 0.2mm

### 4.4. Statički proračun propusta

U statičkom smislu propusti mogu biti razmatrani kao zatvoreni okviri sastavljeni od površinskih elemenata. Statički proračun propusta izvodi se skladu sa načelima koji važe i za ostale objekte. Budući da su uvek u kontaktu sa tlom, u analizi je neophodno uzeti u obzir interakciju tlo-konstrukcija.

Kod izrade statičkog proračuna uzimaju se sledeća opterećenja:

- sopstvena težina,
- vertikalni pritisak zemlje,
- horizontalni pritisak zemlje,
- saobraćajno opterećenje,
- uticaj sleganja,
- temperaturna dejstva.

Sopstvena težina se uzima u obzir na isti način kao i kod drugih objekata. Kod propusta sa visokim zasipom sopstvena težina ima mali uticaj na unutrašnje količine.

Najvažnije i najteže je odrediti prave vrednosti vertikalnih pritisaka zemlje. Oni zavise od visine nasipa, vrste materijala (specifična težina, ugla unutrašnjega trenja i modula stišljivosti), te od toga da li je objekat ukopan u prirodni teren i kakav ima položaj u nasipu.

Saobraćajno opterećenje se uzima u obzir na isti način kao i kod drugih objekata ali sa tom razlikom da se njegov uticaj na propust prenosi preko nasipa. Radi toga treba uzeti u obzir prenos opterećenja koji zavisi od karakteristika materijala i položaja propusta u nasipu.

Uticaj sleganja treba proveriti pre svega u podužnom smeru objekta. Ako su diferencijalna sleganja tako velika da konstrukcija ne može da ih preuzme treba izvršiti poprečne spojnice – dilatacije po dužini objekta.

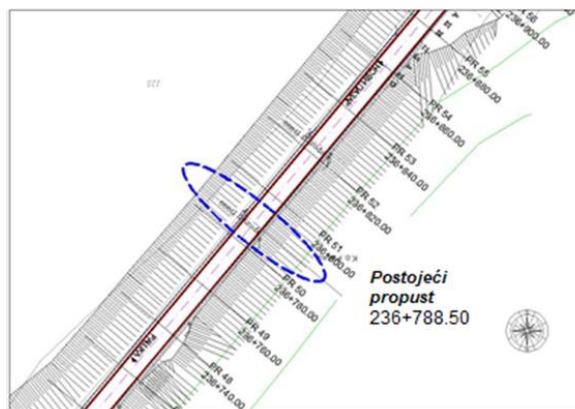
Temperaturna dejstva se uzimaju na isti način kao kod drugih objekata, uz napomenu da je od primarnog značaja temperaturna razlika na unutrašnjoj i spoljašnjoj strani konstrukcijskih elemenata.

Horizontalni pritisak zemlje zavisi od istih faktora kao i vertikalni. Pri proračunu horizontalnih i vertikalnih pritisaka kod propusta sa visokim nasipima, mogu da se pojave razlike veličina sa faktorom 2 u zavisnosti od metode proračuna (Terzaghi – Birbaumer). Zato treba posebnu pažnju posvetiti metodi, a u svakom slučaju kontrolu izvršiti primenom najmanje dve metode.

## 5. OCENA STANJA I MERE SANACIJE PROPUSTA NA MAGISTRALNIM PUTEVIMA

### 5.1. Propust 1 na km 236+788.50

Propust 1 na km 236+788.50 jeste zasvedeni betonski propust dimenzija B=1000mm, H=1000mm. Njegova osnovna namena jeste u propuštanju prikupljenog oticaja sa kolovoza sa leve na desnu stranu, propuštanje pribrežnih voda te doticaja iz drenaže. Ovakav propust može biti prohodan i sa manjom količinom nanosa, a svakako se može primetiti degradacija betona ulivne građevine. Vizuelnim pregledom unutrašnjosti propusta, takođe se da primetiti degradacija betona podnožnog svoda. Sa desne strane u potpornom zidu se nalazi izlivna konstrukcija, a na kolovozu je uočljiva poprečna pukotina iznad propusta. Na slici 4. dat je situacioni prikaz propusta 1.



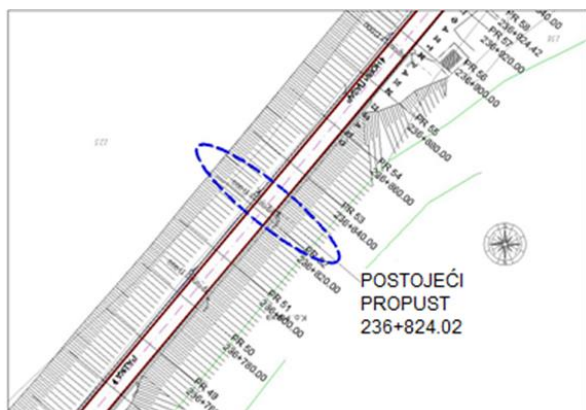
Slika 4. Situacioni prikaz propusta 1

#### 5.1.1. Planirane aktivnosti na propustu

Kada se radi o planiranim aktivnostima, prvenstveno je potrebno izvršiti sanaciju degradirane površine betona, potom izvršiti čišćenje zone izliva propusta od rastinja. Na kraju je potrebno izvršiti kontrolisano odvođenje vode niz nasip na desnoj strani.

## 5.2. Propust 2 na km 236+824.02

Propust 2 na km 236+824.02. jeste zasvedeni betonski propust dimenzija B=1000mm, H=1000mm. Njegova osnovna namena je u propuštanju pribrežnih voda, doticaja iz drenaže i prikupljenog oticaja sa kolovoza sa leve na desnu stranu. Moguće je primetiti neznatnu degradaciju betona ulivne građevine, a propust je prohodan i bez nanosa. Sa desne strane u potpornom zidu je izlivna konstrukcija, dok je na kolovozu moguće uočiti poprečnu pukotinu iznad propusta. Na slici 5. dat je situacioni prikaz propusta 2.



Slika 5. Situacioni prikaz propusta 2

### 5.2.1. Planirane aktivnosti na propustu

Za planirane aktivnosti, potrebno je izvršiti sanaciju degradiranih površina betona te očistiti zonu izliva propusta od rastinja. Nakon toga, niz nasip na desnoj strani izvršiti kontrolisano odvođenje vode.

## 6. ZAKLJUČAK

Na samom kraju rada možemo uočiti koliku važnost imaju propusti u saobraćaju, kako za vozila, tako i za pešake i životinje. Čak i u prošlosti, propusti su imali svoju namenu, te su bili građeni kao kratki objekti sa manjim otvorima. U radu smo mogli videti nekoliko vrsta propusta koji se grade u zavisnosti od područja te količine vode koja se nalazi na mestu izgradnje.

Budući da je veliki deo rada posvećen oceni stanja i merama sanacija propusta na magistralnim putevima, moguće je bilo dati kako izveštaj stanja tako i planirane aktivnosti u zavisnosti od stanja propusta. Na nekim propustima je na osnovu analize predložena sanacija degradirane površine betona ili čak sanacija podužne i poprečne pukotine. Tamo gde su oštećeni segmenti propusta, potrebno ih je zameniti novim.

Redovni kontrolni pregledi i redovno održavanje propusta u funkcionalnom i projektom predviđenom stanju su od velikog značaja za normalno, nesmetano i bezbedno funkcionisanje saobraćaja.

Za pravilno funkcionisanje jednog propusta je potrebno i redovno čišćenje zone uliva i izliva propusta od rastinja, koje često onemogućavaju pravilan rad propusta te dolazi do zapušavanja. Osim toga, neki propusti su ipak bili zapušeni smećem, što je svakako ljudski faktor na kojem je potrebno raditi podizanjem svesti, ali i određenim sankcijama.

## 7. LITERATURA

- [1] JP „Putevi Srbije“: Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, 10 - Projektovanje inženjerskih konstrukcija, 10.3 - Projektovanje propusta, Beograd 2012.
- [2] Rašeta A., Betonski Mostovi, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za građevinarstvo i geodeziju, 2014.godina
- [3] Vukobratović V., Betonske konstrukcije - putevi - predavanja, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2017.godina
- [4] Internet
- [5] Putevi Srbije, link: [www.putevi-srbije.rs](http://www.putevi-srbije.rs), 15.11.2019.

### Kratka biografija:



**Robert Vrabčenjak** je rođen u Novom Sadu 16.02.1991. god. Srednju tehničku školu u Novom Sadu završava 2010. godine. Osnovne akademske studije završio je na fakultetu tehničkih nauka 2018. godine, iz oblasti građevinarstvo gde stiče zvanje diplomirani inženjer građevinarstva. Master rad na odseku za puteve, železnice i aerodrome sa temom „ Ocena stanja i mere sanacija propusta na magistralnim putevima “ odbranio je u februaru 2020. godine.

**HIDRAULIČKA ANALIZA ODVOĐENJA UPOTREBLJENIH VODA NASELJA MALI IĐOŠ SA MAGISTRALNIM KOLEKTOROM MALI IĐOŠ-FEKETIĆ-PPOV****HYDRAULIC ANALYSIS OF WASTEWATER DISCHARGE FROM THE SETTLEMENT MALI IĐOŠ WITH MAIN COLLECTOR MALI IĐOŠ-FEKETIĆ-WWTP**Tijana Lazarević, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je izloženo rešenje odvođenja otpadnih voda naselja Mali Idoš, Lovćenac i Feketić do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Radi se o primeru kanalizacionog sistema gde se zbog topografije terena javljaju velike dubine ukopavanja cevi i potreba za ugradnjom crpnih stanica. Glavni kolektor je projektovan za prihvatanje otpadnih voda iz sva tri naselja. Modeliranje mreže i hidraulički proračun su urađeni pomoću programskog paketa SWMM.

**Ključne reči**- hidraulička analiza, otpadne vode, glavni kolektor, prečištač otpadnih voda

**Abstract** – The paper presents the solution of wastewater disposal in the settlements of Mali Idoš, Lovćenac and Feketić to the sewage treatment. This is an example of a sewage system where due to topography of the terrain, large depths of pipe burial occur and therefore pumping stations are needed to be installed. The main collector is designed to accept sewage from all three settlements. Network modeling and hydraulic calculation were done by using the SWMM software package.

**Keywords**- hydraulic analysis, wastewater, main collector, sewage treatment

**1. UVOD**

Svega 33 % područja AP Vojvodine pokriveno je kanalizacionom mrežom, gde veliki deo izgrađene kanalizacione mreže nema prečištač otpadne vode, pa se sva otpadna voda izliva direktno u vodotok i zagađuje ga.

Na teritoriji opštine Mali Idoš ne postoji izgrađena kanalizaciona mreža, osim u centralnim delovima naselja, gde je priključena nekolicina objekata. Upotrebene vode se uglavnom ispuštaju u bivše kopane bunare ili nepropisno izvedene septičke jame. Na ovaj način, direktno se ugrožava kvalitet podzemnih voda i životna sredina uopšte.

Cilj ovog rada je povećati higijenu i kvalitet života u opštini Mali Idoš, ali i u samom recipijentu, tako što će stare septičke jame biti sanirane i izbačene iz upotrebe, a potom da se izgradi kanalizaciona mreža od PVC cevi koja će odvoditi otpadne vode do projektovanog postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.

**2. OPŠTE KARAKTERISTIKE PREDMETNOG PODRUČJA**

Opština Mali Idoš se nalazi u severno-Bačkom okrugu. U sastavu opštine se nalaze tri naselja: Mali Idoš, Lovćenac i Feketić. Prema popisu iz 2011. godine u opštini Mali Idoš ima 12.031 stanovnika.

Ukupna površina građevinskog reona Opštine iznosi 1407.82 ha, od čega 60% predstavljaju površine za stanovanje.

Analizom demografskog razvoja Opštine uočeno je da populaciona veličina ima trend paramentalnog pada broja stanovnika. Prema poslednjem popisu stanovništva, u Opštini Mali Idoš je zabeležena depopulacija u svim selima i opštinama.

Ovakve tendencije posledica su raslojavanja porodica, konstantnog pada nataliteta i pogoršanje starosne strukture populacije Opštine. Do povećanja broja stanovnika moguće je doći konkretnim promenama u svim naseljima, te podizanjem njihovih standarda.

**3. MERODAVNE KOLIČINE OTPADNIH VODA**

Otpadne vode se dele na:

- Upotrebene vode iz domaćinstva
- Upotrebene vode iz industrije
- Atmosferske vode
- Komunalne vode

Zadatak kanalizacione mreže naselja je pre svega odvođenje otpadnih voda iz naselja, odnosno industrije, do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV).

Odabir sistema kanisanje (načina evakuacije otpadnih voda) zavisi od niza faktora: broja stanovnika, topografskih karakteristika, sanitarnih zahteva, tehničko-ekonomskih pokazatelja i sl.

U slučaju opštine Mali Idoš definisan je separativni sistem kanisanja naselja, gde se atmosferske i čiste industrijske upotrebene vode odvođe jednom mrežom kanala, a domaće i industrijske upotrebene vode odvođe drugim sistemom kanala.

Što se tiče kanisanja upotrebljenih voda postoje dva osnovna načina: sa gravitacionim tečenjem i pod pritiskom. U ovom radu se razrađuje rešenje kanalizacije sa gravitacionim tečenjem, čije su karakteristike: velike dubine ukopavanja, veliki prečnici cevi, značajna ulaganja, lako održavanje i sigurnost rada nezavisno od električne energije.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Matija Stipić

#### 4. MERODAVNI PRORAČUNSKI PARAMETRI I IZBOR CEVNOG MATERIJALA

Cevni materijal za izgradnju kanalizacije upotrebljenih voda mora zadovoljiti niz zahteva, od kojih su najvažniji trajnost, čvrstoća i vodonepropusnost. Nepropusnost materijala za vodu se pokazuje odsustvom proceđivanja vode iz zemljišta u kanalizaciju i obrnuto. Koje cevi će biti primenjene zavisi od tržišnih uslova prilikom izgradnje objekta. Kod opredeljenja treba imati u vidu da kanalizacija predstavlja objekat koji se gradi za potrebe narednih 30-50 godina. Kao najpogodnije pokazale su se PVC cevi, jer je veoma lak materijal, jednostavan za transport, jeftin, otporan na koroziju, vek trajanja duži od 50 godina i dr.

Maksimalna brzina tečenja otpadne vode u kanizacionoj mreži se propisuje kako bi se sprečila erozija, te habanje i oštećenje objekta usled prevelike brzine.

Minimalne brzine tečenja otpadne vode su one brzine pri kojima ne dolazi do istaložavanja suspendovanih materija u kanizacionoj mreži i do začepljenja iste.

Najmanja brzina strujanja treba da bude 0,4 m/s pri dubini punjenja kanala 2-3 cm, ili 0,8 m/s kada je kanal pun do vrha. Smatra se da su ove brzine dovoljne da se čvrste čestice održe u suspenziji. Najveće brzine su ograničene na 3 m/s u punom profilu.

Minimalni podužni padovi predstavljaju onaj nagib, koji pri gravitacionom tečenju obezbeđuje potrebnu energiju za vučenje nanosa odnosno, koji sprečava istaložavanje materijala. U radu su usvojeni minimalni padovi 2.5 %.

Minimalni prečnici cevi predstavljaju tehničko-ekonomsku kategoriju. Minimalne prečnike cevi treba ograničiti, bez obzira na ispunjenost profila i minimalnu brzinu, u cilju sprečavanja začepljenja i olakšanog prečišćavanja kanizacionog kolektora. U radu su usvojeni minimalni prečnici 250 mm.

#### 5. MODELIRANJE TEČENJA U KANALIZACIONIM SISTEMIMA

U radu je prikazana jedna mogućnost matematičkog modeliranja, odnosno računarske simulacije tečenja vode u kanizacionom sistemu. Kod ovih sistema promena dotoka je spora, pa neustaljenost tečenja nije izražena i može se zanemariti.

Tečenje otpadnih voda je gravitaciono i obično se opisuje jednačinama održanja mase i količine kretanja za linijsko tečenje vode u otvorenom kanalu (tzv. Sen-Venanove jednačine) [2].

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial z}{\partial x} + gA S_f = 0 \quad (2)$$

U mirnom režimu tečenja potreban je po jedan uslov na uzvodnom i nizvodnom kraju (nivo, proticaj ili kriva protoka), a u burnom režimu po dva granična uslova na uzvodnom i nizvodnom kraju.

Izostavljanje pojedinih članova, u gore pomenutim jednačinama, omogućava jednostavnije i efikasnije numeričko rešenje, ali se time gubi na tačnosti dobijenog rešenja.

Za rešavanje Sen-Venanovih jednačina softver koristi ti modela:

- Model ustaljenog tečenja
- Model kinematskog talasa
- Model dinamičkog talasa

U radu je korišćen model dinamičkog talasa, koji rešava kompletne Sen-Venanove jednačine i na taj način daje najpreciznije rešenje.

#### 6. PROGRAMSKI PAKET EPASWMM 5.0.

SWMM je nastao 1970. godine i koristi se za planiranje, analizu i projektovanje odvođenja atmosferskih voda, kombinovanih kanizacionih sistema, fekalnih kanizacionih sistema kolektora i ostalih sistema atmosferske kanalizacije.

Primenom ovog softverskog paketa u projektovanju kanalizacije za upotrebljenu vodu, omogućuje se kompleksno sagledavanje situacije na terenu uzimajući u obzir raspored i karakteristike urbanizovanih površina, raspored korisnika, hidrološke podatke o kišama i oticajima, tečenje vode po površini terena i u kanizacionoj mreži.

##### 6.1. Mogućnosti programa

SWMM sadrži mnogobrojne fleksibilne hidrauličke mogućnosti i modelovanja koja se koriste za usmeravanje atmosferske vode, fekalne otpadne vode i spoljašnjih dotoka kroz drenažnu mrežu cevi, kanala, pogona za čuvanje/tretiranje i obilaznih struktura.

Tu spadaju i sledeće mogućnosti:

- Rad sa mrežama neograničene veličine
- Korišćenje raznih standardnih oblika otvorenih i zatvorenih kanala, kao i prirodnih kanala
- Modelovanje posebnih elemenata, kao što su jednačine za čuvanje/tretman razdelnica toka, pumpe, prelive i prigušnice
- Korišćenje spoljašnjih protoka i unetih podataka o kvalitetu vode iz površinskih voda, podzemnog međudotoka, direktnog oticaja, sanitarnog protoka po suvom vremenu i dotoka koji odredi korisnik
- Primena metoda usmeravanja protoka pomoću kinematskog ili dinamičkog talasa
- Modelovanje raznih režima protoka, kao što su povratna vodena masa, preopterećenje, obrnut protok i visina krune prelive

Prilikom dimenzionisanja kanizacione mreže naselja Mali Idoš, Lovćenac i Feketić, ulazni parametri koji određuju tok proračuna moraju biti unešeni.

U ulazne parametre spadaju:

- Broj stanovnika
- Analizirani (projektni) period
- Potrošnja, odnosno količina upotreblje vode naselja, industrije, javnih objekata, infiltracije, strane vode
- Vrsta industrije
- Koeficijent neravnomernosti stanovništva, industrije i javnih objekata
- Tip i prečnik usvojenih cevi
- Dubina polaganja cevi uz uslov poštovanja minimalnih i maksimalnih ograničenja
- Nagib cevi



## 7. HIDRAULIČKI PRORAČUN

Hidraulički proračun rađen je za svako naselje ponaosob.

U zavisnosti od dijagrama časovne neravnomernosti koji su usvojeni za predmetna naselja i predstavljaju neravnomernost potrošnje otpadne vode, pa samim tim i neravnomernost oticanja iz naselja znatno se razlikuje u određenim delovima dana [3].

Hidrauličkom proračunu prethodila je obrada podloga, odnosno priprema ulaznih podataka za simulaciju tečenja u sistemu kolektora.

Usvojena specifična dnevna potrošnja vode po stanovniku na dan  $q_{spec}=130l/st/dan$  [4].

$$Q_{sr,dn} = q_{spec} * N \quad (3)$$

N- ukupan broj stanovnika

$$Q_{max,dn} = Q_{sr,dn} * k_d \quad (4)$$

$K_d$ - koef.dnevne neravnomernosti

Korišćeni softverski paket omogućava proračun neustaljenog tečenja u cevovodima i simulaciju dnevnog protoka (24 sata), izačunate količine srednjeg dnevnog protoka deonica su množene sa koeficijentima časovnih neravnomernosti  $k_h$  [4].

Dijagrami časovne neravnomernosti za naselja Mali Idoš, Lovćenac i Feketić su uneta u hidraulički proračun programskog paketa SWMM.

$$Q_{max,h} = Q_{sr,dn} * k_h \quad (5)$$

Specifična deonična količina otpadnih voda:

$$Q_{spec,deon} = \frac{Q_{max,dn,ukup}}{\Sigma L} \quad (6)$$

$\Sigma L$  – ukupna dužina kanalizacione mreže

Čvorno opterećenje:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \Sigma L_i \quad (7)$$

$\Sigma L_i$ -nizvodna deonica od čvora

Čvorno opterećenje zadato je u svakom čvoru hidrauličkog modela kao bazna potrošnja.

Na Slici 1. imamo prikazan izgled modela kanalizacione mreže naselja Mali Idoš, na osnovu kog se vrši simulacija tečenja u kanalizacionom sistemu.



Slika 1. Izgled modela kanalizacione mreže naselja Mali Idoš

Nakon puštanja simulacije u rad, dobijamo tabelarni prikaz brzina, proticaja i ispunjenosti u svakom času vremena trajanja simulacije.

## 8. CRPNE STANICE

Budući da otpadna voda otiče kanalizacionom mrežom gravitaciono, na pojedinim mestima da ne bi došlo do prevelikog ukopavanja kanalizacionih cevi, rade se crpne stanice.

Crpne stanice zahtevaju permanentne eksploatacione troškove i predstavljaju potencijalnu opasnost za funkcionisanje mreže u slučaju prekida u napajanju pogonskom energijom za hidromašinsku opremu, zbog toga se broj ovih objekata nastoji svesti na minimum [1].

Osnovni delovi crpnih stanica su: crpni bazen, pumpe i potisni cevovod.

Crpni bazen je prostor koji služi za zadržavanje vode koja dolazi iz uzvodnog dela kanalizacionog sistema. Veličina tog prostora zavisi od režima rada pumpi i karakteristika dotoka [1].

Minimalna zapremina crpnog bazena računa se po sledećoj formuli:

$$V_{min} = \frac{(t_s + t_r) * Q_{max,h}}{4} = 0.09 * Q \quad (8)$$

$t_s$ - vreme stajanja pumpe

$t_r$ - vreme rada pumpe

$Q_{max,h}$ - maksimalni časovni dotok otpadne vode

Pumpe su hidrauličke mašine koje daju energiju fluidu, koristeći mehanički rad pogonske mašine. U kanalizaciji se najčešće koriste centrifugalne pumpe koje imaju šire prolaze u radnom kolu i kućištu, što doprinosi sprečavanju začepljenja pumpe sadržajima iz otpadne vode. U ovom radu korišćene su Flygt pumpe, odabrane uz pomoć programa za odabir pumpe, xylect.

Potisni cevovod služi za prebacivanje otpadne vode iz crpne stanice do mesta prepumpavanja.

Na kanalizacionoj mreži naselja Mali Idoš, Lovćenac i Feketić nalazi se šest crpnih stanica, od toga četiri crpne stanice u naselju Mali Idoš, jedna na magistralnom kolektoru u naselju Lovćenac i jedna na magistralnom kolektoru u naselju Feketić.

## 9. PPOV-POSTROJENJE ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Lokacija uređaja za prečišćavanje otpadnih voda planira se na desnoj obali reke Krivaje, ispod Feketića na površini od 2.5 ha.

Otpadne vode naselja prikupljaju se i odvođe separativnim sistemom kanalizacije. U javnu kanalizacionu mrežu može se ispustiti samo prethodno tretirana industrijska voda, čiji kvalitet mora odgovarati kvalitetu otpadnih voda iz domaćinstva, te je kompletna industrija u obavezi da uradi primarno prečišćavanje kako bi se postigao traženi kvalitet.

Prečišćavanje otpadnih voda predviđa primenu mehaničko-biološkog postupka.

Mehaničko prečišćavanje obuhvata filtraciju kroz grubu rešetku, odvajanje peska putem gravitacionog taloženja i simultanu redukciju sadržaja masnoće.

Biološko prečišćavanje se zasniva na postupku sa aktivnim muljem (SBR) sa nitrifikacijom, uklanjanjem fosfora i istovremenom stabilizacijom mulja.

Primena "SBR postupka" ima prednost jer se u jednom rezervoaru mogu obavljati svi postupci biološke obrade, uključujući odvod bistre vode [5].

Sve prikupljene otpadne vode koje dolaze na PPOV se prečišćavaju i ispuštaju preko jednog cevovoda u reku Krivaju.

## 10. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada jeste poboljšanje životnog standarda naselja Mali Idoš, Lovćenac i Feketić, poboljšanje kvaliteta podzemnih voda i životne sredine, a to se u velikoj meri može postići izgradnjom kanalizacione mreže.

Na osnovu raspoloživih podloga i podataka o stanovništvu, projektovana je gravitaciona kanalizacija. Kanalizaciona mreža je formirana tako da se sva sakupljena otpadna voda sa teritorije Mali Idoš, Lovćenac i Feketić odvodi zajedničkim magistralnim kolektorom do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, koji se nalazi u Feketiću.

Za izgradnju kanalizacione mreže fekalnih voda usvojene su cevi od tvrdog polivinil hlorida (PVC) zbog niza prednosti i povoljnih karakteristika materijala. Najmanji usvojeni prečnici cevi su 250 mm na sekundarnoj kanalizacionoj mreži, a najveći prečnici su od 600 mm na magistralnom kolektoru.

Hidraulički proračun i dimenzionisanje kanalizacione mreže urađeni su za merodavnu količinu otpadne vode, a celokupan hidraulički proračun je urađen u softverskom paketu EPA SWMM.

U naselju Mali Idoš, Lovćenac i Feketić postoji šest crpnih stanica, koje potiskuju otpadnu vodu do jednog zajedničkog postrojenja za prečišćavanje otpadne vode. Za prečišćavanje fekalne vode primenjuje se mehaničko-biološki postupak, uz posebnu obradu mulja tzv. SBR postupak.

U radu su dimenzionisani osnovni objekti kanalizacione mreže.

Problemi odvođenja otpadne vode iz opštine Mali Idoš se rešavaju izgradnjom kanalizacionih sistema, koji se projektuju sa ciljem da ispune zadatak za šta su predviđeni, uz što manje troškove izgradnje.

## 11. LITERATURA

[1] Pisana predavanja: doc. dr Matija Stipić, Komunalna hidrotehnika, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2016

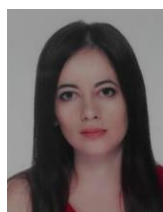
[2] Hajdin Georgije: Mehanika fluida knjiga prva Uvođenje u hidrauliku, Građevinski fakultet, Beograd, 2002

[3] Milojević Miloje, Snabdevanje vodom i kanalisanje naselja, naučna knjiga, Beograd, 1987

[4] German rules and standards- STANDARD ATV-DVWK-A 134E

[5] Dr Dejan Ljubisavljević, Prečišćavanje otpadnih voda, Građevinski fakultet, Beograd, 2004

### Kratka biografija:



**Tijana Lazarević** rođena je u Vlasenici 1991. godine. Diplomirala je na građevinskom odseku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu 2016. godine na smeru Hidrotehnika. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti komunalne hidrotehnike – hidraulička analiza odvođenja upotrebljenih voda odbranila je 2020. godine.



IZGRADNJA SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE NA LOKALITETU MAGLAJANI,  
OPŠTINA LAKTAŠI

CONSTRUCTION OF IRRIGATION SYSTEM AT MAGLAJANI SITE, LAKTASI  
MUNICIPALITY

Bojana Bojanović, Srdjan Kolaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE**

**Kratak sadržaj** – Predmet ovog rada jeste izrada Idejnog projekta sistema navodnjavanja na lokalitetu Maglajani, Opština Laktaši. Ovo podrazumeva definisanje količine vode potrebne za navodnjavanje, odabir najoptimalnijeg sistema zalivanja, definisanje tehničkih elemenata, hidrauličku analizu sistema i cenu predviđenih radova

**Ključne reči:** Hidrotehničke melioracije, sistem tifon sa rampama.

**Abstract** – This thesis present preliminary design of irrigation system at Maglajani site, Laktasi Municipality. This involves defining water needs for system, selection the most optimal irrigation type, defining technical parts, performing hydraulic calculation and estimation of the investment value.

**Key words:** melioration, irrigation system.

**1. UVOD**

Poljoprivredne površine Maglajani obuhvataju ukupno 135 ha zemljišta, od čega 11 ha čini ogledno polje za napredne tehnike površine 11 ha.

Zbog promenljivosti padavina i nedostatka vlage u letnjem periodu proizvodnja biljnih vrsta je znatno ograničena.

Imajući u vidu da na ovom zemljišnom kompleksu postoje adekvatni podzemni resursi, u cilju značajnih rezultata proizvodnje i prinosa uzgajanih kultura, izvršene su određene analize, gde je konstantovano da bi se izgradnjom dubljih bunara sa adekvatnom bunarskom konstrukcijom, mogle obezbediti značajne količine vode za navodnjavanje celog kompleksa [1].

**2. TEHNIČKI OPIS SITEMA**

Na osnovu kompleksnosti situacije na terenu analizirane su varijante metoda navodnjavanja, gde su upoređivane cene investicije, tehničke karakteristike, primena fertigacije i eksploatacija opreme.

Izabrana je kombinacija metoda navodnjavanja tifona sa rampama (zalivanje kišenjem) i „kap po kap” (lokalizovano navodnjavanje).

**3. REŽIM NAVODNJAVANJA**

Režim navodnjavanja neke poljoprivredne kulture predstavlja skup svih karakteristika njenog navodnjavanja u toku celog vegetacionog perioda.

Osnovni klimatski elementi, neophodni za proračun vodnog bilansa su srednje mesečne temperature vazduha i mesečne sume padavina. Za analizu klimatskih parametara za potrebe navodnjavanja korišteni su podaci sa meteorološke stanice Banja Luka i Gradiška za period 1991-2018, što je takođe period koji je korišten za analizu padavina.

Proračun evapotranspiracije je određen prema Thornthwaite metodi, koja se temelji na zavisnosti evapotranspiracije od temperature vazduha.

Prosečna suma ETP u vegetacionom periodu, za posmatrani niz godina iznosi 641.91 mm. Najmanja zabeležena vrednost ETP iznosi 593.55 mm, a najveća 696.66 mm.

**4. NORMA NAVODNJAVANJA**

Norma navodnjavanja je količina vode koja se dovodi sistemom za navodnjavanje na jedan hektar površine zasejane nekom kulturom za ceo period navodnjavanja.

Određuje se iz vodnog bilansa zemljišta. U našim klimatskim uslovima se najčešće obračunava po metodi Thornthwait-a. Obračun vodnog bilansa vrši se za hidrološku godinu koja počinje u oktobru i završava se u septembru, sa osnovnim pretpostavkama da su maksimalne rezerve pristupačne zemljišne vode 100 mm [2].

Od dobijenih podataka formiran je opadajući statistički niz za merodavni mesec koji se računa empirijska verovatnoća prevazilaženja po Weibull-u. Dobijene vrednosti za merodavni mesec nanose se na normalni papir verovatnoće prevazilaženja (povratnog perioda-10 godina), odakle se očitava maksimalni mesečni neto deficit u mesecu avgustu (dobijena neto vrednost od 130 mm).

Da bi se dobio deficit koji je potrebno nadoknaditi uređajem za navodnjavanje, neto zalivni deficit se uvećava za gubitke koji se javljaju pri zalivanju. Gubici su procenjeni na 5 % od neto deficita, te je za bruto deficit dobijena vrednost od 150.15 mm.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof.dr. Srđan Kolaković, red.prof.

## 5. HIDROMODUL SISTEMA NA BAZI VODNOG BILANSA

Pod hidromodulom navodnjavanja podrazumeva se količina vode koju treba dovesti na zemljište u jedinici vremena na jedinicu površine. Proračun hidromodula može se vršiti na dva načina, i to na osnovu bilansa vode u vegetacionom periodu, ili na osnovu vršnih dnevnih potreba u vodi.

Ovim radom hidromodul je definisan na oba načina, s tim da je analiza sistema i dimenzionisanje opreme izvršeno na osnovu vršnih dnevnih potreba.

Hidromodul se određuje na osnovu dnevne količine vode koja treba da se dovede na zemljište u radnom danu, površine sistema i dužine dnevnog radnog vremena. Tako određen hidromodul množi se sa koeficijentom koji u sebi sadrži vreme iznenadnih zastoja, kao i potrebe za zalivanje u špicu. Hidromodul sistema na bazi vodnog bilansa za definisani sistem iznosi 0.78 l/s/ha.

## 6. ZEMLJIŠNI PARAMETRI

Efikasnost primene hidromelioracionih mera u praksi zavisi od odnosa zemljište – voda – biljka, pa je potrebno za svaku sredinu proučiti biljku i zemljište.

Mehaničkim karakteristikama utvrđenim ispitivanjima koja su obavljena na predmetnoj lokaciji, ovaj tip zemljišta na ovim parcelama ukazuje na zahtev češćeg navodnjavanja uz manji intezitet kišenja.

## 7. IZVORIŠTE I KVALITET VODE ZA NAVODNJAVANJE

Izvorište vode za navodnjavanje: koriste se podzemne vode zahvatane na bunarima koji su raspoređeni po polju zavisno, i u skladu sa potrebama sistema.

Voda je dobrog kvaliteta, sa malim kapacitetom zaslanjavanja, i potrebom da se kod sistema kap po kap obrati pažnja na nešto viši pH i mogućnost zapušavanja kapaljki [1].

Konceptcija sistema je takva da se voda crpi iz šest bunara raspoređenih po parcelama, sa izdašnošću od 20 l/s. Postavljanjem zatvarača i odgovarajućih armatura sistem je podeljen na šest podsistema, tako da svaki sistem može raditi nezavisno, a može dodavati pritisak i protok u ostale delove sistema.

## 8. PRORAČUN SISTEMA KAP PO KAP

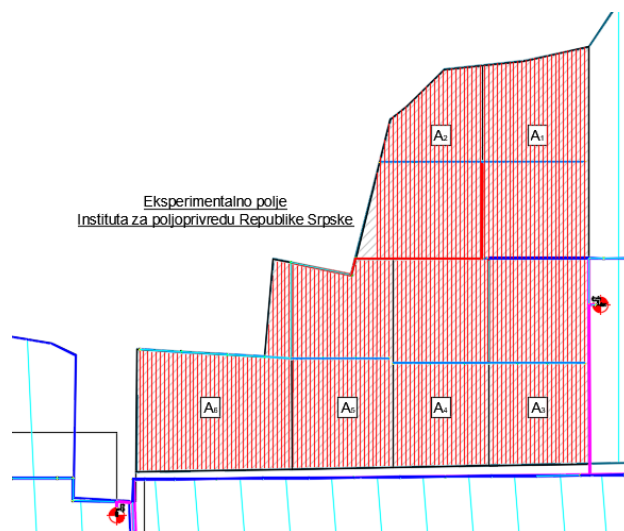
Proračun sistema kap po kap izvršen je na osnovu maksimalne dnevne evapotranspiracije, koja je na ovom delu sistema usvojena 3.5 mm/dan. Određena je vrednost redukovane ETP u odnosu na stepen pokrivenosti površine sa zasadom, na osnovu čega je određena neto norma zalivanja NZN.

Uzimajući u obzir gubitke koji se javljaju u sistemu, a koji su procenjeni na 5 % određena je bruto norma zalivanja BZN (6.3mm), na osnovu čega je izvršeno dimenzionisanje sistema.

Usvojen je razmak kapaljki 0.5 metara, sa proticajem 2 l/h, optimalnim radnim pritiskom 1-3 bara [4].

Turnus zalivanja je usvojen dva dana, sa radnim vremenom sistema u jednom danu 21 čas, od čega zalivanje jedne površine traje 7 časova.

Na osnovu navedenog parcela je podeljena na šest zalivnih polja, od čega u jednom danu se zalivaju tri polja, a drugog dana vrši se zalivanja preostala tri polja.



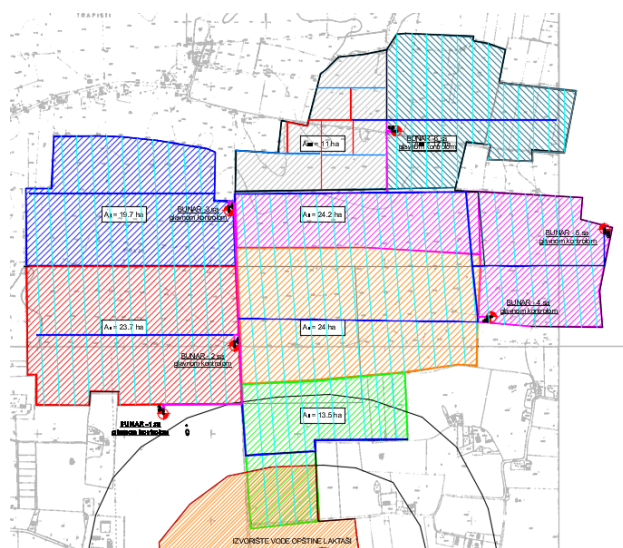
Slika 1: Raspored površina sistema "kap po kap"

Hidraulički proračun sastoji se od proračuna dozvoljene varijacije pritiska, proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u lateralu, proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u razvodnim cevima, te provera pada pritiska u podsistemu.

## 9. PRORAČUN SISTEMA TIFON SA RAMPAMA

Na osnovu norme zalivanja (20mm) i maksimalne dnevne evapotranspiracije (5mm/dan), određen je turnus zalivanja, koji je usvojen 4 dana. Uzimajući u obzir gubitke koji se javljaju u sistemu, određena je bruto norma zalivanja od 5.88 mm/dan.

Deo sistema na kome se vrši navodnjavanje tifonom sa rampama podeljeno je na šest površina, za koje je urađena analiza elemenata navodnjavanja. Na osnovu veličine površina, radnog vremena sistema, određena je količina vode za navodnjavanje predmetnih površina [3].



Slika 2: Raspored površina sistema tifon sa rampama



Na osnovu dobijenih podataka izabran je tifon sledećih karakteristika: spoljni prečnik creva Ø110, dužina creva 200 m, prečnik mlaznice Ø 30mm, radni pritisak prskača 6.7 bara, protok rasprskivača 18.8 l/s, domet mlaza 50 m.

Trajanje zalivanja jedne trake određeno je za svaku površinu u zavisnosti od širine parcele i od brzine kretanja pri zalivanju.

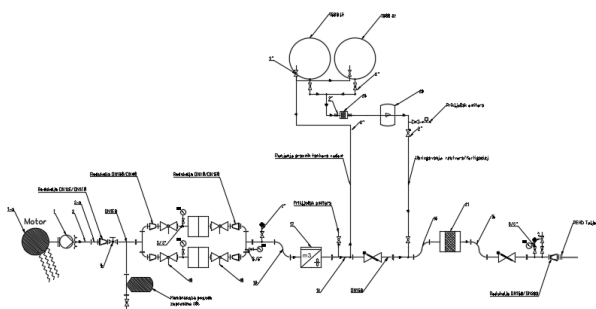
Prema vremenu koje je potrebno da se izvrši zalivanje pojedinačnih traka, i veličine posebnih površina, izvršena je analiza potrebnog broja tifona da bi se celokupna površina zalila u definisanom turnusu. Analizom je utvrđeno da je za zalivanje površina dovoljan jedan tifon.

Hidraulički proračun se sprovodi za svaki deo sistema ponaosob, gde je proračun ukupnih gubitaka podeljen na tri dela, i to: gubici koji se javljaju u zalivnom crevu, gubici u dovodnom cevovodu i na mestu bunarske pumpe.

Prema tehničkom listu izabranog tifona potreban pritisak mašine iznosi 6.7 bara, dok potreban pritisak topa iznosi 4.0 bara [5]. Navedeni podaci uzeti su kao merodavni za dalji proračun gubitaka.

Uzimajući u obzir položaj pumpnog agregata u cevnoj koloni, kao i lokalne gubitke na bunarskoj glavi izvršen je proračun radnih karakteristika pumpnog agregata.

Na osnovu dobijenih rezultata, izvršen je odabir pumpe, i kao najpovoljnije rešenje izabrana je pumpa karakteristika poput pumpe Grundfos SP-77-9– 16A01900. Predviđena je frenkventna regulacija pumpnog agregata.

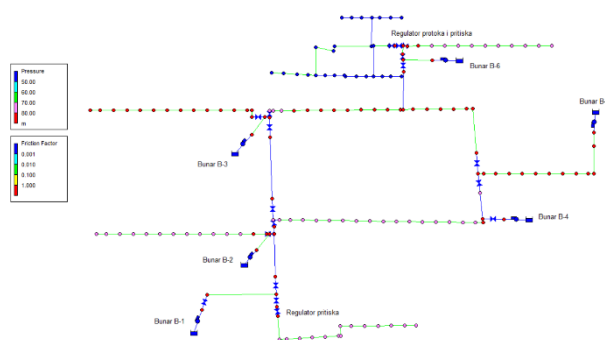


Slika 3: Šematski prikaz postavljanja pumpnog postrojenja i potrebnih fazonskih elemenata

## 10. HIDRAULIČKA ANALIZA SISTEMA

Hidraulička analiza sistema urađena je u softverskom paketu Epanet 2.0. Hidraulički model zasniva se na potrebama za navodnjavanje sa maksimalnim količinama od 20 l/s. Na dva mesta u sistemu ugrađeni su regulatori pritiska i regulatori protoka, i to kod račvanja niza 1 i kod dela sistema gde se vrši navodnjavanje tehnikom kap po kap. Prilikom pokretanja simulacije, razmatrane su tri varijante:

- Varijanta 1: svih šest bunara radi istovremeno,
- Varijanta 2: pet bunara radi istovremeno, i to na sledeći način- bunar 1 je zatvoren, bunar 2 i bunar 3 snabdevaju pored površina  $A_2$  i  $A_3$  i površinu  $A_1$ , ostali bunari snabdevaju pripadajuće površine po proračunu.
- Varijanta 3: Urađena je analiza sistema sa potrebama za vodom koje su manje od maksimalnih potreba, sa ciljem da se provere pritisci koji se javljaju u sistemu, odnosno da li prelaze dozvoljene granice.



Slika 4: Prikaz pritiska i brzina u sistemu – varijanta 1

Analizom sistema dobijeni su merodavni protoci, brzine i pritisci koji se javljaju u sistemu za navedene varijante.

## 11. TEHNIČKI OPIS SISTEMA

Zbog specifičnosti proizvodnje sistem je organizovan na dva nivoa kao celovit sistem, koji se sastoji od šest pod-sistema. Svaki podsistem može raditi nezavisno, a može i dodavati pritisak i protok na druge delove sistema. Vodosnabdevanje se zasniva na zahvatanju podzemne vode, izgradnjom šest bunara B-1 do B-2, izdašnosti 20 l/s. Odvajanje podsistema vrši se u šahtovima. Svaki šaht obezbeđen je poklopcem i pored armature koja se nalazi u šahtu, postavljena je zaštitna hidraulička oprema – vazdušni i antivakuum ventil, a na mestima krajeva cevovoda i sa brzoreagujućim zaštitnim hidrauličkim ventilima 2”.

Cevovodi od kojih su predviđene glavne trase su od PEHD materijala PE-100 PN 10, prečnika DN 200, DN 160 i DN 110.

Sistem fertigacije je koncipiran kao centralni sistem koji je predviđeno da se nalazi kod svakog bunara na glavnim kontrolama uz mogućnost lokalnog priključka na svakom hidrantu. Konceptija rada opreme za prihranu je predviđena na način da se u dva tanka (zapremine po 7500 lit) vrši ubazivanje rastvora kiseline (azotne i fosforne) za potrebe pothrane, korigovanje pH vode i hemijskog tretmana za redovno održavanje sistema.

Glavna kontrola je mesto gde se vrši filtriranje vode, regulacija pritiska, praćenje protoka i ubrzavanje đubriva. Smeštena je neposredno uz eksploatacioni bunar, i projektovana je dimenzija 10\*4 m sa krovom i zaštitnom ogradom oko objekta.

## 12. LITERATURA

- [1] Glavni projekat izgradnje sistema za navodnjavanje na lokalitetu Maglajani, Opština Laktaši – Institut za građevinarstvo „IG” Banja Luka.
- [2] Prof. Dr. Srđan Kolaković: „Sistemi za navodnjavanje”, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [3] Dr. Atila Beždan: „Praktikum- Sistemi za navodnjavanje, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [4] Skala Green Web Katalog-KAPALJKE, 2020.
- [5] Agrostandard Katalog - TIFONI, 2020.

### Kratka biografija:



**Bojana Bojanović** rođena je u Derventi 1990. godine. Diplomirala je na građevinskom odseku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu 2015. godine, na smeru hidrotehnika. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Hidrotehničke melioracije odbranila je 2020. godine.

ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА РАЗВОЈА ВОДОСНАБДЕВАЊА НАСЕЉА ОЦАЦИ  
HYDRAULIC ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF THE WATER SYSTEM OF  
SETTLEMENT ODZACI

Jelena Vukić, Matija Stipić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ГРАЂЕВИНАРСТВО

**Kratak sadržaj** – У овом раду урађена је детаљна анализа постојећег стања водоводне мреже у насељу Оцаци, на основу уочених проблема и недостатака у мрежи, урађен је пројекат реконструкције. Хидрауличка анализа је урађена у складу са немачким техничким нормама DVGW W410. Помоћу софтверског пакета ЕПАНЕТ, урађене су две симулације, једна која обухвата постојеће стање и друга за новопостојеће стање.

**Кључне речи:** Хидрауличка анализа, дистрибутивна мрежа, водоснабдевање, ЕПАНЕТ

**Abstract** – This paper describes the assessment of state of water supply system of settlement Odzaci. First it was observed deficiencies and problems in the water supply network and also it was given the adequate evaluation and description of the current state of the system. In the end the reconstruction project was developed. Simulations of the current stage and reconstruction were carried out in the software package EPANET 2.0. and the results are displayed graphically and in tabular form. Hydraulic analysis was conducted according to German technical standards DVGW W 410. At the end are given two variants of the state of reconstruction: mode without fire consumption and mode with fire consumption on the network.

**Keywords:** Hydraulic analysis, water supply, distribution network, EPANET

1. УВОД

Насеље Оцаци се тренутно снабдева водом из три бушена бунара, из којих се црпи вода лошег квалитета. Дистрибуциона цевна мрежа је релативно густа и углавном задовољава потребе, међутим, квалитет ценовода је лош, јер је при самој изградњи коришћен некавалитетан материјал, те је више од половине ценовода изграђено од азбест цементних цеви. Други проблем представља што је велики део ценовода већих профила грађен од челика, најчешће само са класичном антикорозивном заштитом врло ограниченог трајања [1].

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Матија Стипић.

2. ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ ВОДОСНАБДЕВАЊА

Покривеност насеља водоводном мрежом је задовољавајућа. Водоводна мрежа снабдева 2415 домаћинстава и 125 пословних субјеката. Водозахват у насељу Оцаци налази се у југозападном делу насеља и делимично је урастао у насеље. Такав положај намеће као проблем могућност загађења простора водоснабдевања од отпадних вода суседних насељских блокова. У оквиру водозахвата активна су три дубоко бушена бунара: и то:

- Бунар "8" који се водом снабдева са дубине од 84 м и даје 17 L/s
- Бунар "9" који се водом снабдева са дубине од 84 м и даје 15 L/s
- Бунар "10" који се водом снабдева са дубине од 85 м и даје 18 L/s

Према последњим извештајима у којима је анализирана сирова вода са бунара 8, 9 и 10 као и сабирна вода, у свим узорцима уочена је повећана концентрација садржаја амонијака, гвожђа и фосфата.

Из табеле 1. можемо уочити да је вода мутна, а да је присутна количина гвожђа скоро тринаест пута већа од вредности прописаних МКД скалом.

Имя параметра	Резултат	МКД	Јединица мере	Означење и налик методе
Метис	Без			MH0032 - Одредбање мутности у води *
Боја	Жута			MH0031 - Одредбање боје у води *
Мутноћа	37,6	1,00	NTU	MH0001 - Одредбање мутноће у води
pH	7,1	6,8 - 8,5		MH0002 - Одредбање pH вредности у води
Укупни остатак после испарења на 105 °C	864		mg/l	MH0003 - Одредбање укупног остатка после испарења на 105°C у води
Нитрит	<0,005	0,030	mg/l	MH0004 - Одредбање садржаја нитрита у води
Нитрат	3,7	50,0	mg/l	MH0005 - Одредбање садржаја нитрата у води
Амонијак	1,66	0,5	mg/l	MH0006 - Одредбање садржаја амонијака у води
Нитрид	90	250	mg/l	MH0007 - Одредбање садржаја нитрида у води
Укупно гвожђе	3,8	0,30	mg/l	MH0008 - Одредбање садржаја гвожђа у води
Проводљивост МНСМ	11,5	12,0	mg/l	MH0009 - Одредбање водне проводљивости у води
Електрична проводљивост	1310	2500	µS/cm	MH0010 - Одредбање електричне проводљивости у води
Манган	0,15	0,05	mg/l	MH0044 - Одредбање садржаја мангана *
Флуорид	0,3	1,2	mg/l	MH0055 *
Са	133		mg/l	*
Мg	80		mg/l	*
Укупна тврдота	37,1		°dH	MH0024 - Одредбање тврдоте воде за пие *
p-Алкалитет	0		mmol/l	*
m-Алкалитет	13,9		mmol/l	*
Фосфат	0,29		mg/l	MH0011 - Одредбање садржаја фосфата у води за пие *
Процент засићености калцијумом	12		%	*
Олова	<0,01		mg/l	MH0014 - Одредбање садржаја олова у води *
Кадмијум	<0,003	0,003	mg/l	MH0016 - Одредбање садржаја кадмијума у води *
Бар	0,01	2	mg/l	MH0018 - Вода за пие - стандардне методе за испитивање хигијенске испитивости воде за пие
Нитроген	<0,01		mg/l	MH0019 - Одредбање садржаја нитрогена у води *
Никал	<0,01	0,02	mg/l	MH0020 - Одредбање садржаја никла у води *
Жива	<0,001		mg/l	MH0023 - Одредбање садржаја живе у води *
Натријум	140	200	mg/l	MH0021 - Одредбање натријума у води
Калијум	6,9	12,0	mg/l	MH0022 - Одредбање калијума у води
Арсен	0,007	0,010	mg/l	MH0013 - SRPS ISO 11969:2002
Детерџенти	<0,1		mg/l	MH0053 - Одредбање садржаја детерџената у води
Сулфат	48	250	mg/l	MH0012 - Одредбање сулфата у води *
Фенил	<0,001		mg/l	MH0054 - Одредбање садржаја фенила у води
Угљен-диоксид	<0,5		mg/l	*
Укупна PCB	<0,0005	0,0005	mg/l	EPA 608 *
Укупна пестициди	<0,2	0,5	mg/l	EPA 508 *
Укупна ПАИ	<0,0002	0,0002	mg/l	EPA 610 *

Табела 1. Резултати хемијске анализе - Бунар број 9.

Дозвољене вредности амонијака су 0,5 mg/l, а у нашем узорку ова вредност износи 1,66 mg/L. Количина мангана износи 0,15 mg/L, што је уједно три пута веће од дозвољених вредности.

Из приложеног можемо закључити да вода не одговара прописима Правилника о хигијенској исправности воде за пиће [4].

За извршену микробиолошку анализу, табела бр. 2, видимо да су вредности у нашем узорку у складу са прописаним вредностима, тј да је узорак воде за пиће микробиолошки исправан.

Табела 2. Резултати микробиолошке анализе - Бунар број 9.

Назив параметра	Резултат	Гранична вредност	Ознака и назив методе
Укупан број аеробних мезофилних бактерија у 1 мл воде (37°C, 48h)	0	100	MP0062 - S222 1990 1.1
Укупан број аеробних мезофилних бактерија у 1 мл воде (20°C, 72h)	2		MP0062 - S222 1990 1.1
Укупан број коагулационих бактерија у 100 мл воде	0	10	MP0060 - S222 1990 2.1 MPN
Укупан број фекалних коагулационих бактерија у 100 мл воде	0	0	MP0061 - S222 1990 2.2 MPN
Присутво фекалних стрептокока у 100 мл воде	ODSUJSTVO	ODSUJSTVO	MP0063 - S222 1990 3.1.1 MPN
Присутво Proteus врста у 100 мл воде	ODSUJSTVO	ODSUJSTVO	MP0064 - S222 1990 4.1 MPN
Присутво Pseudomonas aeruginosa у 100 мл воде	ODSUJSTVO	ODSUJSTVO	MP0066 - S222 1990 6.1 MPN
Укупан број сулфитредукујућих клостридија у 100 мл воде	0	1	MP0065 - S222 1990 5.1 MPN

У насељу постоји изграђена мрежа колектора атмосферске канализације. Планом генералне регулације насеља предвиђена је доградња и реконструкција система, у виду зацељена дела постојећих јаркова ради рационалније употребе простора. Одвођење вишка атмосферилеја ка мелиоративним каналима као крајњим реципијентима мора бити императив у смислу одржавања постојећих и доградње нових колектора [2].

Насељено место Озаци је увелико приступило изградњи колектора фекалне канализације. Овако захваћена употребљена, комунална отпадна вода се на жалост само уз делимичну примарну прераду, пласира у локални мелиоративни канал (бивши канал 45) преко којег се ове воде пласирају (након око 2,5km) у Канал Дунав – Тиса - Дунав. Са оваквом праксом се мора одмах престати, посебно имајући у виду заштиту подземних вода као основног ресурса водоснабдевања читавог подручја [2].

### 3. АНАЛИЗА ПОТРОШЊЕ ВОДЕ И КОЕФИЦИЈЕНТИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ

Први корак који је потребно учинити јесте да се одреди специфична потрошња, тј потрошња по једном становнику. Према последњем попису становништва у насељу Озаци живи 9021 становника. Према подацима Републичког завода за статистику, негативан тренд депопулације становника наставиће се и у наредном периоду, а до краја 2051 године предвиђа се да ће у насељу живети 7680 становника.

Услед недостатка података о реалним потребама становништва овог насеља за водом, да бисмо утврдили очекивану потрошњу у овом раду коришћене су техничке норме DVGW W 410, које дају детаљну препоруку за процену потрошње у јавним установама, угоститељским објектима и пољопривредним газдинствима. На основу Норми потрошње за различите категорије потрошача одређујемо потрошњу сваке категорије потрошача [3].

Током хидрауличке анализе за 2019. и 2051. годину усвајамо да ће потрошња јавних установа и пољопривредних газдинства остати иста. Међутим код анализе потрошње индустријске и радне зоне морамо узети у обзир да је по плану генералне регулације предвиђено повећање радне зона на 320,51 хектара, па

се процењује да ће на крају планског периода 2051. године у индустрији бити чак 4000 запослених радника. Док је тренутно у фабрикама у насељу запослено 1569 радника. Ово повећање морамо обухватити приликом прорачуна.

Услед недостатка релативних параметара приликом израде овог рада, биће усвојен губитак воде из водоводне мреже који износи 15% од Qsr.dn.

Приликом димензионисања водоводне мреже у обзир се мора узети и противпожарни проток. Он представља количину воде у јединици времена потребну за гашење једног пожара у трајању од најмање 2 сата. На основу броја становника у насељу усвајамо да меродавни противпожарни проток износи 15 L/s. Ова количина воде биће распоређена у 3 чвора, који су на међусобном растојању од минимум 300м [4].

Срачуната специфична потрошња воде по становнику на дан која обухвата све наведено категорије потрошача, губитке и пожарни протока износи:

$q_{spec} = 192 \text{ L/st.dan}$  за 2019. годину и

$q_{spec} = 215 \text{ L/st.dan}$  за 2051. годину

#### 3.1 Коефицијенти неравномерности

Коефицијенти дневне и часовне неравномерности одређени су на основу препорука датих у немачким техничким нормама DVGW W 410. Ови коефицијенти су дати у функцији броја становника у насељу, а како се број становника у анализираним варијантама у овом раду мења, сходно томе за различите варијате усвајамо и различите коефицијенте. Ови коефицијенти се могу проценити и уз помоћ емпиријских образаца у функцији броја становника „Е“ конкретног насеља [3].

$f_h = 18,1 \times E - 0,1682$

$f_d = 3,9 \times E - 0,0752$

Прекко наведеног обрасца добијамо да је  $f_h = 1,97$  и

$f_d = 3,92$  за анализу тренутног стања, тј  $f_h = 2,0$

$f_d = 4,03$  за варијанту новопројектног стања.

Након одређених коефицијената неравномерности, рачунамо средње дневне, максималне дневне и максималне часовне потрошње становништва, према следећим обрасцима:

$Q_{srdn} = N \cdot q$

$Q_{maxdn} = f_d \cdot Q_{sr.dn} = f_d \cdot (Q_{god} / 365)$

$Q_{maxh} = f_h \cdot Q_{sr.dn} = f_h \cdot (Q_{god} / 365 \cdot 24)$

где је :

N- број становника; q- специфична потрошња;

$Q_{max,dn}$  -максимална дневна потрошња

$Q_{max,h}$  -максимална часовна потрошња

$Q_{sr.dn}$  -средња дневна потрошња

Резервоари представљају основни део водоводне мреже, његове функције су регулисање неравномерности потрошње, залихе за случај пожара, залихе за случај хаварија на мрежи као и обезбеђење потребних притисака [3]. На основу одређене максималне дневне потрошње врши се димензионисање резервоара. У обе варијанте анализе усвајаће се подземни резервоар са две одвојене коморе. Резервоари са две коморе се најчешће примењују да би једна била у функцији ако се друга комора чисти или евентуално санира.

У првој варијанти за 2019. годину укупна запремина резервоара биће 974 m<sup>3</sup> при чему је запремина једне коморе 487 m<sup>3</sup>. Површина дна једне коморе резервоара је 122m<sup>2</sup>.

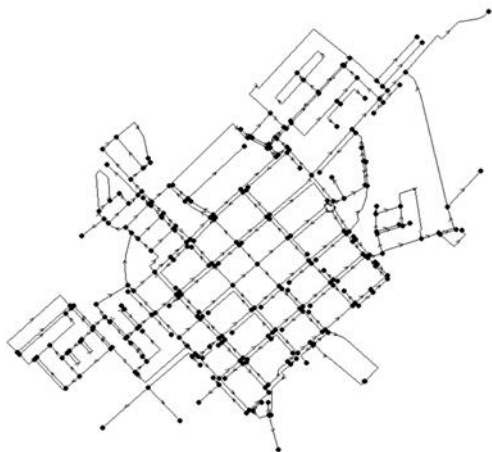
У другој варијанти за 2051. годину укупна запремина резервоара биће 864 m<sup>3</sup> при чему је запремина једне коморе 432 m<sup>3</sup>. Површина дна једне коморе резервоара је 108m<sup>2</sup>.

#### 4. ПЛАНИРАНО СТАЊЕ ВОДОСНАБДЕВАЊА

У овом раду биће урађене две анализе, за које је потребно направити и два симулациона модела. Симулациони модел дистрибутивне мреже је представљен као скуп веза спојених чворовима. Користила се упрошћена прорачунска шема по којој се вода равномерно троши по дужини цевовода, што условљава претпоставку о равномерном распореду потрошача дуж дистрибутивне мреже. Први модел представља тренутно стање водоводне мреже тј, стање за 2019. годину, а други представља стање на крају пројектног периода. У обе варијанте усвојен је исти водозахват, у оквиру ког су активна 3 дубоко бушена бунара. Капацитети бунара и њихов број пројектовани су да задовоље максималне дневне потребе становништва. Вода из бунара се потисним пумпама потискује у резервоар који је димензионисан на основу разлике часовне потрошње и дотока у току дана.

##### 4.1. Почетни симулациони модел

Постојећу дистрибутивну мрежу чини 294 чвора, а потрошња унутар мреже је сконцентрисана у овим чворовима. Дистрибутивна мрежа је мешовитог типа у којој преовлађује прстенасти тип мреже, али је и присутно чак 87 гранатих делова мреже.



Слика 1. Ситуација водоводне мреже насеља Оџаци-2019. Година

Код гранатих мрежа токови су једнозначно дефинисани, тј. до сваког чвора вода може да дође само једним путем. Прекидом протока у једној деоници услед хаварије или ремонта прекида се довод воде у свим низводним деоницама, што је од посебног значаја са становишта непрекидног снабдевања водом, [3]. Укупна дужина дистрибутивне мреже износи: 40.300,54 m.

Индустријске и радне зоне прикључене су у чворовима 119, 118, 127 и 128. Приликом димензионисања мреже потребно је урачунати и додатни противпожарни проток, овај проток од 5 литара биће додат у чворове 78, 92 и 125 Пожар је симулиран у трајању од 9 до 11 часова

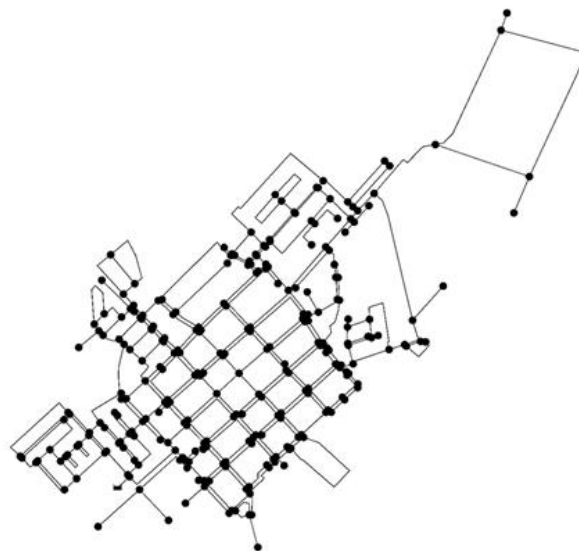
##### 4.2. Планирани симулациони модел

Приликом пројектовања ове мреже за новопроектвано стање, тежило се да мрежа буде што више прстенаста. У деловима мреже где због положаја потрошача није било изводљиво изградити прстенасту мрежу, остали су слепи огранци, којих у мрежи има 55.

У новом пројектованом стању присутно је 267 чворова, а укупна дужина дистрибутивне мреже износи 44182.4 m (Слика 1, Слика 2.).

Приликом израде идејног решења за 2051. годину, узели смо у обзир да ће према Просторном плану насеља Оџаци доћи до проширења индустријске и радне зоне као и претварања пољопривредног земљишта у земљиште радних зона

Индустријске и радне зоне прикључене су у чворовима 118, 127, 128, 295, 296, 297, 298 и 299.

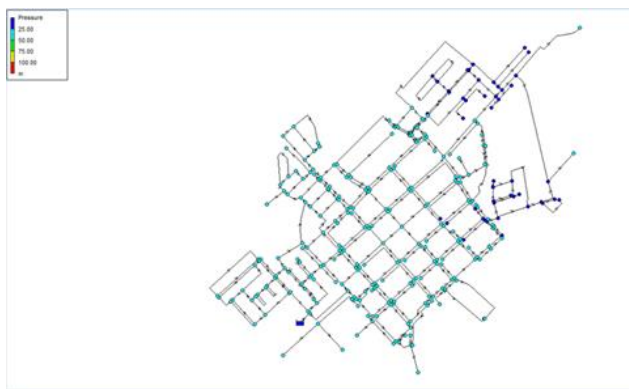


Слика 2. Ситуација водоводне мреже насеља Оџаци-2051. година.

Додатни противпожарни проток од 5 L/s је додат у чворове са најнеповољнијим положајем, тј чворове 78, 125 и 296, [3]. Пожар је симулиран у трајању од 9 до 11 часова.

Анализом тренутног стања утврђено је да се на појединим деоницама јављају притисци већи од прописаних. На слици 3 приказани су притисци у свим чворовима. Видимо да у северозападном делу насеља у моменту максималног часовног оптерећења владају притисци нижи од прописаних вредности. У појединим чворовима у моменту када се пожар јавља притисак пада на 1,2 бар (Слика 3.).

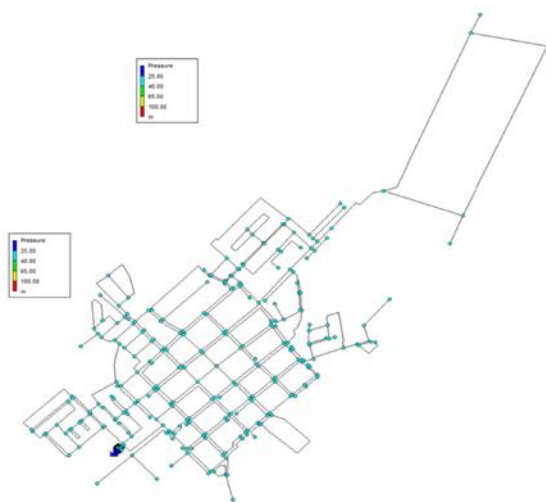




Слика 3. Приказ притиска у свим чворовима у моменту максималне часовне потрошње за 2019. годину

Брзине у мрежи се крећу од 0,47 m/s у часовима минималног протока, па до 2,52 m/s у часу највише потрошње. Овако велике брзине треба избегавати јер изазивају вибрације и буку у водоводној мрежи.

У предложеном идејном решењу за насеље Оџаци, основни критеријум хидрауличког прорачуна је био да притисци у мрежи не падну испод 2,5 бар, што је овим новопројектованим стањем и задовољено.



Слика 4. Приказ притиска у свим чворовима у моменту максималне часовне потрошње за 2051. годину

Као реконструкциони материјал коришћене су PVC цеви, због њихових многобројних предности. Минимални усвојени пречник у мрежи је  $\varnothing$  110 mm, чиме су задовољени услови Правилника о хидрантској мрежи. Брзина воде у цевоводу се креће од 0,2 до 1,5 m/s. Препорука је да брзина воде у цевима не би требала да буде мања од 0,4 m/s и из тог разлога се препоручује да се у деоницама са мањом брзином од 0,4 m/s чешће врши испирање помоћу хидраната (Слика 4.).

Одабир пумпи у пумпној станици извршен је на бази програмског пакета ЕПАНЕТ у ком је добијено да је за максималну часовну потрошњу неопходно 77,50 L/s.

Одабране су четири пумпе капацитета по 19,5 l/s које у радној тачки подижу енергију воде на 34 mvs, и једна резервна пумпа у случају хаварија неке од четири пумпе. Према улазним подацима, протоком у часу највеће потрошње и напора, одабрана је пумпа Atmos GIGA-N 32/160.1-3/, која најбоље задовољава задате услове.

## 5. ЗАКЉУЧАК

На основу анализе постојећег стања у мрежи дат је предлог идејног решења, који је дат за стање без појаве пожарне потрошње као и са пожарном потрошњом. Према Просторном плану насеља Оџаци доћи ће до проширења индустријске и радне зоне као и претварања пољопривредног земљишта у земљиште радних зона. Овим повећањем радних зона, као великих потрошача воде у технолошким процесима, доћи ће до битног повећања потрошње воде која се мора обухватити анализом. У предложеном идејном решењу за насеље Оџаци добијени резултати су задовољили критеријуме водоснабдевања како по притисцима тако и по протицајима и брзинама воде у цевоводу и битно побољшали постојећи начин водоснабдевања.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Завод за урбанизам Војводине, Студија о стању животне средине у АП Војводини за период 1998-2008. Нови Сад, 2013.
- [2] ЈП "ЗАВОД ЗА УРБАНИЗАМ КУЛА-ОЏАЦИ", ПЛАН ГЕНЕРАЛНЕ РЕГУЛАЦИЈЕ НАСЕЉА ОЏАЦИ ("Сл. гласник РС", број 72/09, 81/09)
- [3] Стипић М. (2019), Скрипта из предмета Комунална хидротехника за студенте IV године одсека за хидротехнику (Део 1), Факултет техничких наука, Нови Сад
- [4] Правилник о хигијенској исправности воде за пиће (" Сл. лист СРЈ", број 42/98 и 44/99 и "Сл. гласник РС", број 28/2019)
- [5] Правилник о техничким нормативима за инсталације хидрантске мреже за гашење пожара (" Сл. гласник РС", број 3/2018)

## Кратка биографија



**Јелена Вукић** је рођена у Винковцима 1990. године. Звање дипломираног инжењера грађевинарства је стекла 2015. године. Мастер рад на истом факултету, из предмета Комунална хидротехника одбранила је 2020. године.

**Матија Стипић** рођен је у Сомбору 1964. године. Докторирао је на Факултету техничких наука 2009. године, а од 2011. године има звање доцента. Област интересовања су му хидраулика и комунална хидротехника.

**PRIMENA IoT U GRAĐEVINARSTVU****THE INTERNET OF THINGS IN CONSTRUCTION**Dorđe Polić, Vladimir Mučenski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisana primena IoT u građevinarstvu, gde je predstavljeno kako IoT tehnologija menja građevinsku industriju. Primenom BIM, VR,AR i RFID tehnologije je objašnjeno kako ove tehnologije utiču na proces izgradnje objekata.

**Ključne reči:** *Primena IoT, BIM, VR/AR, RFID.*

**Abstract** – *The paper describes the IoT in the construction industry, where it presents how IoT technology changes the construction industry. Using BIM, VR,AR and RFID technology it was explained how these technologies affect the building process of the facility.*

**Keywords:** *Use of IoT, BIM, VR/AR, RFID.*

**1. UVOD**

Primena Interneta stvari ili Internet of Things (IoT), može se lakše opisati onim što ne obuhvata, nego onim što obuhvata. Raspon primene je ogroman. Smtara se da će upotreba „interneta stvari“ poboljšati energetska efikasnost, kontrolu i nadzor privatne imovine kroz različite aplikacije. Oprema koja se danas koristi postaje sve više digitalizovana i više povezana uspostavljajući veze između mašine, ljudi i interneta. Sa ovim vidom povezivanja dobijamo veću produktivnost, bolju energetska efikasnost i veću profitabilnost.

Osnovni cilj rada jeste primena *interneta stvari* u građevinarstvu, odnosno kako primenom *IoT* može da se poboljša izgradnja objekta, sigurnost svih zaposlenih i da se objekat uradi u predviđenom roku. *IoT* tehnologija i aplikacije su pronašle svoj put u građevinskoj industriji i menjaju tradicionalne metode građevinske industrije. Korišćenjem *IoT* građevinskoj industriji je omogućeno da poveća svoju produktivnost, sigurnost i istovremeno poboljša postojeće alate kao i da se razume situacija u svakoj fazi izgradnje u realnom vremenu, počevši od planiranja strukture do načina na koji će objekat izgledati. Da bismo razumeli kako internet stvari funkcioniše u građevinskoj industriji možemo primeniti nekoliko praktičnih metoda na koje ova tehnologija ulazi u građevinsku zonu:

- BIM tehnologija,
- virtuelna i proširena stvarnost,
- radiofrekvencijska identifikacija.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Mučenski, red. prof.

**2. MODELIRANJE GRAĐEVINSKIH INFORMACIJA**

Modeliranje informacija o zgradama (BIM) je jedna od karakteristika IoT-a koja postaje sve integrisanija u procesu izgradnje. BIM je proces generisanja i upravljanja podacima objekta tokom njegovog projektovanja, izgradnje i životnog ciklusa. Obično se u procesu upotrebljava softver za trodimenzijalno modeliranje objekta radi povećanja produktivnosti tima inženjera i izvođača radova tokom projektovanja i izgradnje. Stvara se baza podataka o građevinskim informacijama koje obuhvataju geometriju objekta, unutrašnjost objekta, geografske informacije, količine i svojstva građevinskih elemenata. Uspešno korišćenje BIM procesa zahteva pažljivo planiranje, detaljnije specifikacije BIM-a i definisani skup postupaka metodologija za primenu ovog procesa.

BIM standardi treba da se koriste za definisanje obima posla, odgovornosti učesnika u projektu i rezultata za opštu korist projekta. Standardi BIM-a su podeljeni u međusobno povezane oblasti:

- Program izvršenja projekta BIM PXP
- Metodologija obrade
- Nivo razvoja

**2.1. Program izvršenja projekta BIM PXP**

BIM PXP se kreira na početku projekta i ažurira se tokom celog projekta kada budu imenovani članovi projektnog tima, izvođači i podizvođači. BIM PXP obuhvata dogovorene BIM rezultate i procese tokom projekta. Pored ovoga mora da sadrži sve faze projekta početnu, izvodljivost, planiranja idejni projekat i detaljan izgled objekta. BIM standardi navode minimalne podatke koje treba usvojiti vodeći konsultant i izvođač radova u procesu isporuke projekta.

Projektom BIM zahtevima treba da se pruže sledeće informacije vodećim konsultantima i izvođačima radova:

- Strateške ciljeve za implemetaciju BIM-a.
- Nivo razvoja (LOD) i lista rezultata BIM-a koja se očekuje za svaku definisanu fazu projekta, koja se sastoji od skupa modela građevinskih informacija. Modeli su sastavljeni od elemenata objekta ili elemenata koji su digitalni prikaz fizičkih i funkcionalnih karakteristika objekta. Svaki element može se sastojati od geometrijskih podataka koji se mogu povećavati kako projekat napreduje.
- Linija odgovornosti kojom se određuje odgovornost za kreiranje modela održavanje i saradnju u fazama projekta.
- Postupak kordinacije.
- Proces saradnje i razmena modela.
- Definicija sistema i koordinata.

- Raspored informacija i podataka koji se uvrštavaju u BIM bazu podataka.
- Raspored svih softverskih formata, uključujući brojne verzije koje se koriste za isporuku projekta.

## 2.2. Metodologija obrade

BIM standardi su koncipirani tako klijentima mogu da omoguće upravljanje i procenu BIM rezultata. Ovaj deo BIM standarda pruža informacije o tome kako da omogućiti razvoj i izgradnju modela koji će omogućiti efikasniju upotrebu, odnosno ponovnu upotrebu BIM podataka i modela sa modeliranjem podataka u okviru jedne faze projekta. Ovaj deo BIM standarda obuhvata sledeće informacije:

- Kako svaki BIM model treba kreirati, razvijati i deliti sa drugim učesnicima u projektu gde se za cilj ima što efikasnije korišćenje i ponovna upotreba BIM podataka
- Podela i struktura modela
- Izrada i sastavljanje modela

Modeliranje je proces stvaranja digitalnog modela informacija o objektima, gde upotreba BIM zamenjuje tradicionalne 2D prikaze objekta. Prilikom korišćenja ove tehnologije važna je upotreba BIM softvera za onu vrstu modela za koju je kreiran. Namena modela mora biti jasno i nedvosmisleno definisana pre nego što se kreira model:

- Ko će koristiti model
- Kako informacije iz modela možemo prosljeđivati drugima
- Šta treba izdvojiti iz modela tokom različitih faza

## 2.3. Nivo razvoja

Nivo razvoja (LOD) je skup specifikacija koji timu inženjera omogućava da efikasno dokumentuju, artikulišu i preciziraju sadržaj BIM-a. LOD definiše faze razvoja različitih sistema u BIM-u. Korišćenjem ovih specifikacija arhitekta, inženjeri i drugi učesnici u projektu mogu jasnije komunicirati i izvršavati svoje obaveze. Upotrebom LOD specifikacija omogućava svim učesnicima u projektu mogućnost da vide kako se geometrija elemenata i informacije razvijaju tokom celog procesa. Njena primena označava stepen do kog se različiti članovi tima mogu osloniti na informacije povezane sa nekim elementom.

LOD se obično predstavlja kao nivo detalja umesto nivoa razvoja, gde ova tehnologija obično koristi koncept nivoa razvoja i tu postoje bitne razlike. Nivo detalja je deo detalja koji je proporcionalan unutar modela, dok nivo razvijenosti predstavlja specifikacije, geometriju i priložene informacije komponenti gde članovi projektnog tima mogu da zavise od tih informacija prilikom korišćenja modela. U suštini nivo detalja se može smatrati ulazom u element a nivo razvoja pouzdan izlaz. Primena LOD specifikacija je veoma važan element celog BIM procesa. Bez upotrebe LOD-a svim učesnicima na projektu može da predstavlja problem rada na istoj stranici stvarajući nedostatke koji mogu ugroziti izgled projekta. Osnovne definicije LOD-a sastoje se od brojeva i kreću se od LOD 100 do LOD 500, njih je definisao Američki institut za arhitekturu.

- LOD 100: element modela može se grafički prikazati u modelu sa simbolom ili drugim generičkim

prikazom. Svaka informacija o elementu izvedena iz LOD 100 mora se smatrati približnom.

- LOD 200: element modela je grafički prikazan predstavljen unutar modela kao objekat ili sklop sa približnim količinama, veličinama, oblikom i lokacijom
- LOD 300: precizno modeliranje i crtanje gde su elementi definisani određenim sklopovima, preciznom količinom, veličinom, oblikom i lokacijom.
- LOD 350: sadrži detalje i modele elemenata koji predstavljaju kako se elementi objekta međusobno povezuju sa različitim sistemima ostalih građevinskih elemenata.
- LOD 400: elementi modela se modeliraju kao specifični sklopovi uz kompletnu izradu, sastavljanje i detaljnije informacije količine, veličine, oblika i lokacije.
- LOD 500: elementi modela predstavljaju ternski odnosno gotov prikaz objekta u pogledu veličine, oblika i lokacije.

## 3. VIRTUELNA I PROŠIRENA STVARNOST

U građevinskoj industriji koja je još uvek zaokupljena sporim papirnim procesima upotreba 3D modeliranja bili su teški i dugotrajni. Obično se njihova upotreba koristila samo da bi dala marketinški sjaj konačnom proizvodu. Međutim i ovo počinje da se menja razvitkom napredne tehnologije omogućava se projektantima da stvore živopisno interaktivno iskustvo koje pomaže učesnicima u projektu.

Primena virtuelne stvarnosti (VR) i proširene stvarnosti (AR) omogućava poboljšavanje bezbednosti i efikasnosti radnika koju trenutne tehnologije ne mogu da ponude. Prednosti upotrebe virtuelne i proširene stvarnosti odnosi se na planiranje, obuku i marketing. Mnogi mešaju ove dve tehnologije i smatraju ih istim, međutim postoji razlika.

Poširena stvarnost je tehnologija koja prekriva kompjutersku generisanu sliku nad stvarnim okruženjem.

Virtuelna stvarnost je tehnologija stvaranja veštačkog okruženja koje u potpunosti zamenjuje stvarno okruženje.

### 3.1 Virtuelna stvarnost

Primena virtuelne stvarnosti pretila da promeni građevinsku industriju u budućnosti. Virtuelna stvarnost polako ulazi u mnoge grane industrije, a građevinski stručnjaci su prošli nekoliko korisnih načina primene virtuelne stvarnosti. Upotrebom VR tehnologije možemo to omogućiti ali i poboljšati mnoge druge aspekte u građevinskom sektoru. Iako tradicionalni 3D modeli pružaju nešto bolji nivo razumevanja od prostih 2D crteža projekta virtuelna stvarnost može ponuditi mnogo više. Ako sagledamo bolje prednosti VR aplikacija onda možemo da zaključimo kako može da promeni građevinsku industriju. Upotreba virtuelne stvarnosti za građevinske kompanije predstavlja:

- Efikasnost troškova: svaka strana koja je uključena u proces izgradnje može uočiti potencijalne probleme odnosno identifikovati sve promene koje je potrebno uvesti u početnoj fazi projektovanja. Sve izmene koje su otkrivene tokom faze izgradnje pokazuju se kao skupe i dugotrajne.

- Pristup virtualnom modelu: klijent može da pristupi objektu pomoću virtualnih uređaja da istraži i proverii da li sve odgovara njegovim očekivanjima.

Virtualna stvarnost može da se koristi u obuci građevinskih radnika zato što je jeftinije i sigurnije obučiti radnike teške opreme u virtualnoj stvarnosti. Ovo uključuje različite scenarije iz stvarnog sveta i virtualno iskustvo je osmišljeno tako da korisniku pruža različite potencijalne opasne situacije u cilju razvijanja i razumevanja sigurnih radnih zona. Mnoge građevinske kompanije koriste virtualnu stvarnost da bi obučili svoj kadar. Kreiranjem virtualnih programa za vežbu uklanjamo mogućnost povreda i oštećenja opreme i omogućava pokušaje i greške bez štetnih posledica. Kao što možemo da zaključimo, virtualna stvarnost može pomoći u prevazilaženju mnogih izazova u građevinarstvu:

- Uštede vremena i novca
- Omogućava istraživanje 3D modela pomoću VR aplikacija i smanjuje probleme koje je teško predvideti.
- Poboljšava sigurnost obuke
- Učesnici u procesu izgradnje mogu da naprave onoliko grešaka koliko im je potrebno u virtualnoj stvarnosti da bi savladali opasnu opremu bez povreda ili oštećenja mašine.
- Poboljšava saradnju
- Bez obzira da li je projektni tim razdvojen oni se mogu okupiti u virtualnoj konferencijskoj sali kako bi razgovarali o važnim pitanjima.
- Omogućava bolju isporuku projekta
- Ponekad bi promene koje su dogovorene tokom procesa izgradnje mogle da traju duže vremena. Posšto primenom VR takvih izmena manje lakše je proceniti rokove i možemo efikasnije da pratimo proces izgradnje.
- Povećava kvalitet
- Virtualna stvarnost nudi zajedničko prostorno iskustvo koje vodi boljem odlučivanju, gde nema pogrešnih interpretacija projekta a samim tim kvalitet se povećava.

### 3.2 Proširena stvarnost

Proširena stvarnost je tehnologija koja povećava fizičko okruženje na ekranu mobilnih uređaja (pametni telefoni, tableti) preklapajući ih digitalnim sadržajem. AP se zasniva na stvarnom okruženju i samo mu se dodaju računarski generisani podaci ili trodimenzionalni objekti. Upotreba proširene stvarnosti se može primeniti u svim fazama izgradnje:

- Pre procesa izgradnje, ovo je slično kao i u VR razlika je u tome što možemo videti stvarni svet oko sebe.
- Građevinski radnici upotrebom AR aplikacija mogu da vide da li sve ide po planu i spreče pojavu grešaka dvostrukom proverom.
- Nakon završetka projekta, na ovaj način možemo biti sigurni da su sve komponente postavljene kako su zamišljene i da su ispunjeni uslovi projekta.

Jedan od glavnih faktora koji je ometao masovnu primenu proširene stvarnosti u građevinarstvu jeste visoka cena. Samo velike kompanije mogu sebi priuštiti napredne tehnologije. Prema nekim istraživanjima samo polovina kompanija iz građevinskog sektora ima IT odeljenje. Ovo

pokazuje da kompanije ili ne vide prednosti digitalnog razvoja ili su premale da bi održavale velika IT odeljenja. Ipak sa pojavom mobilnih uređaja trošak za razvoj aplikacija proširene stvarnosti se smanjuje. Tako da su mala i srednja preduzeća počela da primenju prednosti AP gradnje.

### 4. RADIOFREKVENCIJSKA IDENTIFIKACIJA

Tehnologija radiofrekvencijske identifikacije (RFID) sve više se upotrebljava za razne sektore kao što su trgovina, zdravstvo, vazduhoplovstvo i bezbednost. Primena ove tehnologije omogućava praćenje predmeta na gradilištu ili teško dostupnim lokacijama. Građevinska industrija počinje da shvata prednosti RFID tehnologije u povećanju efikasnosti, upravljanju imovinom i rešavanju operativnih izazova. Kao savršen primer za ovo jeste gradilište gde RFID tehnologija može koristiti u bezbroj primera. Tokom poslednjih godina razvijeno je mnogo RFID rešenja za upotrebu u građevinarstvu.

Okolina i radni uslovi su veoma različiti za svako za svako gradilište gde postoji mnogo građevinske opreme na licu mesta i uređenim skladištima. Pored opreme postoje i građevinski radnici i osoblje koje se non stop kreće u krugu radnog procesa. Vozni park (kamioni, mašine) koji stalno menjaju položaj na radnom mestu gde pogrešno postavljanje i neovlašćena upotreba opreme i učestale krađe su takođe izazov na gradilištima. Primena RFID tehnologije može da igra ključnu ulogu od praćenje opreme, osoblja do bezbednosti na gradilištu.

### 5. PRIMENA IoT TEHNOLOGIJE U PROCESU GRADENJA

Gradilište kao mesto primene IoT tehnologije je spremno za temeljne promene koje omogućavaju veću produktivnost, poboljšavanje procesa gradnje i nove alate. Kako je IoT sve prisutniji to ima veći uticaj na to kako se građevinska industrija menja. Kao što znamo proces izgradnje veoma teško prihvata nove tehnologije. To je obično posledica složenosti, visokog rizika kao i konzervativnijeg pristupa građevinskih kompanija. Uprkos svim ovim preprekama nove tehnologije pokazale su se izuzetno blagotvorne u procesu izgradnje, a poboljšanje efikasnosti u procesu izgradnje je veoma teško. Broj projekata koji nisu dostavljeni na vreme i troškovi to potvrđuju. Jedan takav primer primene IoT tehnologije koja postaje sve prisutnija u upravljanju procesa gradnje su bežični senzori zrelosti betona. Ovi senzori ne samo da omogućavaju smanjenje oslanjanja na laboratorijska ispitivanja, već u realnom vremenu dobijamo obaveštenje o čvrstoći i temperaturi betona.

Senzori zrelosti daju tačne i pouzdane podatke pošto su podvrgnuti tačnim uslovima očvršćavanja betona u oplati. Potpuno ugrađen u beton i pričvršćen za armaturu pre izlivanja temperatura betona se neprestano nadgleda pomoću ovih bežičnih senzora. Podaci se zatim koriste za automasko izračunavanje čvrstoće na pritisak na osnovu zrelosti betonske smeše. To znači da odmah znamo kada je beton dovoljno čvrst da prećemo na sledeće korake u procesu izgradnje. Korišćenje ove tehnologije nam omogućava praćenje kritičnih aktivnosti kao što su uklanjanje oplate.



### 5.1. Primena IoT tehnologije u upravljanju objektima

Sistem upravljanja objektima tradicionalno se fokusira na nekoliko glavnih oblasti. Više nije neobično da automatski ili daljinski kontrolišemo grejanje, temperaturu, ventilaciju, klimatizaciju, osvetljenje, bezbednostni, energetski i protivpožarni sistem. Svi podaci prikupljeni od strane IoT omogućavaju timovima za upravljanje objektima da budu efikasniji u sprečavanju problema odnosno smanjenju vremena utrošenom na popravke. Sve su veće prednosti u primeni integrisanih sistema automatizacije objekta i uvođenja IoT u svet upravljanja objektima.

Svaki aspekt održavanja objekta može imati koristi od IoT-a. U poslednjoj deceniji termin „pametna zgrada“ odnosio se na objekte sa sistemom za automatizaciju koji su omogućavali daljinsku kontrolu. Često je zabluda da upotreba pametnih uređaja ili tehnologije IoT unutar objekta dovoljno za pozicioniranje tog prostora kao pametne zgrade. U stvarnosti pametna zgrada je skup dinamičkih povezanih pametnih sistema koji su povezani preko platforme koja skuplja, deli, otkriva, analizira i deluje na kolektivne podatke pametne zgrade.

### 6. ZAKLJUČAK

Sa razvitkom svesti, sposobnosti i potrebama za IoT-om tako će se povećavati i razvijati nove tehnologije. Zahvaljujući internetu stvari građevinska industrija u budućnosti neće morati da se nosi sa neizvešnošću. Uprkos predviđanjima gubitka radnih mesta usvajanjem IoT tehnologije verovatno neće zameniti ljudski element u građevinskoj industriji. Umesto toga izmeniće poslovne modele u industriji, smanjiti skupe greške, povrede na radu i učiniti rad na objektima mnogo efikasnijim.

Iako je primena IoT-a u građevinskoj industriji imao spor početak mnogi shvataju da je neophodno da građevinske kompanije vide potrebu za usvajanjem novih i inovativnih tehnologija u svoje poslovne planove.

### 7. LITERATURA

- [1] Internet of things (IoT), technologies, applications, challenges and solutions, B.K. Tripathy, J. Anuradha.
- [2] Enhanced Building Information Models, Using IoT Services and Integration Patterns, Umit Isikdag.
- [3] Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary for Building Information Models and Data.

#### Kratka biografija:



**Đorđe Polić** rođen je u Loznici 1989. god. 2017. stiče zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Tehnologija i organizacija građenja odbranio je 2020.



**Vladimir Mučenski** rođen je u Vrbasu 1980. god. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka – Građevinski odsek 2005 god. Zvanje doktora nauka stekao 2013 godine sa temom doktorske disertacije Model semikvantitativne procene rizika zaštite na radu za procene izgradnje. Od 2019. godine je u zvanju vanrednog profesora na Fakultetu tehničkih nauka.

**UPRAVLJANJE PROCESOM PROJEKTOVANJA RAZVODNIH POSTROJENJA -  
TRAFO STANICE****MANAGEMENT OF THE PROCESS OF DESIGNING SWITCHYARDS -  
TRANSFORMER STATIONS**

Jelena Sirovljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Predmet istraživanja ovog rada jeste analiza i značaj upravljanja procesom izrade projektne dokumentacije elektroenergetskih objekata. Istraživanje je usmereno na ranu identifikaciju, planiranje i kontrolu rizika u početnim fazama životnog ciklusa projekta.*

**Ključne reči:** *Projektna dokumentacija, razvodna postrojenja, proces izrade, planiranje aktivnosti, planiranje ljudskih resursa*

**Abstract** – *The subject of research in this paper is the analysis and importance of managing the process of drafting project documentation for power facilities. The research is focused on early identification, planning and risk control in the initial stages of the project life cycle.*

**Keywords:** *Project documentation / distribution plants, development process, activity planning, human resources planning*

**1. UVOD**

Investicioni projekat u energetici se definiše kao kompleksan tehničko-tehnološki, organizacioni, pravni, ekonomski i finansijski poduhvat. Sastoji se od skupa koordinisanih i kontrolisanih aktivnosti sa jasno definisanim početkom i krajem, čiji je cilj izgradnja, rekonstrukcija, modifikacija i/ili opremanje objekta ili objekta koji su potrebni investitoru.

Projekti iz oblasti energetike jesu visoko zahtevni i visoko rizični projekti, koji za sebe vezuju velika kapitalna ulaganja. S obzirom na generalne karakteristike ovakvih projekata, jasno je da imperativ predstavlja upravo kvalitativno i kvantitativno upravljanje procesom projektovanja ovakvim projektima u cilju njihovog uspešnog izvođenja.

**1.1. Predmet rada**

Predmet istraživanja ovog rada predstavlja analizu i značaj upravljanja procesom izrade projektne dokumentacije elektroenergetskih objekata. Zbog visokog nivoa kompleksnosti ovakvi objekti zahtevaju veliki broj učesnika na izradi dokumentacije a da pritom preduzeće najčešće ne raspolaže svim stručnim kadrovima već učestvuju kao spoljni saradnici na projektima. Istraživanje je usmereno na ranu identifikaciju, planiranje i kontrolu rizika u početnim fazama životnog ciklusa projekta.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red. prof.**

Referentni uzorak istraživačkog rada čine tri elektroenergetska razvodna postrojenja- transformatorske stanice za nazivni napon 110kV, investicione vrednosti oko pet miliona evra. Izrada projektne dokumentacije predmetnih objekata bila je tokom perioda 2018-2020. godine u okviru projektnog biroa DNP-inženjering iz Novog Sada.

**1.2. Cilj rada**

Osnovni i primarni cilj ovog istraživanja jeste pronalaženje što efikasnijeg modela identifikacije mogućih rizika prilikom izrade projektne dokumentacije, kojim će se, primenom adekvatnih alata i tehnika u procesima planiranja, izvršenja i kontrolisanja, obezbediti uspešno ostvarenje osnovnih ciljeva projekta da se celokupan obim posla izvrši u zahtevanom kvalitetu, vremenu i troškovima.

**1.3. Metode obrade**

Pravilno upravljanje procesom izrade projektne dokumentacije elektroenergetskih objekata zahteva poznavanje i korišćenje različitih metoda planiranja koje omogućavaju modeliranje posmatranih procesa. U ovom radu korišćene su sledeće metode planiranja:

- Analiza i sinteza,
- Tehnika mrežnog planiranja,
- Metode gantograma.

**2. PROJEKTNJA DOKUMENTACIJA**

Svrha i sadržaj tehničke dokumentacije zavisi od vrste elektroenergetskog objekata kao i vrste zahvata. Zakon o energetici, Zakon o planiranju i izgradnji, Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1kV do 400kV, Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu elektroenergetskih postrojenja i uređaja od požara predstavljaju osnovnu zakonsku i tehničku regulativu za projektovanje.

Struktura procesa projektovanja elektroenergetskih objekata je hijerarhijski uređena i počinje izradom generalnog projekta, nastavlja sa idejnim rešenjem, idejnim projektom, po potrebi projektom za građevinsku dozvolu, izvođačkim projektom, te završava projektom izvedenog objekta.

Proces projektovanja elektroenergetskih objekata se mora voditi po strogo definisanim procedurama zavisno od vrste i nivoa investicije- novogradnja, rekonstrukcija ili rehabilitacija.

### 3. DINAMIČKI PLAN IZRADE PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Za potrebe izrade dinamičkog plana izrađen je tabelarni prikaz svakog od tri predmetna projekta. U njemu je pregledno dati spisak aktivnosti sa vremenom trajanja svake kao i brojevi naredne aktivnosti i radnici kao resursi.

Dinamički plan predstavlja tok procesa izrade projektne dokumentacije i dobijen je metodama:

- Mrežnog planiranja
- Gantograma.

#### 3.1. Planiranje aktivnosti

Aktivnosti u ovom procesu izrade dokumentacije upravo čine vrsta tehničke dokumentacije, njen sadržaj projekata (svezaka) i predstavljaju osnov za realizaciju svakog od tri predmetna projekta. Aktivnost na projektu predstavlja zadatak koji je opisan resursom koji izvršava datu aktivnost i vremenom potrebnim da se ta aktivnost realizuje. Lista aktivnosti je različita za svaki projekat jer se i svi projekti međusobno razlikuju.

Projekti u tehničkoj dokumentaciji označeni su rednim brojevima, nikad ih ne menjaju čak i ako ih tehnička dokumentacija ne sadrži, i obavezno složeni u sveske prema Pravilniku. Projekti koji su najčešća sadržina tehničke dokumentacije kod projekata razvodnih postrojenja izdvojeni su iz Pravilnika i dati prema oblastim i redosledu:

- 1) broj „0“: glavna sveska;
- 2) broj „1“: arhitektura;
- 3) broj „2“: konstrukcija i drugi građevinski projekti;
- 4) broj „3“: hidrotehničke instalacije;
- 5) broj „4“: elektroenergetske instalacije;
- 6) broj „5“: telekomunikacione i signalne instalacije;
- 7) broj „6“: mašinske instalacije;
- 8) broj „8“: sabračaj i saobraćajna signalizacija;

Tačno vreme trajanje aktivnosti na predmetnim projektima je određeno iskustveno radeći na istim ili sličnim projektima, kao i prema obimu razrade dokumentacije u okviru posmatranih aktivnosti. Shodno tome najadekvatnije vremenska jedinica prikaza podaktivnosti je radni rad, odnosno 8h dnevno.

Prikaz rasporeda svih nivoa razrade dokumentacije za sva tri projekta trafo stanica dat je na sumarnom gantogramu projekata. Pored samog rasporeda aktivnosti, prikazani su i datum početka i kraj svake aktivnosti, pa samim tim i trajanje svake. Takođe, prikazano je ukupno trajanje čitavog projekta izrade svih nivoa projektne dokumentacije.

#### 3.2. Planiranje ljudskih resursa

Projektini tim na projektima izrade projektne dokumentacije trafo stanica sačinjava najčešće od 10 do 15 ljudi koji su direktno uključeni u neposredno izvršenje projektne aktivnosti. Kako su ovi projekti multidisciplinarni, to ovaj projektini tim mora obuhvatiti izvršioce na nekoliko specijalnosti: arhitektonske, konstrukcijske, elektro, mašinske, putarske, zaštite od požara i dr. Neophodnost koordinacije između specijalnosti je od esencijalnog značaja, s obzirom da su gotovo sve aktivnosti međusobno, u manjoj ili većoj meri, povezane sa aspekta različitih specijalnosti.

Struktura izvršilaca neophodnih i dovoljnih za realizaciju svih projektne aktivnosti predviđenih mrežnim planom, obuhvata: vođu projekta, inženjere arhitekture, građevine, elektrotehnike, zaštite od požara, geometrike, saobraćaja.

#### 3.3. Mrežni plan

Metoda mrežnog planiranja je zasnovana na grafičkom prikazivanju redosleda aktivnosti u okviru projekata i njihovim međusobnim zavisnostima preko mrežnog dijagrama. Na mrežnom planu ucrtane su aktivnosti, fiktivne aktivnosti i događaji. Kako bi se uštedelo na vremenu izrade, ubrzao čitav proces izrade i obezbedila pravovremena razmena potrebnih podataka i podloga između učesnika na projektu izrada projekata (svesaka) se paralelizuje. Mrežni plan za svaki pojedinačan objekat je podeljen po nivoima razrade projektne dokumentacije.

#### 3.3. Gantogram

Dinamički plana izrade projektne dokumentacije urađena je uz pomoć programa MS Project 2010 i prikazan Gantovim dijagramom za sva tri projekta posebno gde je vreme izrade projektne dokumentacije približno isto kao i u pojedinačnim mrežnim planovima. Nakon izrade pojedinačnih gantograma svakoj aktivnosti su dodeljeni resursi. Spisak svih saradnika na projektu, resursa, formiran je u zasebnom fajlu odakle je uz pomoć opcije Resource pool izvršeno deljenje resursa po projektima kako bi se omogućilo praćenje angažovanja, radnog vremena, resursa na svim projektima nakon izrade sumarnog projekta. Po završetku dodeljivanja resursa na svim projektima izrađen je sumarni projekat u zasebnom fajlu. Uz pomoć opcije Subproject dodata su sva tri projekta u jedan fajl.

Aktivnosti koje se nalaze na kritičnom putu prikazane su crvenom bojom, dok su plave boje one koje nisu.

Planirano je da se radi 5 dana u nedelji u periodu od 08:00-16:00h. Takođe, neradni dani i državni praznici uneti su u program.

#### 3.4. Analiza potencijalnih rizika

Kod razrade projektne dokumentacije razvodnih postrojenja naponskog nivoa 110kV, identifikacija potencijalnih rizika je donekle i olakšana jer postoji određen broj realizovanih projekata. Po dosadašnjem iskustvu identifikovane su sledeće rizične grupe događaja, kao potencijalne za ovu vrstu razvodnih postrojenja:

- nemogućnost pronalaženja geodetske firme za istražne radove na nepristupačnim lokacijama;
- nepoznavanje tačne elektro opreme;
- pravovremeno sagledavanje gabarita sve opreme koja će biti unešena u objekat kako bi otvori bili adekvatnih dimenzija;
- izrada sinhron plana za infrastrukturu i sve objekte smeštene ispod površine terena, posebno mesta ukrštanja;
- nemogućnost produžetka rada pojedinih članova tima u birou ili angažovanje spoljnih saradnika;
- neadekvatna procena u obimu posla;
- neadekvatan raspored zaposlenih na projektima;
- konflikti u okviru projektne tima;
- nepotpuna i nepravovremena komunikacija između učesnika na projektu.

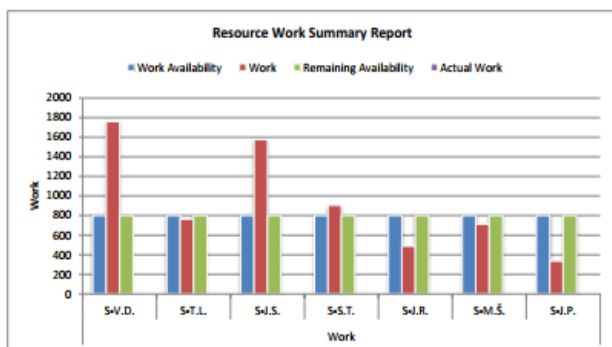
### 3.4.1. Analiza zaduženja resursa

Spajanjem svih projekata u jedan fajl sa njihovim međusobnim povezivanjem, uz pomoć opcija kojima raspolaže MS Project, došlo se do zaključka da su pojedini angažovani resursi preopterećeni radnim zadacima te da je potrebna njihova reorganizacija.

Kako neadekvatan raspored učesnika na projektu predstavlja jednu od grupa rizika prilikom izrade projektne dokumentacije stavljen je na rešavanje ovog problema, sa tačno navedenim koracima, kada u približno istom vremenskom periodu postoji izrada projektne dokumentacije za tri trafo stanice istog naponskog nivoa.

Rešenje problema sa resursima bazirano je isključivo na reorganizaciji zaposlenih unutar predmetnog projektne biroa obzirom na to da su spoljni saradnici pomenutog biroa najčešće manje projektanske kuće za koje nepostoji podatak o broju zaposlenih kao i njihovoj stručnosti.

Odabirom naredbe Visual Reports prikazan je vizuelni dijagram o radu svih zaposlenih projekatara-saradnika za vreme trajanja izrade projektne dokumentacije na ova tri projekta pre i posle preraspodele resursa i uspostavljanja bolje organizacije. Sa Dijagrama br.1 se vidi ukupno angažovanje zaposlenih resursa na sva tri projekta pre preraspodele. Saradnici V.D. i J.S. su najviše angažovani.

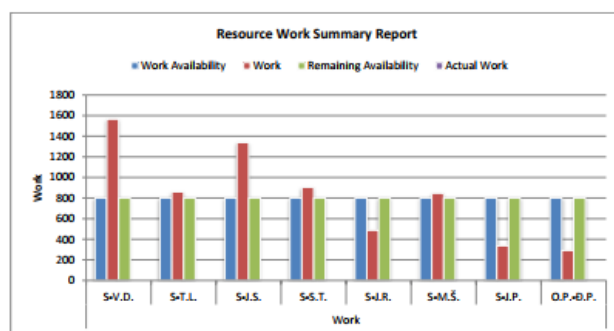


Dijagram 1- Izveštaj o radu resursa na sva tri projekta pre preraspodele

Radi boljeg sagledavanja angažovanja zaposlenih na određenim aktivnostima po danima, a sve u cilju što bolje preraspodele radnih zadataka izrađeni su planovi uključivanja resursa, prikazanih u okviru Priloga rada. Planovi uključivanja resursa, su prikazani na nedeljnom nivou, sumarnog projekta za svaku aktivnost pre i posle izvršenja preraspodele resursa i povezivanja uz pomoć Link taska-a. Iz predmetnog plana se vidi da pojedini resursi istovremeno rade na više projekata što iziskuje njihov prekovremeni rad i/ili kašnjenje u izradi projektne dokumentacije.

Redosled izmena je koncipiran za svakog zaposlenog ponaosob detaljnom analizom i sagledavanjem plana uključivanja resursa i histogramskim prikazima resursa u okviru softvera MS Project 2010, a sve u cilju optimizacije projekta, skraćenja izrade dokumentacije i dodeljivanje zadatakata resursima, pod pretpostavkom da nisu angažovani na drugim projektima u tom periodu.

Na Dijagramu br.2 prikazano je ukupno angažovanje saradnika nakon preraspodele poslova između resursa, povezivanja zavisnih aktivnosti i uspostavljanja bolje organizacije.



Dijagram 2- Izveštaj o radu resursa na sva tri projekta nakon preraspodele

Poređenjem ova dva dijagrama dolazi se do zaključka da je smanjen broj radnih sati najviše angažovanih na ovim projektima i to projektanta V.D. za 194h i J.S. za 236h. Povećanje broja radnih sati je kod T.L. za 76h, M.Š. za 136h i dodatno je uključen odgovorni projektant građevinarstva Đ.P. čiji je broj radnih sati na ovim projektima 292h. Takođe, projektanti S.T., J.R. i J.P. imaju nepromenjen broj radnih sati.

### 3.4.1. Analiza vremena i roka

Sledeći segment kontrole izvršenja toka projekta predstavlja analiza vremena kao i kontrola i praćenje rokova realizacije.

Rok realizacije aktivnosti, definisan je detaljnim gantogramom projekata sa svim propratnim aktivnostima, prikazanim u okviru rada, što predstavlja osnovu za praćenje dinamičkog plana realizacije izrade projektne dokumentacije.

Svakako da su rokovi realizacije veoma bitni i da je njihovo praćenje kontinuirano upravo zbog značaja poštovanja rokova realizacije, međutim ukoliko će se rokovi neznatno pomeriti zbog kvalitetnijeg obavljanja pojedinih projektne aktivnosti od propisanog kvaliteta, svakako da tada to probijanje rokova ne predstavlja probnu tačku na projektu.

Radi lakšeg sagledavanja vremena trajanja sumarnih aktivnosti i njihovih rokova u narednom delu teksta prikazani su uporedni tabelarni podaci pojedinačnih projekata dobijenih mrežnim planom, postupkom napred-nazad, i gantogramima, proizilaze iz unešenih podataka iz tabelarnih prikaza aktivnosti u softver MS Project 2010 i deljom preraspodelom resursa.

Nivoe izrade projektne dokumentacije iz kolone dva, svih projekata, bilo bi moguće realizovati u tom periodu samo da tokom vremenskog intervala trajanja prekovremenog rada pojedinačnih resursa, prikazanih na planu uključivanja resursa pre preraspodele resursa predmetnog rada, postoji slobodnih resursa odgovarajuće stručnosti za tu oblast u okviru projektne biroa ili dodatnim angažovanjem spoljnih saradnika predmetne oblasti za izradu pojedinih aktivnosti, što nije baš tako čest slučaj u praksi.

U zgradama, na svim tabelama, prikazan je početak, završetak i trajanje svakog nivoa izrade projektne dokumentacije kao i celog projekta.



Tabela 1- Uporedni prikaz mrežnog plana i gantograma za TS Tutin 110/35/20 kV

TS Tutin 110/35/20kV			
	Mrežni plan	Gantogram (pre preraspodele)	Gantogram (nakon preraspodele)
Ukupno	919 dana	936 dana (09.04.2018.-08.11.2021.)	955,26 dana (09.04.2018.-06.12.2021.)
<b>NIVOI IZRADE</b>			
IDR	24 dana	24 d (09.04.2018.-10.05.2018.)	24 d (09.04.2018.-10.05.2018.)
IDP	42 dana	42 d (11.05.2018.-09.07.2018.)	48,81 d (11.05.2018.-18.07.2018.)
PGD	59 dana	66 d (10.07.2018.-09.10.2018.)	78,44 d (18.07.2018.-06.11.2018.)
PZI	774 dana (izvođenje 700 dana)	784 d (10.10.2018.-11.10.2021.)	784d (06.11.2018.-08.11.2021.)
PIO	20 dana	20 d (12.10.2021.-08.11.2021.)	20 d (08.11.2021.-06.12.2021.)

Tabela 2- Uporedni prikaz mrežnog plana i gantograma za TS Gornji Milanovac 110/35 kV

TS Gornji Milanovac 110/35kV			
	Mrežni plan	Gantogram (pre preraspodele)	Gantogram (nakon preraspodele)
Ukupno	707 dana	711 dana (14.05.2018.-01.02.2021.)	813,5 dana (14.05.2018.-24.06.2021.)
<b>NIVOI IZRADE</b>			
IDR	24 dana	24 d (14.05.2018.-14.06.2018.)	33 d (14.05.2018.-27.06.2018.)
IDP	43 dana	43 d (15.06.2018.-14.08.2018.)	51,89d (28.06.2018.-7.09.2018.)
PGD	66 dana	64 d (15.08.2018.-12.11.2018.)	148,61d (07.09.2018.-04.04.2019.)
PZI	557 dana (izvođenje 481 dana)	563 d (13.11.2018.-07.01.2021.)	563 d (04.04.2019.-01.06.2021.)
PIO	17 dana	17 dana (08.01.2021.-01.02.2021.)	17 dana (01.06.2021.-24.06.2021.)

Tabela 3- Uporedni prikaz mrežnog plana i gantograma za TS Priboj 110/35 kV

TS Priboj 110/35kV			
	Mrežni plan	Gantogram (pre preraspodele)	Gantogram (nakon preraspodele)
Ukupno	958 dana	968 dana (10.07.2018.-24.03.2022.)	1036,5 dana (10.07.2018.-29.06.2022.)
<b>NIVOI IZRADE</b>			
IDR	27 dana	27 d (10.07.2018.-15.08.2018.)	27 d (10.07.2018.-15.08.2018.)
IDP	66 dana	66 d (16.08.2018.-15.11.2018.)	68d (16.08.2018.-19.11.2018.)
PGD	67 dana	73 d (16.11.2018.-26.02.2019.)	139,5 d (20.11.2018.-03.06.2019.)
PZI	781 dana (izvođenje 700 dana)	785 d (27.02.2019.-01.03.2022.)	785 d (03.06.2019.-06.06.2022.)
PIO	17 dana	17 d (02.03.2022.-24.03.2022.)	17 d (06.06.2022.-29.06.2022.)

#### 4. ZAKLJUČAK

Cilj opšteg dela ovog rada bio je da se kroz detaljno definisane procese izrade projektne dokumentacije i organizaciju zaposlenih unutar projektnog biroa prikaže prednost dobro organizovanog procesa izrade projektne dokumentacije zato što se bez obzira na obim posla ovakvim pristupom može doći do uštede u vremenu i uloznim sredstvima.

Proces projektovanja razvodnih postrojenja zahteva sveobuhvatni pristup, što znači da se moraju sagledati svi nivoi razrade projektne dokumentacije. Korišćenim metodama obrade definisani su početak i završetak pojedinačnih aktivnosti, svakog pojedinačnog i sumarnog projekta, u kom su postavljena sva tri, kao i korišćeni resursi.

Ukupan broj učesnika gledano po projektu iznosi od 12 do 15 izvršilaca iz šest različitih struka čime se vidi da je ovaj projekat multidisciplinaran.

Na osnovu izvršenih uporednih analiza gantograma, pojedinačnih sa sumiranim projektima, došlo se do zaključka da postoji produžetak vremena izrade na sledećim nivoima razrade projektne dokumentacije i ukupnom trajanju projekta:

- TS Tutin 110/35/20kV: IDP- 6.81 d, PGD- 12.44 d, PZI- 5.74 d, uk. projekat 16.26 d;
- TS Gornji Milanovac 110/35kV: IDR- 9 d, IDP- 8.89 d, PGD- 84.61 d, uk. projekat 102.5 d;
- TS Priboj 110/35kV: IDP-2 dana, PGD- 66.5 dana i uk. projekat 68.5dana.

Iako su posmatrane aktivnosti male u odnosu na celokupan projekat, loša organizacija ljudskih resursa ili nedovoljan broj kadrova za izradu više projekata istovremeno dovodi po kašnjenja u izradi delova projekata kao i celokupnog životnog ciklusa projekta što se vidi u izradi PGD-a za TS Gornji Milanovac i TS Priboj koji se preklapaju sa izradom izvođačkog projekta TS Tutin koji je u tom vremenskom intervalu primaran za izradu, te ova dva kasne zbog nedovoljnog broja zaposlenih u okviru biroa, neobučenih za izradu pojedinih svezaka ili nedovoljno dobro raspoređenih elektro i građevinskih inženjera.

Upravljanje ljudskim resursima na projektu obuhvata procese usmerene ka najefikasnijem korišćenju ljudi koji su angažovani. Iz tog razloga detaljnija analiza procesa izrade projektne dokumentacije sa raspoloživim resursima unutar projektnog biroa dovodi do zaključka da se kroz bolju kontrolu, organizaciju i upravljanje procesom znatno samnjaju nepotrebni gubici vremena.

Unapređenje rada i korišćenje softvera za upravljanje projektima u jednom projektnom birou koje se bavi projektovanjem elektroenergetskih objekata i postrojenja bi neminovno uticalo na izmenu potrebnog vremena, načina izrade i strukture radne snage.

#### 5. LITERATURA

- [1] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2016.
- [2] Sreten Škuletić, Nikolija Kaljević, "VISOKONAPONSKA RAZVODNA POSTROJENJA"
- [3] ZAKON O ENERGETICI ("Sl. Glasnik RS", br. 145/2012 i 95/2018- dr zakon)
- [4] Zakonu o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019-dr. zakon i 9/2020)
- [5] Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i način vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata ("Službeni glasnik RS", br.73/2019)
- [6] Branislav Ivković, Željko Popović, "Upravljanje projektima u građevinarstvu"
- [7] Carl Chatfield, Timothy Johnson, "Microsoft Project 2010- Step by step"
- [8] Mr Ognjen Radišić, dipl.inž.el., doktorska disertacija "Razvoj modela upravljanja projektom pripreme postrojenja za bušenje nafte i gasa"

#### Kratka biografija:



**Jelena Sirovljević** rođena je u Valjevu 1991.god. Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Tehnologija i organizacija građenja – Projekat tehnologije organizacije izgradnje stambeno – poslovnog objekta P+4+Pk odbranila je 2017.god.

kontakt: jsirovljevic@gmail.com

**ANALIZA RAZVOJA VODOVODNOG SISTEMA NASELJA NOVI BEČEJ**  
**ANALYSIS OF WATER SUPPLY SYSTEM DEVELOPMENT OF THE NOVI BEČEJ SETTLEMENT**Slađana Đatkov, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Predmet ovog rada čine dve celine. U prvom delu rada je vršena analiza postojećeg stanja vodovodnog sistema u naselju Novi Bečej. Analizom postojećeg stanja utvrđena je neusklađenost sa osnovnim propisima i pravilima struke. Nakon čega je izvršena analiza razvoja vodovodne mreže koja treba da omogući normalno vodosnabdevanje svih korisnika za naredni vremenski period do 50 godina. Sve hidrauličke analize vodovodnog sistema sprovedene su u programskom paketu EPANET 2.0.

**Ključne reči:** analiza postojećeg stanja, analiza razvoja vodovodne mreže, hidraulička analiza.

**Abstract** – The subject of this paper consists of two parts. First part has performed an analysis of the existing state water supply sistem in Novi Becej settlement. With an analysis of the existing state of the water supply system has been determined inconsistency with elementary regulations and professional norms. While the second part is the analysis of the development of water supply network, which should enable normal water supply of all users for the next period of up to 50 years. All hydraulic analysis is done in software system EPANET 2.0.

**Keywords:** analysis of the existing state, development of water supply network, hydraulic analysis.

**1. UVOD**

Naselje Novi Bečej nalazi se u Srednjebanatskom okrugu na levoj obali reke Tise. Novi Bečej je i sedište opštine Novi Bečej, kojoj pripadaju još i naselja Novo Miloševo, Bočar i Kumane. Od razvijenih gradskih centara najbliži su gradovi Zrenjanin i Kikinda.

Po poslednjem popisu iz 2011. godine naselje ima 13 133 stanovnika. Analizom demografskog razvoja opštine uočeno je da populaciona veličina ima tendenciju permanentnog pada, što je posledice konstantnog pada nataliteta i raslojavanja porodica.

Predmet ovog master rada je hidraulička analiza postojećeg stanja vodovodne mreže i predlog njenog poboljšanja, koje treba da omogući normalno vodosnabdevanje svih korisnika u naselju Novi Bečej.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Matija Stipić.

**2. POSTOJEĆE STANJE VODOVODNE MREŽE NASELJA NOVI BEČEJ**

Naselje Novi Bečej poseduje sopstveni sistem vodosnabdevanja sa izvorišta Siget. Izvorište sadrži deset bunara, ali vodosnabdevanje se vrši iz pet bunara (B3, B4, B5, B7 i B8), dubine 70-100 m. Maksimalni kapacitet izvorišta iznosi 75 l/s. Iz zgrade se pomoću frekventnog regulatora upravlja svim bunarima. Svaki bunar ima svoj frekventni regulator; njegova osnovna prednost je to što može da održava konstantni pritisak u vodovodnoj mreži, tako što reguliše i upravlja brzinom obrtanja elektromotora pumpe za vodu.



Slika 1 Ortofoto snimak pozicije bunara na izvorištu

Iz eksploatacionih bunara voda se cevovodima dovodi do velikog sabirnog cevovoda prečnika Ø300 mm, gde se meri protok digitalnim meračem, a zatim se vrši dezinfekcija vode hipohloritom u automatskom postrojenju „HLOOROGEN“.

Distributivna vodovodna mreža je prstenastog tipa i nju čine cevi od azbest-cementa (20 %), polietilenske (72 %) i cevi od polivinilhlorida (8%). Jedan od glavnih problema je taj, što sve PE cevi imaju prečnik manji od 100 mm, a to nije u skladu sa tehničkim normativima za instalaciju hidrantske mreže za gašenje požara. Sledeći problem je upotreba AC cevi koje su dotrajale, i na kojima su veoma česte havarije na sistemu, a smatra se da imaju i kancerogeno dejstvo.

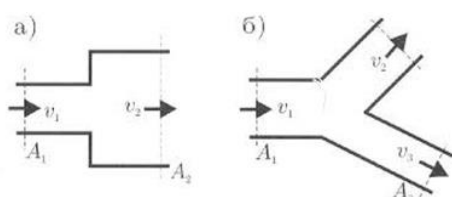
Meštanima naselja Novi Bečej je od 2005. godine zabranjena upotreba vode za piće i pripremu kuvanih jela zbog povećane količine arsena, bora, natrijuma, ortofosfata i potrošnje kalijum permanganata. Ovaj problem se može rešiti jedino izgradnjom postrojenja za preradu vode.

### 3. MODELIRANJE TEČENJA U VODOVODNOM SISTEMU

Pri modeliranju tečenja u vodovodnom sistemu koristila sam se osnovnim zakonima održavanja u mehanici fluida, pod pretpostavkom da je tečenje u cevima ustaljeno, odnosno da nema promene hidrauličkih parametara ( brzine, proticaja,  $\Pi$  kote) kroz vreme.

Osnovne zakone održavanja u mehanici fluida čine zakoni o održavanju mase, o održavanju količine kretanja i održanja energije [1]. Prvi zakon kaže da je masa nepromenljiva, ona se ne može uništiti ni stvoriti. Zakon održanja količine kretanja govori da je promena količine kretanja (proizvod mase i brzine) srazmeran delujućoj sili. Zakon o održanju energije dozvoljava samo prelazak iz jedne vrste energije u drugu.

#### Jednačina nepromenljivost mase – jednačina kontinuiteta [1]:



Slika 2. Jednačina kontinuiteta

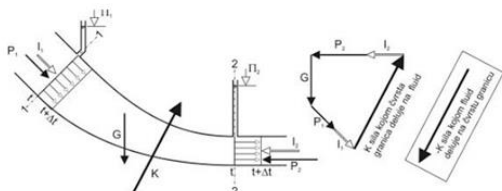
Ako se jednačina primeni na strujanje na suženju prema slici 2 imamo:

$$-v_1 A_1 + v_2 A_2 = 0 \Rightarrow v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (1)$$

Odnosno:

$$-v_1 A_1 + v_2 A_2 + v_3 A_3 = 0 \quad (2)$$

#### Održanje količine kretanja – dinamička jednačina [1]:

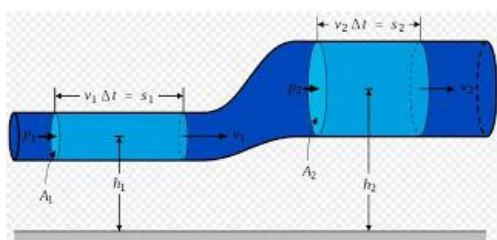


Slika 3. Dinamička jednačina

$$I_1 + I_2 + G + K + P_1 + P_2 = 0 \quad (3)$$

#### Načelo održanja energije – Bernulijeva jednačina [1]:

Posmatra se ustaljeno strujanje tečnosti, nestišljive i viskozne, kroz cev promenljivog poprečnog preseka.



Slika 4. Cev promenljivog poprečnog preseka

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \Delta E_{1-2} \quad (4)$$

### 4. PROGRAMSKI PAKET EPANET 2.0

Epanet 2.0 je softverska aplikacija koja se koristi širom sveta za dinamičko modeliranje tečenja i simulaciju vodovodnog sistema, odnosno sistema pod pritiskom [2]. Razvijen je kao alat za razumevanje protoka pijaće vode kroz distributivni sistem i može biti koristan za razne analize distributivnog sistema. Danas inženjeri koriste programski paket EPANET 2.0 za projektovanje novih vodovodnih sistema, sanaciju postojećih, projektovanje i dimenzionisanje rezervoara i kapaciteta pumpi, smanjenje gubitaka, održanja zahtevanih protoka i pritisaka, kao i otkrivanja problematičnih deonica. Može se takođe koristiti za određivanje stepena zagađenja vode.

Uz pomoć unesenih parametara, model (vodovodna mreža) počinje analizu i kao rezultat dobijaju se brzina i protok u cevovodima, pritisak u čvorovima itd. U ulazne parametre spadaju [2]:

- Dubina polaganja cevi;
- Unutrašnji prečnik cevi;
- Koeficijent hrapavosti;
- Specifična čvorna potrošnja;
- Keficijent neravnomernosti stanovništva, javnih ustanova, ugostiteljskih objekata i poljoprivrednih gazdinstava;

### 5. ANALIZA HIDRAULIČKOG PRORAČUNA

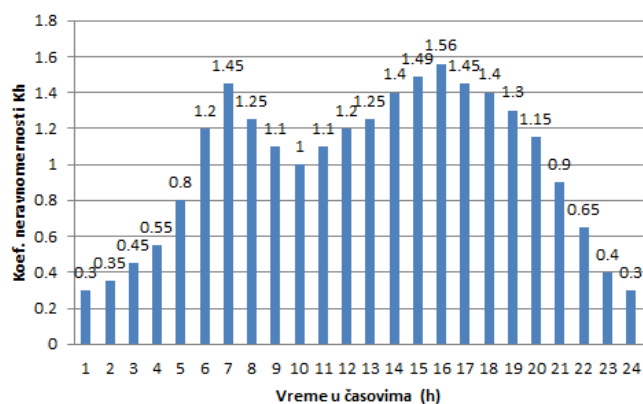
I za hidrauličku analizu postojećeg stanja i za analizu planiranog stanja odrađene su po dve simulacije u EPANET-u , tj simulacija sa i bez požara.

#### 5.1. Hidraulička analiza postojećeg stanja

Hidraulički proračun se sprovodi na osnovu ukupne maksimalne dnevne potrošnje koja se može javiti u vodovodnom sisitemu. U ukupnu maksimalnu dnevnu potrošnju spada potrošnja od strane stanovništva, javnih ustanova, ugostiteljskih objekata i poljoprivrednih gazdinstava, čije se količine odvojeno utvrđuju.

Pritisak na izvoru iznosi 4,2 bar.

#### Koeficijenti časovne neravnomernosti



Slika 5. Koeficijenti časovne neravnomernosti

Usvojena jedinična potrošnja na osnovu broja stanovnika je 140 l/st/dan [3].



Na osnovu podataka iz JP „Komunalac“ Novi Bečej za 2019. godinu o gubicima od oko 18 %, maksimalnom koeficijentu časovne neravnomernosti ( $K_h=1,56$ , slika 5) i koeficijentu dnevne neravnomernosti ( $K_d=1,5$ ), izvršen je proračun potrošnje stanovništva.

Za ostale ustanove usvojene su preporuke iz tehničke norme DVGW W 410.

Kada je izračunata ukupna maksimalna dnevna potrošnja, ona se deli sa ukupnom dužinom mreže, kao što je prikazano na sledećem izrazu [3]:

$$Q_{spec,deon.} = \frac{Q_{max,dn,ukupno}}{\Sigma L} \quad (5)$$

Gde je  $\Sigma L$  – ukupna dužina vodovodne mreže

Konačno, specifično čvorno opterećenje koje unosimo u programski paket EPANET 2.0 dobijamo tako što specifični deonični protok pomnožimo sa pripadajućom dužinom za taj čvor:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \Sigma L_i \quad (6)$$

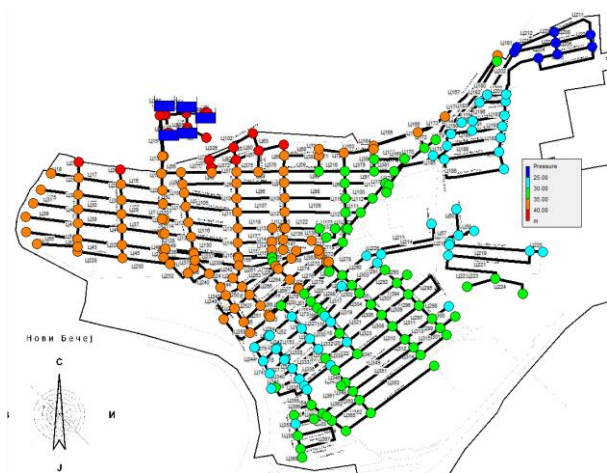
Gde je  $\Sigma L_i$  – zbir polovina dužina svih deonica koje su povezane u taj čvor.

Za izradu simulacije postojećeg stanja vodovodne mreže u programskom paketu EPANET 2.0 za AC cevi usvojena hrapavost cevi iznosi 0,4 mm zbog njihove dotrajalosti, dok za PVC i PE cevi ta vrednost iznosi 0,3 mm.

### 5.1.1. Ocena postojećeg stanja

Nakon unošenja svih potrebnih parametara u programski paket EPANET 2.0, dobijeni su nepozantni parametri (brzine i proticaji u cevima, pritisci u čvorovima) pomoću kojih je izvršena analiza postojećeg stanja vodovodne mreže za naselje Novi Bečej.

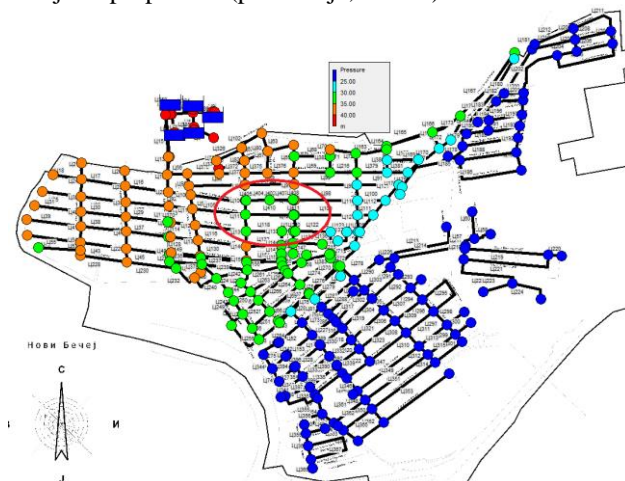
Sa slike 6 možemo zaključiti da su pritisci u severoistočnoj zoni naselja Novi Bečej manji od 2,5 bar (čvorovi obojeni plavom), bez dodatnog čvornog opterećenja na požar, te da oni automatski ne zadovoljavaju propise na osnovu člana 44a Zakona o zaštiti požara i nije uopšte potrebno vršiti simulaciju dva uzastopna požara da bismo proverili da li su pritisci zadovoljavajući.



Slika 6 Stanje pritiska u 19 h

Ovaj problem niskih pritisaka u severoistočnom delu se javlja zato što taj deo grada leži na malo višem delu i zbog toga što je dosta udaljen od izvorišta.

Kada se aplicira požar u centralnoj zoni, pritisci u toj zoni su zadovoljavajući. Međutim problem je taj što se svuda u južnoj, istočnoj i severoistočnoj zoni javljaju pritisci manji od propisanih (plava boja, slika 7).



Slika 7 Požar u centralnoj zoni

Iz svega priloženog izveden je zaključak da postojeća distributivna vodovodna mreža ne može da obezbedi protivpožarne kapacitete određene propisom za celo naselje, kao i da vodovodna mreža nije izgrađena u skladu sa odgovarajućim propisima.

Zbog gore navedenog dato je rešenje planiranog stanja.

### 5.2. Hidraulička analiza planiranog stanja

Osim predviđene rekunstrukcije, odnosno postavljanja novih PE cevi u oko 95 % slučajeva, planirana je i dogradnja sistema rezervoarom i crpnom stanicom u sklopu postrojenja za preradu vode. Sistem od bunara do rezervoara se projektuje na maksimalnu dnevnu potrošnju, a sistem od rezervoara do naselja na maksimalnu časovnu potrošnju.

Proračun potrošnje se sprovodi na isti način kao i za postojeće stanje, s tim da su se koeficijenti dnevne i časovne neravnomernosti procenili uz pomoć empirijskih obrazaca u f-ji broja stanovnika [3]:

$$f_d = 3,9 * E^{-0,0752} \quad (7)$$

$$f_h = 18,1 * E^{-0,1682} \quad (8)$$

Gde je E – broj stanovnika

Kada su koef. neravnomernosti određeni, procenjene srednje dnevne, maksimalne dnevne i maksimalne časovne potrošnje se određuju na osnovu sledećih obrazaca [3]:

$$Q_{sr,dn} = N * q_{spec} \quad (9)$$

$$Q_{max,dn} = f_d * Q_{sr,dn} \quad (10)$$

$$Q_{max,h} = f_h * Q_{sr,dn} \quad (11)$$

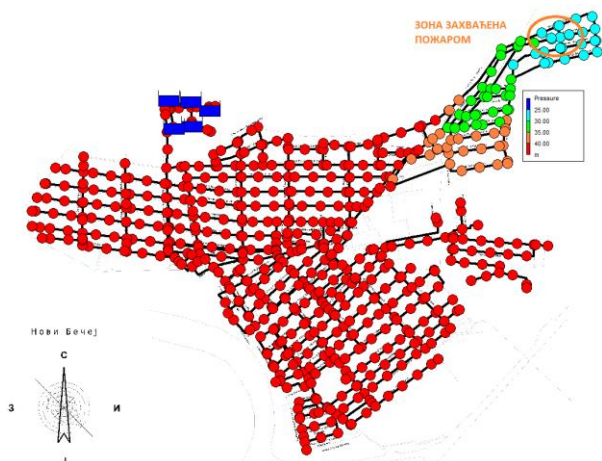
Prilikom izrade simulacije planiranog stanja za sve novopostavljene PE cevi usvojen je koeficijent hrapavosti  $k=0,2-0,3$  mm. Usvojeni gubici predstavljaju 15 % od srednje dnevne potrošnje.



### 5.2.1. Ocena planiranog stanja

Dobijeni rezultati ukazuju na to da ni u jednoj zoni za najkritičniji period (16h) bez opterećenja na požar, kada je koeficijent časovne neravnomernosti najveći ( $K_h=1,95$ ) u svim zonama naselja ne postoji pritisak manji od 4,8 bar i brzine veće od 2,5 m/s, što je u skladu sa propisima.

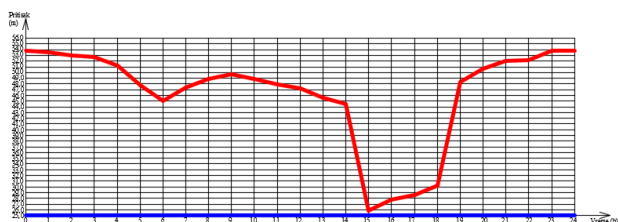
Što se tiče požara, za naselje Novi Bečej prema broju stanovnika potrebno je izvršiti kontrolu za dva uzastopna požara u trajanju od 2 h, pri proticaju od 20 l/s; odnosno 4 nadzemna hidranta x 5 l/s [3].



Slika 8. Požar u severoistočnoj zoni

Slika 8 ukazuje da su pritisci i u zoni koja je bila najkritičnija u postojećem stanju (severoistočnoj) za vreme požara veći od 2,5 bara, što je osnovni kriterijum hidrauličkog proračuna.

Na slici 9 vidi se grafik koji prikazuje promenu pritiska kroz vreme u nadzemnom hidrantu pri požarnom opterećenju (plavo obojena linija predstavlja minimalni pritisak od 2,5 bar).



Slika 9. Promena pritiska kroz vreme u nadzemnom hidrantu

### 5.2.2. Postrojenje za preradu vode

Postrojenje za prečišćavanje bunarske vode sa svim potrebnim objektima i infrastrukturom potrebnom za njegovo funkcionisanje, treba da zadovolji maksimalnu dnevnu potrošnju i maksimalnu časovnu potrošnju sa požarom.

Osnovni problemi sa aspekta kvaliteta sirove bunarske vode jeste povećan sadržaj prirodnih organskih materija, arsena, natrijuma i bora. U okviru tehnologije prečišćavanja obuhvaćeni su svi potrebni objekti za preradu vode za predviđeni tehnološki proces, kao i eventualne emisije zagađujućih materija (otpadna voda od dehidracija mulja, ispiranje filtera, membrana...).

Postupak prerade treba da sadrži sledeće celine:

1. Aeracija/degazacija/rezervoar sirove vode
2. Predozonizacija
3. Koagulacija/flokulacija/taloženje
4. Filtracija na dvomedijumskim peščanim filterima
5. Ozonizacija/destrukcija ozona
6. Adsorpcija na GAU filterima
7. Reverzna osmoza
8. Dezinfekcija
9. Tretman tehnoloških otpadnih voda od pranja filtera

## 6. ZAKLJUČAK

Analizom postojećeg stanja vodovodne mreže naselja Novi Bečej utvrđeno je da postoji neusklađenost sa osnovnim pravilima struke. Ovo se odnosi kako na kriterijume hidrauličkog proračuna, tako i na kvalitet vode za piće.

Iz tog razloga je predložena rekonstrukcija vodovodne mreže koja će ispunjavati osnovne uslove za dimenzionisanje vodovodne mreže i kriterijume hidrauličkog proračuna. Da bi planirani sistem zadovoljavao Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, on mora biti dograđen postrojenjem za preradu vode. U rekonstruisanoj vodovodnoj mreži, planirana je upotreba samo PE cevi. Dominantan prečnik je  $\varnothing 110$  mm, dok je primarni magistralni cevovod prečnika  $\varnothing 315$  mm.

## 7. LITERATURA

- [1] „Mehanika fluida“ (prva knjiga- „Uvođenje u hidrauliku“), Georgije Hajdin, Građevinski fakultet u Beogradu, 2002. god.
- [2] EPANET 2.0 – uputstvo za upotrebu
- [3] Komunalna hidrotehnika, pisana predavanja doc. dr. Matije Stipića, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2016. god.

### Kratka biografija:

**Sladana Đatkov** rođena u Novom Sadu 1994. godine. Završila osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka univerziteta u Novom Sadu na departmanu za građevinarstvo i geodeziju – osek hidrotehnika 2018. godine. Master rad na istom odelu iz oblasti Građevinarstvo – komunalna hidrotehnika odbranila je 2020. godine.

**Matija Stipić** rođen u Somboru 1964. godine. Doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka univerziteta u Novom Sadu 2009. godine, a od 2011. god. ima zvanje docenta. Oblasti interesovanja su hidraulika i komunalna hidrotehnika.



UTICAJ POJAVE I RAZVOJA BUILDING INFORMATION MODELING SOFTVERA NA PROJEKTOVANJE I MENADŽMENT U GRAĐEVINARSTVU

THE IMPACT OF IMPLEMENTATION OF BUILDING INFORMATION MODELING SOFTWARE ON DESIGN AND CONSTRUCTION MANAGEMENT

Aleksandra Todorović, Igor Peško, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

**Kratak sadržaj** – *Building Information Modeling (BIM)* predstavlja proces stvaranja i upravljanja projektnim podacima u toku same razrade projekta. BIM ne “doživljava” objekat kao običan crtež, rad ovog softvera se zasniva na kompletnom i detaljnom modeliranju objekta sa sposobnošću da se svaka izmjena u prostornom modelu automatski registruje u osnovama i presjecima. Istraživanjem u ovom radu došli smo do slike koliko je BIM softver zastupljen u Srbiji. Možemo da zaključimo da je implementacija BIM softvera u Srbiji započeta, ali ni približno završena. Tek pojedinci su u potpunosti predani načinu gradnje u BIM okruženju i nailaze na prepreke zbog saradnje sa ostalima koji nisu upoznati sa ovim softverom. Mnogo je bitna činjenica da se inženjeri samostalno interesuju i obučavaju za rad u ovom softveru. Nadajmo se da će svojim interesovanjem i djelovanjem podstaknuti čelnike firmi da se okrenu ka inovacijama u tehnologiji građevinske industrije.

**Ključne reči:** *Building Modeling Information (BIM), CAD, implementacija, softver, projekat, građevniska industrija*

**Abstract** – *Building Information Modeling (BIM)* is the process of creating and managing project data during the project development process. BIM does not “perceive” an object as a simple drawing; the operation of this software is based on complete and detailed modeling of the object with the ability to automatically register any changes in the spatial model in the basics and sections. Through the research in this paper we have come to the picture of how much BIM software is represented in Serbia. We can conclude that the implementation of BIM software in Serbia has been started, but not nearly finished. Only individuals are fully committed to the way they are built in the BIM environment and they encounter obstacles due to collaboration with others unfamiliar with this software. It is very important that engineers take an independent interest in and train themselves to work in this software. Hopefully, with their interest and actions, they will encourage business leaders to turn to innovations in the technology of the construction industry.

**Keywords:** *Building Modeling Information (BIM), CAD, implementation, software, project, construction industry*

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Peško, vanr. prof.

**1. UVOD**

Prelazak na BIM softver možemo gledati kao primjenu novih tehnologija za rad sa objektima, uključujući novi pristup dizajnu, novi nivo organizacije izgradnje, potpuno nove načine upravljanja eksploatacijom, a ne samo kao prelazak na novi program.

**2. KARAKTERISTIKE I RAZVOJ BUILDING INFORMATION MODELING-A**

Ono što Building Information Modeling obezbjeđuje je stvaranje virtuelnog modela objekta prije nego što sam objekat bude fizički izveden – izgrađen. Ovo omogućava svim učesnicima projekta da projektuju, analiziraju redoslijed radova i istražuju projekat kroz digitalno okruženje. Ovakvim pristupom projektu znatno se može uticati na uviđanje problema u procesu gradnje i rješavanje istih dok još gradnja nije ni počela, što nas automatski vodi ka smanjenju troškova (daleko su jeftinije promjene na modelu u virtualnom okruženju nego na samom objektu koji se gradi). Upotreba BIM-a ne prestaje odmah nakon što je zgrada osmišljena i izgrađena. BIM model može biti od koristi kada krene faza rada i održavanja objekta, kao i za obnovu i rušenje objekta [1].

Tradicionalno projektovanje se u velikoj mjeri oslanja na dvodimenzionalne tehničke crteže. BIM to proširuje 3D modelovanjem koje podrazumijeva tri osnovne prostorne dimenzije (širina, visina i dubina), s vremenom kao četvrtom dimenzijom (4D) i troškovima kao petom (5D). Postoji i 6D projektovanje [2]. Prema tome, BIM pokriva više od same geometrije; pokriva i prostorne odnose i geografske informacije, kao i količine i svojstva komponenti samog objekta (na primjer, detalji proizvođača). Zbog toga, prelazak na BIM ne predstavlja uobičajeni prelazak sa jednog softvera na drugi. BIM zahtjeva potpuno drugačiji pristup procesu projektovanja i daleko veću interaktivnu razmjenu podataka od onog na koji je većina arhitekata, građevinskih inženjera i inženjera drugih struka navikla. BIM omogućava modelovanje pojedinih dijelova i elemenata objekta i to je suštinsku prednost u odnosu na klasične programe koji se zasnivaju na vektorskim crtežima zasnovanim na linijama koje čine crtež. BIM kao koncept upravljanja projektom nalazi primjenu u svim fazama projekta: projektovanju, vizuelizaciji, simulaciji, izradi tehničke dokumentacije i izgradnji.

Najveća prednost BIM-a jeste pouzdaniji prenos informacija između različitih projektnih timova, ali i projektanata i izvođača. Odnosno, po završetku projekta,

oni koji održavaju objekat imaju pristup veoma pouzdanim informacijama.

### 3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Statistička metoda može se nazvati i opšta naučna metoda koja je u novije vrijeme postala jedna od najvažnijih naučnih metoda koja se često koristi u naučno-istraživačkom radu u svim naučnim područjima. Istraživanja u naučnim područjima društvenih nauka nezamisliva su bez primjene statističke metode. Statistika je nauka o metodama pomoću kojih analiziramo pojave koje nas okružuju tako da pomoću grafikona i izračunatih pokazatelja otkrivamo njihove strukture, karakteristike i zakonitosti u pojedinim vremenskim intervalima te uzročno-posljedične veze između tih pojava. Prikupljanje podataka je dio svakog istraživanja i podrazumjeva korišćenje svih osnovnih metoda i zavisno od predmeta neke opšte naučne metode (najčešće korišćene metode su: komparativna, hipotetičko – deduktivna i statistička metoda) [3].

Postoji više metoda prikupljanja podataka [4]:

- Ispitivanje
- Posmatranje
- Eksperiment
- Studija slučaja
- Biografska metoda
- Test
- Analiza sadržaja dokumenta

Ispitivanje je metoda prikupljanja podataka preko iskaza ispitanika (onih koji su ispitani). Prednost jeste da je najviše korišćena metoda jer predmet mogu biti i događaji i ponašanja u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti. Nedostatak jeste da ispitanici mogu biti nekompetentni i dati neistinite iskaze pa je ova metoda veoma nepouzdana.

Prema načinu istraživanja, ispitivanje može biti:

- Usmeno – odgovori u neposrednoj komunikaciji;
- Pismeno – odgovori u pismenoj formi;
- Kombinovano.

Upitnik predstavlja instrument za sprovođenje ankete sa nizom pitanja u vezi sa predmetom istraživanja na koja se traži odgovor [5].

Postoje dvije vrste upitnika, oni za prikupljanje podataka i oni za prikupljanje stavova.

Detalji o kojima se mora voditi računa jesu: ko će ispunjavati konkretni upitnik, kakvo je obrazovanje onih kojima je upitnik namjenjen, jesu li opterećeni ikakvim predrasudama, izgled upitnika (da li je lijep ili ružan, kratak ili dugačak, pregledan i raznovrstan ili jednoličan) jer od toga zavisi i spremnost ispitanika da učestvuje u anketiranju.

Vrste pitanja u upitniku po njihovom obliku mogu biti: pitanja s otvorenim odgovorom i zatvorena (pitanja fiksiranog izbora).

Prednosti otvorenih pitanja jesu da ih je lako sastaviti, ne usmjeravaju ispitanika na određeni odgovor, veća je heuristička vrijednost, odgovori mogu dobro poslužiti za sastavljanje zatvorenih pitanja jer upućuju na učestalost određene vrste odgovora.

### 4. UTICAJ BIM-A NA PROJEKTOVANJE I MENADŽMENT U GRAĐEVINARSTVU

Cilj ovog istraživanja jeste da se putem upitnika dobije jasna slika koliko i kako BIM softver utiče na razvoj građevinske industrije i u kojoj mjeri je primjenjen na našim prostorima. Pri sastavljanju pitanja koja se nalaze u upitniku, pažnja je obraćena na informacije o samim kompanijama i ispitanicima, na opšte znanje o BIM tehnologijama, kao i na svim prepreke i beneficije rada u BIM okruženju.

Koristili smo studije slučaja koje su nam dale dovoljno podataka da bi se mogla sprovesti analiza. Nakon prikupljenih podataka iz upitnika koje smo koristili kao instrumente ovog istraživanja i njihove adekvatne analize, dobijena je slika kako BIM softver utiče na razvoj građevinske industrije i koliko je primjenjen na našim prostorima.

U upitnicima su korištena pitanja otvorenih i zatvorenih odgovora, od kojih su korištene obje vrste, kako oni sa ponuđenim odgovorima intenziteta, tako i oni sa ponuđenim odgovorima nabiranja. Ono što je bitno, upitnici koji su korišćeni u ovom istraživanju sastoje se iz tri sekcije:

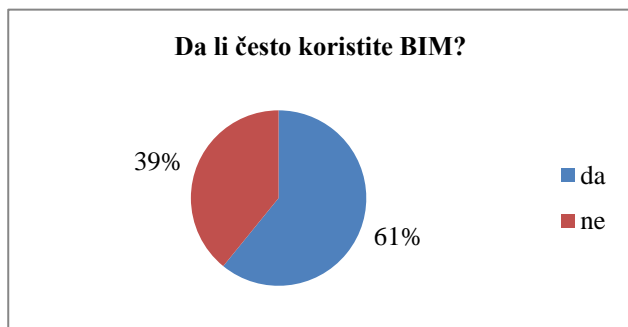
- sekcija A je obuhvatila pitanja u vezi sa ličnim informacijama, gdje su prikupljene informacije o polu, životnoj dobi, nivou obrazovanja i profesionalnoj okupaciji;
- sekcija B je obuhvatila biheviorističke karakteristike ispitanika, gdje su prikupljeni stavovi i mišljenja, kao i nivo implementacije BIM softvera od strane ispitanika;
- sekcija C je obuhvatila SERVQUAL model sa ciljem da se stvori uvid u ocjenivanje značajnosti implementacije ovog softvera za razvoj građevinske industrije.

Kvantitativna metoda predstavlja istraživanje koje se sprovodi u društvenim naukama oslanjajući se na teoriju vjerovatnoće i statistiku, a rezultati dobijeni na uzorku ispitanika primjenjuju se na cjelokupnu populaciju. Prednosti kvantitativne metode, pre svega se ogledaju u tome da se sprovodi testiranje i potvrđivanje unapred definisanih hipoteza o tome kako i zašto se javljaju određeni fenomeni. Zatim se testira hipoteza, prije nego što su prikupljeni podaci. Nedostaci primjene kvantitativne metode, sa druge strane, ogledaju se u tome da kategorije, koje je odabrao istraživač možda ne odražavaju shvatanja lokalnih izabranih grupa. Teorije, koje koristi istraživač, možda ne odražavaju shvatanja lokalnih izabranih grupa. Istraživač može propustiti dešavanje fenomena zbog fokusa na teoriju ili hipotezu, koju testira (potvrda pristrasnosti). Na ovaj način proizvedeno saznanje je možda previše apstraktno i opšte, za direktnu primjenu na specifične situacije, kontekste i pojedince.

### 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

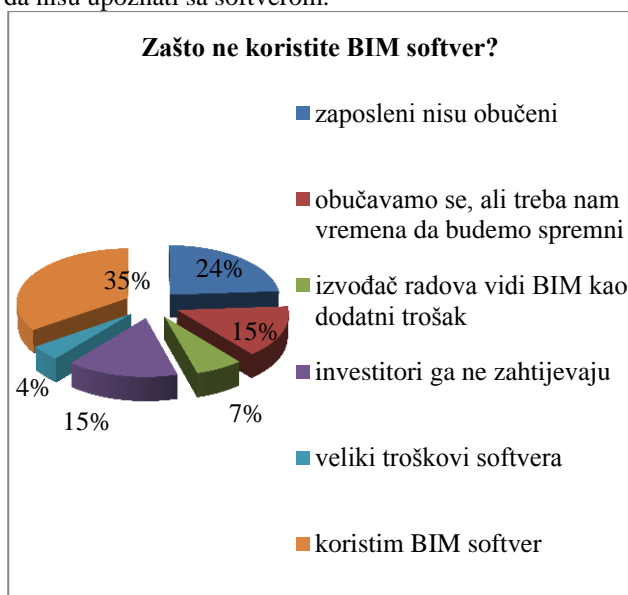
Analizom rezultata istraživanja, dobijamo sliku o nivou implementacije BIM softvera u Srbiji, kao i o njegovom

uticaju na projektovanje i menadžment. Izabrani su za prikaz neki od nainteresantnijih podataka – koliko se koristi BIM softver u Srbiji i koji su razlozi zašto (ako) se ne koristi.



Slika 1. Da li često koristite BIM?

Na kom nivou je implementacija BIM softvera u Srbiji, možemo vidjeti na Slici 1: 61% ispitanika odgovorilo je da često koristi BIM softver, dok je 39% ispitanika odgovorilo da ne koristi BIM softver često, što ne znači da nisu upoznati sa softverom.



Slika 2. Zašto ne koristite BIM softver?

Prema podacima iz predmetnog istraživanja, osnovne prepreke pri implementaciji Bim softvera su neobučenost zaposlenih, trenutna obuka i nezainteresovanost investitora za BIM softver (Slika 2).

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon detaljne analize rezultata ovog istraživanja, možemo da zaključimo da je implementacija BIM softvera u Srbiji započeta, ali ni približno završena. Tek pojedine firme i pojedinci (inženjeri) su u potpunosti predani načinu gradnje u BIM okruženju i oni nailaze na prepreke zbog saradnje sa ostalima koji nisu upoznati sa ovim softverom. Gledano sa druge strane, upoređujući Srbiju sa ostalim evropskim zemljama u građevinskoj industriji, možemo biti do određene mjere i zadovoljni sa nivoom implementacije BIM softvera u Srbiji. Mnogo je bitna činjenica da se inženjeri samostalno interesuju i obučavaju za rad u ovom softveru. Nadajmo se da će svojim interesovanjem i djelovanjem podstaknuti čelnike

firmi da se okrenu ka inovacijama u tehnologiji građevinske industrije.

Ovim istraživanjem dobijena je slika o nivou implementacije i korištenju BIM softvera u Srbiji i okolnom regionu, kao i o prednostima i nedostacima ovog softvera. Building Information Modeling, kao napredna evolucija CAD programa, predstavlja nešto čemu teže ili će biti primorane da teže sve kompanije. Istraživanje u ovom radu može pomoći pri implementaciji BIM softvera, jer ukazuje na prepreke i probleme na koje se može naići prilikom implementacije, kao i na to kako je najlakše krenuti sa implementacijom.

Iako je Srbija zemlja koja je već polako počela sa implementacijom BIM softvera, ne možemo reći da postoji veliki broj poznavalaca BIM-a. Samim tim, ovo istraživanje je ograničeno sa strane kvantiteta ispitanika.

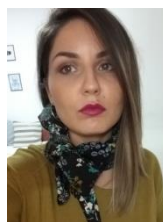
Samo ovo istraživanje može poslužiti kao vodič kroz implementaciju BIM softvera za kompanije i firme koje još uvijek nisu imale dodira sa ovim softverom.

Svima koji će se u budućnosti bave istraživanjem vezano za BIM, predlažem da istraživanje prošire na susjedne zemlje da bi se dobila kompletna slika o nivou implementacije na Balkanu. U budućnosti, kada broj korisnika BIM-a znatno poraste, istraživanje se može bazirati na korištenje samih BIM alata, a ne na implementaciju za koju je neminovno da dolazi u budućnosti.

## 7. LITERATURA

- [1] Brad Hardin, Dave McCool – BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods and Workflows, Second Edition
- [2] István Vidovszky PhD, Faculty of Architecture: Department of construction technology and management – Building Modeling Information
- [3] Z. Lalović (2009.) – Metodologija naučno-istraživačkog rada sa osnovama statistike
- [4] D. Mihailović (1999.) - Metodologija naučnih istraživanja
- [5] [www.hr.wikipedia.org](http://www.hr.wikipedia.org)

### Kratka biografija:



**Aleksandra Todorović** rođena je u Arandelovcu 1992. godine. OAS završila je 2017. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu (odsjek Građevinarstvo). Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu (odsjek Građevinarstvo) odbranila je 2020. godine. kontakt: alekst92@gmail.com



**Dr. Igor Peško** Rođen je 30.06.1981. god. u Bačkoj Palanci. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu (odsek Građevinarstvo) 2006. god. Doktorsku disertaciju pod nazivom "Model za procenu troškova i vremena izgradnje gradskih saobraćajnica" odbranio je 2013. god. Zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka, na Departmanu za građevinarstvo kao vanredni profesor.



**INTEGRISANI PRISTUP FABRIKOVANJU PAVILJONSKIH STRUKTURA LINIJSKIM ELEMENTIMA****AN INTEGRATED APPROACH TO FABRICATING PAVILION STRUCTURES WITH LINEAR ELEMENTS**

Katarina Pavlić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ARHITEKTURA I URBANIZAM**

**Kratak sadržaj** – Istraživanje se bazira na ispitivanju adekvatnog oblika strukture pomoću parametričkog modeliranja, načina izrade konstrukcije i implementacije strukture kako bi se omogućio oživljavanje prostora. Novi oblik građevine utiče na atraktivnost i lepotu starog prostora. Primenom određenih digitalnih alata, postići zakrivljenu formu. Ispitati podelu linearnih štapova na trougaone elemente i podelu mnogouglovima. Uporediti pristupe i naći adekvatan vid spojnica.

**Ključne reči:** Urbani džep, Aproksimacija, Fabrikacija, Trougaona podela, Mnogougona podela

**Abstract** – The research is based on the examination of the adequate shape of the structure by means of parametric modeling, the method of constructing the structure and the implementation of the structure in order to enable the revival of space. The new shape of the building will affect the attractiveness and beauty of the old space. By applying certain digital tools, achieve a curved shape. Examine the division of linear rods into triangular elements and the division of polygons. Compare approaches and find the right type of couplings.

**Keywords:** Urban pockets, Approximation, Fabrication, Triangular division, Polygon Split

**1. UVOD**

Pitanje oživljavanja manjih urbanih celina uzrokovano ubrzanom rastom i razvojem gradova, postalo je veoma interesantno u 21. veku. Nagle socio-ekonomske promene u različitim delovima gradova su razlog povećanja problema koji se manifestuje u vidu zapuštenih urbanih prostora u celom svetu.

Ova pojava naziva se urbano propadanje. Uzroci propadanja su različiti, a mogu se podvesti pod su propadanje industrije i napuštanje objekata. Najučestaliji način rešavanja ovog problema je prenamena prostora. Pored toga moguće je izvršiti oživljavanje istog manjim urbanim intervencijama.

Pod malim urbanim intervencijama podrazumeva se najčešće uređenje gradskih prostora malih dimenzija, koje imaju veliku socijalnu vrednost, ekološku vrednost i/ili veliku frekventnost saobraćaja.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Bojan Tepavčević, vanr. prof.

**2. OBLAST ISTRAŽIVANJA**

Urbana intervencija se izvodi u velikom broju slučajeva na urbanim džepovima, što se postiže uvođenjem rasvete, urbanog mobilijara i/ili prostornim instalacijama. Pod prostornim instalacijama se obično podrazumeva izgradnja određene strukture, u vidu paviljona ili nadstrešnice, pri čemu se uvode novi sadržaji i povećava funkcionalnost neadekvatno rešenih urbanih celina.

Paviljoni su decenijama služili za isprobavanje inovativnih tehnika izgradnje i dizajna, i kao takve mogu doprineti oživljavanju prostora.

Cilj rada je ispitivanje adekvatne forme paviljonske strukture putem parametarskog modelovanja, način fabrikacije strukture i implementacijom strukture omogućiti oživljavanje prostora. Novom formom strukture uticati na atraktivnost i lepotu starog prostora.

Ideja je napraviti prostornu instalaciju, koja bi smanjila prodor direktne svetlosti na odabranoj lokaciji. Struktura treba da bude funkcionalna, samonosiva i da omogući pružanje zelenila po njoj, a svojom formom da ne naruši funkcionisanje saobraćaja.

**3. PRISTUP TEMI**

Uvidom u primere “The Beans” Park Milenium [1], paviljon ispred Valeriana centra [2], “Varde” in Vallero Square [3], paviljon ispred bolnice u Los Angelesu [4], “FaBRICKate Project” by ADAPT [5] i istraživačkih paviljona ICD + ITKE [6,7], zaključeno je da urbane intervencije mogu doprineti razvoju nekog dela grada, ali da njihova fabrikacija može biti komplikovana. Koriste se novi materijali, parametarsko modelovanje i nove mašine za izradu struktura.

Nakon toga je urađena analiza zelenila u Novom Sadu, kojom je uvrđeno da grad ima 5 % zelenih površina i visokog rasteња u odnosu na ukupnu količinu izgrađenosti. Na to je uticao proces širenja grada, gradskog jezgra ka obodu, rušenje kuća, spajanje parcela u cilju izgradnje stambenih betonskih blokova.

Potom je analizirana odabrana lokacija smeštena u blizini Srpskog Narodnog Pozorišta, u samom centru grada, gde pristaje veći broj autobuskih linija.

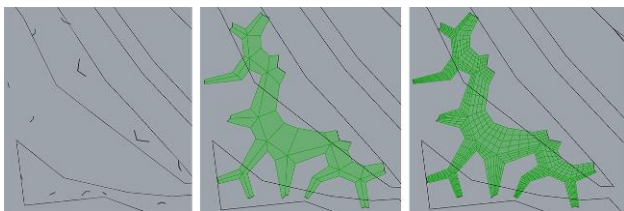
Veliki broj škola srednje stručne spreme se nalazi u okolini, stoga dosta đaka posećuje ovo područje. U neposrednoj blizini okretnice se nalazi Hotel Centar i Uspenska crkva. Posедуje veliku frekventnost saobraćaja, veliku koncentraciju ljudi i buke. Lokacija je izložena padavinama i suncu. Prostor lokacije nema nadstrešnicu.

## 4. PROCES MODELOVANJA

Sa jasno definisanim pravcima saobraćaja, mapiranim natkrivenim i nenatkrivenim stajalištima za autobuse, kao i slobodnom površinom za kreiranje oslonaca, pristupilo se generisanju forme. Za generisanje forme odabrano je da se koristi proces dinamičke optimizacije poligonalne strukture. Takav proces podrazumeva generisanje inicijalnog oblika forme, a zatim iterativno poboljšavanje takve forme primenom određenih sila i krajnjeg kriterijuma. Primenom metode modelovanja lančanica analognim putem i njenom interpretacijom digitalnim alatima, na sva temena poligonalne forme mogu da se primene vertikalne sile, dok se ivicama dodeljuje kriterijum da očuvaju što više svoju inicijalnu dužinu. Ovako generisana forma ima takav prenos sila koji odgovara samonosivim formama.

Proces generisanja forme otpočet je, stoga, na sledeći način:

- određivanje oslonaca u vidu izlomljenih pravih linija (Slika 16 levo)
- iscrtavanje inicijalnog oblika forme primenom manjih četvorougaoih segmenata, koji se dodiruju po ivicama (Slika 16 sredina)
- dodatna podela takvih segmenata na manje četvorougaoone segmente (Slika 16 desno) - veći broj podela doprinosi većoj aproksimaciji zakrivljenosti



Slika 1. Podela na manje segmente, usitnjavnije na kvadrove, spojena čitava struktura

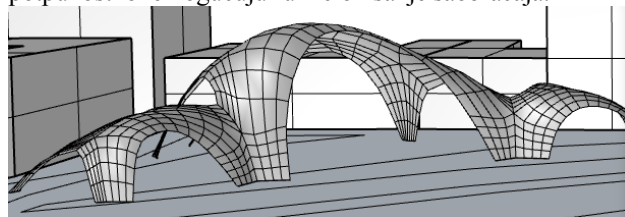
Krajnji korak je da se svi kvadrovi sintegrišu u jedan poligonalni model kako bi sile prilikom simulacije mogle da deluju na čitavu formu, a ne samo na segmente. Pored toga, delovi poligonalne strukture koji dodiruju izlomljene linije oslonaca su postavljene tako da su oslonci tj. da se njihova pozicija ne menja, kako bi dati proces optimizacije prikazao validan rezultat.

### 4.1 Generisanje forme

Generisanju oblika forme se pristupa na dva načina, pomoću SmartForma dodatka i upotrebom Kangarooa. Prilikom modelovanja vođeno je računa o visini lukova, kako bi struktura bila dovoljno visoka da saobraćaj neometano funkcionisše ali i da svojom formom nastreši prostor. U obzir su uzeta motorna vozila su visoka do 4,8m, kao što su kola hitne pomoći, vatrogasna kola i standardne visine autobusa. Takođe, za primenu oba pristupa bilo je potrebno definisati fiksni tačke ili linije tj. pronaći položaj oslonaca, kako bi se struktura dovela do trodimenzionalne forme.

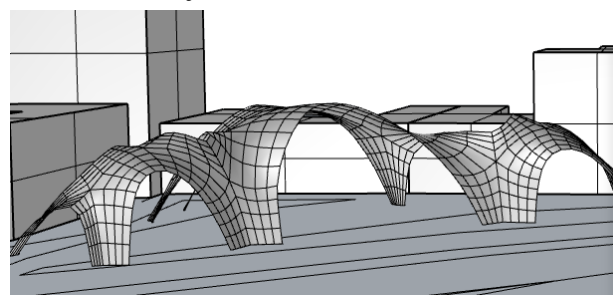
Prvim pristupom, modelovanje putem SmartForma, dodatka sa kojim se veoma brzo modeluje, analizira i optimizuje zekrivljena forma, dobijen je oblik kod koga se središnji deo znatno razlikuje od desnog i levog po uglu zakrivljenosti i visini (Slika 2). Ovakav položaj lukova daje

stabilnost strukturi. Promenom parametara i samanjnjem centralnog dela strukture, preostali delovi postaju niski i u potpunosti onemogućuju funkcionisanje saobraćaja.



Slika 2. Generisanje forme putem SmartForm dodatka

Kangaroo pristupom se lakše utiče na generisanje visine lukova i na njihov međusobni odnos (Slika 3), jer ovaj pristup dozvoljava putem parametara utiče na to koje sile deluju i pod kojim uslovima stvaraju trodimenzionalnu formu. Uprkos tome, prvi pristup to radi na način da struktura bude stabilnija tj. samonosiva sto je vise moguće. Kangaroo formom su zadovoljeni svi kriterijumi namene strukture i prema tome su utvrđene dimenzije; krajevi strukture visoki do 5m, srednji deo 6m a sama sredina strukture je 6,5m visine.



Slika 3. Generisanje forme preko Kangarooa

Analizom osunčanosti, koja je primenjena na oba pristupa modelovanja forme, utvrđeno da Kangaroo dodatkom se dobija forma koja pravi veći zaklon od Sunca na što ukazuje povećan broj zelene boje oko središnjeg dela strukture.

### 4.2 Aproksimacija forme strukture

Primenjena su dva pristupa:

- Podela na jednakokrane trouglove
- Podela na mnogouglove

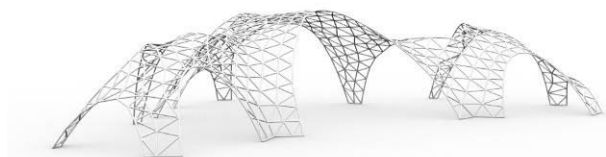
Kako je jedna od namena strukture podkonstrukcija zelenilu, potrebno je nastalu zakrivljenu površ razložiti na manje linijske segmente. Nastaje problem velike udaljenosti između linija, stoga je neophodno aproksimirati formu i optimizovati površ.

#### 4.2.1 Trougaona podela

Za proces nastanka trougaone podele pribegava se upotrebi Kangaroo dodatka i jednog od naprednih digitalnih alata u njemu - MeshMachine<sup>1</sup>. Dati dodatak funkcionisše na način da se odabere određena geometrija koje želi da se aproksimira trouglovima, uz odabir fiksni delova geometrije poput temena, ivica ili dodatnih tačaka i krivih na površi. Najbitniji parametar je onaj kojim se menja okvirna veličina ivica trouglova odnosno, dužina budućih štapova. Uslov za dužinu štapa je material od koga se fabrikuje struktura kao i veličina trougaonih

<sup>1</sup> MashMachine – dodatak za Grasshopper kojim se forma deli na trouglove

otvora koji nastaju primenom štapova takve dužine. Mala dužina štapova uslovlila bi veliki broj trouglova, čineći fabrikaciju strukture vremenski zahtevnom i ekonomski neisplativom, iako bi zakrivljenost bila na visokom nivou. Nasuprot tome, povećavanje dužine stranica trouglova činilo bi veće raspone među njima koju vegetacija ne može da premosti. Zbog toga je primenjena dužina od 170cm što formira dužinu stranice trougla od oko 2m. Planirana fabrikacija strukture je od lameliranog drveta, stoga ove dimenzije štapova mogu biti i duže od 2m ali zbog potrebe vegetacije nisu povećane. Na slici 4 je prikazana trougaona aproksimacija forme.



Slika 4. Postignuta forma algoritmom podele na trouglove

Međutim, glavni problem ovog principa podele je što se stranice trouglova integrišu u jednu tačku pod različitim uglovima. Broj stranica u jednoj tački nije konstantan, kao ni ugao pod kojim se sutiču, što dovodi do komplikovanijeg modelovanja spojnica za ovakav tip konstrukcije.

#### 4.2.2 Mnogougona podela

Za drugi pristup podele se takođe koriste napredni alati iz Kangaroo dodatka. Uzimajući da ovaj dodatak omogućava uvođenje ograničenja i sila u geometrijskim elementima forme na razne načine, pristup za dobijanje podele na mnogouglove je osmišljen imajući u vidu sledeće stvari. Prvo, podela na nepravilne mnogouglove može da uzrokuje jako oštre ili jako tupe uglove između ivica (uglovi manji od 30 i veći od 150 stepeni), što može biti otežavajući faktor za spajanje štapova u datom temenu. Dalje, postojanje jako malih ivica može da napravi problem da ni ne može da se umetne drveni linijski element između spojnica. Na kraju, otvor koji proizvode nepravilni mnogouglovi može biti tako velik da zelenilo ne može da premosti dato rastojanje, a pritom omogućava prodor sunca, čineći celu strukturu neadekvatnom za namenu koja joj je određena - nadstrešivanje prostora i potkonstrukcija za zelenilo.

Kako bi se uopšte započeo proces aproksimacije na mnogouglove, potrebno je dobiti neku inicijalnu podelu na mnogouglove. Najlakši način za postizanje tako nečg je generisanje određenog broja tačaka na poligonalnoj strukturi i zatim generisanje Voronoi ćelija po njoj. Bilo kakva početna podela na mnogouglove je potrebna, kako bi postojao inicijalni skup geometrije koji treba da se optimizuje prateći sledeće uslove:

- dužina ivica mnogouglova u određenom opsegu veličina (dakle oko 170cm),
- uglovi između elemenata da budu od 60 do 120 stepeni,
- veličina otvora da ne bude veća od kruga površina  $0,5m^2$  (što odgovara upisanom krugu u trougao ivice 170cm.



Slika 5. Postignuta forma algoritmom podele na mnogouglove

Struktura je sada izdijeljena na mnogouglove sa četiri, pet ili šest stranica koje se integrišu u jednu tačku. Ta tačka je mesto spojnica, čije modelovanje je mnogo jednostavnije nego kod trougaone podele. Struktura nije planarna kao što bi bila u prvom slučaju sa trougaonom podelom, ali se aproksimacija radi linijskim, a ne pločastim materijalima pa taj uslov nije posebno bitan.

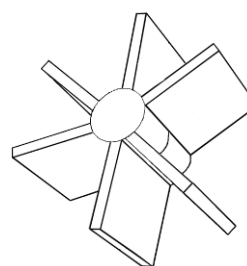
#### 4.3 Generisanje spojnica

Stranice mnogouglova su štapovi koji se sučeljavaju u jednoj tački tj. spojnici. Zbog analiziranja dva načina podele strukture na linijske segmente, razmatrana su i dva pristupa modelovanja spojnica:

- Forma cilindra sa ležištima
- Forma zarubljene piramide

##### 4.3.1. Generisanje spojnica cilindrom

Forma spojnica cilindra se koristi u sličnim situacijama i stoga je poslužila kao dobar polazna osnova. Glavni koncept primene spojnica u vidu cilindra sa flahovima je da se na mestima sučeljavanja štapova uvede cilindar na koji se zavaruju ravanski flahovi na koji se kasnije kače štapovi. Osa cilindra ima pravac rezultante vektora normale ćelija koje dele tu tačku, dok flahovi leže u ravni koja je određena osom cilindra i pravcem pružanja pojedinačnog štapa. Na taj način, flahovi se vare na cilindar duž izvodnica cilindra. Dodatno, na ravanskim flahovima (slika 6) može da se izbuši red rupa, kolinearno postavljenih kružnih otvora, koji prate nagib štapova u odnosu na pravac izvodnice.



Slika 6. Detalj spojnica cilindra

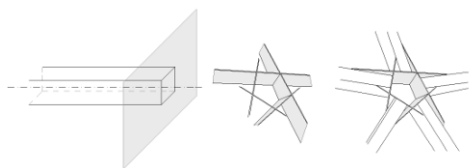
Problem koji se javlja prilikom primene na datu formu je što su ose dva cilindra koje spaja jedan štap mimoilazne, zbog promenljive zakrivljenosti forme. Ako bi se štapovi spojili kao na primeru sa Slike 25 levo, morali bi da se vitopere, jer ravan flaha na jednoj strani ne odgovara ravni flaha na drugoj strani. Kako bi se zaobišao taj problem, ili bi štapovi morali da budu sečeni pod nekim uglom u odnosu na svoj poprečni presek ili bi flahovi morali da se vare na cilindar po elipsastom preseku, što dosta otežava ceo proces izrade, koji treba da bude pojednostavljen što je više moguće - da se koriste



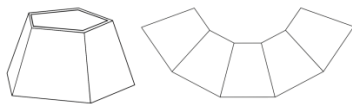
ravanski elementi, jednostavno zavarivanje i lasersko sečenje.

#### 4.3.2. Generisanje spojnice pramidom

Uzimajući da nije moguće usaglasiti ravni duž štapova sa osama cilindara, drugi pristup podrazumeva malu izmenu odabira pozicija i orijentacija ravni, gde se pažnja usmerava na ravni koje su upravne na pravac pružanja štapova, i na određenom rastojanju od mesta suticanja. To znači da ako se u te ravni umetne ravanska površ, međusobni preseki takvih površi koje su blizu jednog mesta suticanja bi generisale takav skup površi koji može da se razmota. Dodatnim uproščavanjem ovakvog koncepta, takav skup površi, može da se pojednostavi omotačem zarubljene piramide (Slika 7), čiji broj strana zavisi od broja štapova u datom temenu strukture.

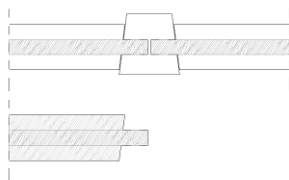


Slika 7. Proces nastanka spojnice



Slika 8. Oblik spojnice

Unutar zarubljene piramide se sa svake strane buše otvori, kako bi štap mogao da ulegne, bez obzira na orijentaciju poprečnog preseka u odnosu na osu pružanja štapa (Slika 9).



Slika 9. Detalj spojnice

Primenom ovog tipa spojnice svaki štap može da ulegne u spojnicu u zavisnosti od ugla koji obrazuje, jer je strana spojnice uvek upravna na štap. Prema tome zarubljena piramida kao spojnica u potpunosti odgovara ovom tipu strukture. Čitav proces izrade spojnice može ravanski da se fabrikuje. Piramida se razmota. Pre zavarivanja se iseče na svakoj stranici otvor u koji će kasnije da ulegne drveni štap. Potom se savija u oblik zarubljene piramide. Varenjem se dobija gotova spojnica. Ovaj proces je jednostavniji od dobijanja cilindra sa ležištima, što čini fabrikciju jednostavnijom.

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj rada je bio da se struktura postavi na određenu lokaciju i da se njome oživi prostor, svojom formom pospeši atraktivnost mesta i da novi značaj lokacije. Prostor koji je sada samo betonska površina, veoma urbana i korištena od strane građana, postaje zeleni prostor. Time se utiče na povećavanje zelenih površina u gradu i na uređenje urbanih delova grada. Struktura omogućava smanjenje sunčevog zračenja, tj. izloženosti suncu. Prolaznicima ili putnicima koji čekaju autobuse omogućava hladovinu, daje zanimljive senke i pruža nove

zanimljive vizure koje se razlikuju od doba godine. Svojom formom skreće pažnju sa okolnih objekata i njihovih dotajalih fasada.

Pored toga, izučavanjem i primenom digitalnih alata može se zaključiti da digitalni dizajn u znatnoj meri olakšava i poboljšava celokupan proces modelovanja i fabrikovanja formi u arhitekturi. Parametarsko modelovanje je omogućilo kreiranje optimizovanog i fleksibilnog dizajna forme. Grasshopper dodaci u modelovanju omogućavaju kreiranje složenih formi na veoma brz i efikasan način.

Ono na šta treba obratiti pažnju prilikom kreiranja strukture jeste zelenilo koje se planira postaviti na konstrukciju. Puzavica neće moći samo da se proširi između ćelija savladavajući raspone veće od 2m. Kod trougaone podele, jedan trougao se može izdeliti na nekoliko manjih trouglova kako bi mreža bila funkcionalnija. Ovo rešenje nije idealno jer uvođenje novih pregrada dovodi do ostvarivanja dodatnih veza između njih. U ovom slučaju bi se štapovi ispune direktno vezali za glavne trouglove.

Proces fabrikacije bi trajao mnogo duže. Bilo bi potrebno još materijala što utiče na cenu i ekonomsku isplativost strukture.

Druga forma nastala podelom mnogouglovima, je prihvatljivija varijanta. Prilikom postavljanja dodatnih pregrada, velike drvene ćelije bi se izdelile trakastim savitljivim pregradama koje bi formirale nove male ćelije preko kojih puzavica može da se prostire. Veza savitljivih delova sa drvenim štapovima se jako lako ostavlja. Ovakav tip fabrikacije bi doneo dodatne troškove koji su zanemarljivo mali u odnosu na prethodni primer.

## 6. LITERATURA

- [1] ([https://en.wikipedia.org/wiki/Millennium\\_Park](https://en.wikipedia.org/wiki/Millennium_Park))
- [2] (<https://www.archdaily.com/918398/pillars-of-dreams-pavilion-marc-fornes-theverymany>)
- [3] (<https://aasarchitecture.com/2015/11/warde-in-vallero-square-jerusalem-by-hq-architects.html>)
- [4] (<https://www.pintower.com/media/285345326375942250>)
- [5] (<https://www.archdaily.mx/mx/796119/jovenes-arquitectos-disenan-y-construyen-la-primera-estructura-de-ladrillo-de-forma-libre-de-iran>)
- [6] (<https://icd.uni-stuttgart.de/?p=8807>)
- [7] (<https://icd.uni-stuttgart.de/?p=22271>)

### Kratka biografija:



**Katarina Pavlič** rođena je u Doboju 1995. god. Osnove studije arhitekture na Fakultetu tehničkih nauka je upisala 2014. godine, a završila 2018. odbranivši rad na temu „Wave coffe table“ na matičnom fakultetu. Iste godine upisuje master smer na Fakultetu tehničkih nauka – Digitalne tehnike, dizajn i produkcija u arhitekturi i urbanizmu.

kontakt: pavlickatarina20@gmail.com



**DIZAJN I OPTIMIZACIJA FASADE OBJEKTA RADNIČKOG UNIVERZITETA SA ASPEKTA SOLARNE IRADIJACIJE U CILJU POSTIZANJA UNUTRAŠNJEG TERMALNOG KOMFORA****DESIGN AND OPTIMISATION OF FACADE RADNIČKI'S UNIVERSITY FROM ASPECT OF SOLAR IRADIATION IN ORDER TO ACHIEVE INTERNAL THERMAL COMFORT**Jelena Panić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – AHITEKTURA**

**Kratak sadržaj** – Na fasadi Radničkog univerziteta ispitivan je dizajn fasade preko količine sunčevog zračenja koje padne na površinu fasade i definisano je najbolje rešenje sa pomenutog aspekta i standardnih arhitektonskih parametara, zatim je ispitivano da li ovakvim dizajnom može da se postigne optimalni unutrašnji termalni komfor.

**Ključne reči:** Radnički univerzitet, solarna iradijacija, unutrašnji termalni komfor, dizajn, fasada

**Abstract** – Design of facade of Radnički's university was examined via quantity of solar radiation that falls on surface of the facade, and best solution from previously mentioned aspect was defined, then it was examined if optimal internal comfort can be achieved using this design.

**Keywords:** Radnički's university, solar irradiation, internal thermal comfort, design, facade

**1. UVOD**

Strukture koje troše najviše energije poseduju najveći potencijal za uštedu energije i očuvanje životne sredine. Proteklih decenija javlja se rastuća potreba za energijom i ujedno dolazi do velikog trošenja prirodnih resursa, što je podstaklo da se pažljivije razmisli o trošenju i korišćenju energije. Spoljašnji omotač arhitektonskih objekta, kao jedan od faktora koji najviše doprinosi očuvanju energije, takođe predstavlja jedan od bitnijih parametara za postizanje komfora unutar objekta.

Nivo termalne senzacije osoba koje su direktno izložene klimatskim uslovima u nekom prostoru je jedan od faktora koji utiče na komfor prostora [1]. Sa razvitkom tehnologije i povećanjem potrebe da se maksimalno uštedi energija dolazi do razvijanja mogućnosti da se dizajn fasada optimizuje i unapredi tako da zadovolji ove potrebe. Tema dizajna i optimizacije fasadnog omotača u cilju uštede energije je ono čime se bavi ovaj rad.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Bojan Tepavčević, vanr. prof.

**1.1. Oblast i tema istraživanja**

Predmet i oblast ovog istraživanja je ispitivanje dizajna fasade preko količine sunčevog zračenja koje padne na površinu fasade u toku letnjeg i zimskog perioda - solarna iradijacija [2], i definisanje optimalnog rešenja fasade iz pomenutog aspekta i standardnih arhitektonskih parametara (konstrukcija, fabrikacija, estetika, itd). Težnja je da se ovim dizajnom omogući optimalni unutrašnji termalni komfor i da dođe do uštede energije unutar objekta. Primer na kom će se vršiti ispitivanje je objekat i fasadno platno bivšeg Radničkog univerziteta.

**1.2. Problem i značaj istraživanja**

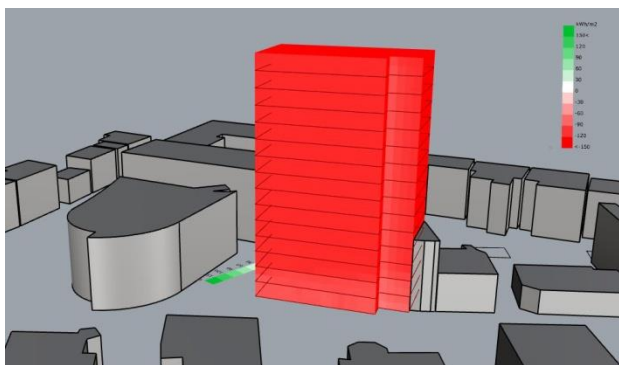
Danas ljudi provode sve više vremena unutra, gde se zahteva određeni nivo termalnog komfora koji omogućava lagodnost i efikasnost. I dok ekstremne temperature mogu biti fatalne, čak i male promene u klimi mogu da uzrokuju nelagodnost. Koncentracija, produktivnost, uzrokovane nezgoda, spretnost i promene raspoloženja su uzrok visokih ili niskih temperatura [3]. Osnovni principi iza termalnog komfora su univerzalni, ali termalna osetljivost varira od čoveka do čoveka. Problem ovog istraživanja je tema oblikovanja i optimizacije fasade primenom analize solarne iradijacije, koja će omogućiti unutrašnji termalni komfor, a samim tim i uštedu energije.

**2. DIZAJN I OPTIMIZACIJA FASADE****2.1. Informacije o objektu i lokaciji**

Radnički univerzitet je objekat lociran u neposrednoj blizini centra Novog Sada, i predstavlja neku vrstu urbanog repera grada. Ovaj objekat je potpuno izgubio svoj prvobitni izgled i funkciju u požaru koji je desio 6. aprila 2000. godine. Od Radničkog univerziteta je ostala samo skeletna konstrukcija, a on se na ovoj lokaciji nalazi već 20 godina bez fasade. Radnički univerzitet za koji se radi dizajn fasade lociran je u ulici Vojvođanskih brigada 7 u Novom Sadu. Ima visinu od 52,15m i predstavlja najviši objekat svog urbanističkog bloka, te je veoma izložen uslovima solarne iradijacije.

**2.2. Gabarit fasade - formiranje oblika erkera**

Korišćenjem algoritma koji primenjuje principe solarne iradijacije na postojeći izgled objekta, dolazi se do rezultata prikazanih na slici 1.



Slika 1. Analiza solarne iradijacije postojećeg stanja

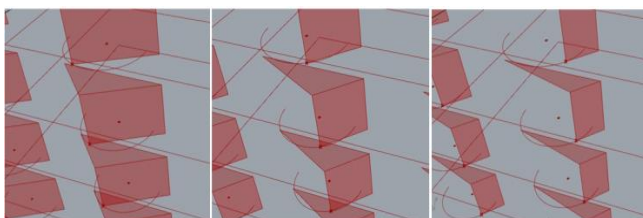
Kao dominantni problem pretstavlja količina osunčanosti u letnjem periodu, jer je u pitanju južna fasada. Prvobitno pitanje koje se postavlja prilikom formiranja ispusta - erкера jeste: koji je optimalni oblik za njihovo formiranje, i gde ih postaviti na fasadi.

Rešenje se oslanja na postojeću konstrukciju objekta, te je unapred određena maksimalna visina - zbog spratne visine objekta, i maksimalna širina koja je dozvoljena - zbog rasporeda stubova koji formiraju konstrukciju objekta.

Kada se uzme u obzir da je ovo prostor koji bi se rekonstrukcijom fasade ponovo mogao koristiti kao prostor fakulteta u vidu učionica, čitaonica i slično, ideja za sto većim izvorom prirodnog osvetljenja nam diktira formiranje što većih otvora, a samim tim i visinu parapeta. Dakle, javljaju se već fiksne tačke za formiranje erкера, i to one koje definišu njegovu širinu i visinu.

Na osnovu ispitivanja genetskim algoritmom dobijaju se bolji rezultati u slučaju gde je ostavljena gornja i bočna strana i da položaj erкера koji kompletno ne blokira vizuru naginje na desnu stranu, te je na osnovu ovoga odlučeno da se dalja ispitivanja rade sa gornjom i desnom stranom erкера.

Preostali parametar za finalno formiranje oblika erкера je dužina parapeta i položaj njegove najisturenije tačke u odnosu na fasadu. Položaj tačke je formiran tako što je u ravan fasade na središte otvora postavljen luk koji ima radijus maksimalnog ispusta. Tako se omogućava kretanje treće stranice po luku i njeno zaklapanje određenog ugla sa fasadom prikazanom u slici 2.



Slika 2. Različite opcije formiranja erкера za stvaranje različitih zasenčenja

Kako bi se našao najbolji oblik rađene su serije ispitivanja koje su nas dovele do konačnog rešenja:

#### a) Situacija kada svi erkeri imaju iste karakteristike

U ovom slučaju radi se serija ispitivanja preko simulacija solarne iradijacije kako bi se našao najbolji ugao i prepust. Rezultati ovog ispitivanja su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati analize solarne iradijacije

	prosečna vrednost solarne iradijacije celog objekta u kwh/m <sup>2</sup>		
prepust od >	50cm	100cm	150cm
ugao rotacije erкера			
0°	-154,48		
30°	-139,33	-131,54	-127,82
45°	-137,23	-131,07	-127,63
60°	-133,99	-131,06	-127,58
90°	-137,34	-133,08	-130,28
120°	-140,72	-137,06	-134,11
135°	-142,91	-139,88	-138,25

napomena: 0 je prvobitno stanje, tj. postojeće stanje bez erкера.

Na osnovu tabele zaključuje se da je položaj erкера sa ispustom od 150cm i uglom rotacije od 60° najbolji. Uočava se razlika u rastu parametara i rezultata svuda osim kod ugla 60° i ispusta od 50cm, gde rešenje za ispušt ne odgovara prethodnom zaključku. Tako se dolazi do zaključka da bi svaki erker trebalo zasebno analizirati, jer pored njihovih uticaja, u ukupnoj vrednosti solarne iradijacije učestvuju i zasenčenja od okolnih objekata i tako dolazimo do situacije b.

#### b) Situacija kada erkeri imaju različite karakteristike

Uzimajući da postoji velik broj parametara i da svaki parametar ima velik opseg vrednosti, broj kombinacija koji može da postoji za modelovanje ovakve fasade je ogroman. Procedura bi zahtevala promenu vrednosti jednog parametra, vršenje simulacija i beleženje relevantnih podataka, nakon čega bi se pristupilo promeni vrednosti istog ili ostalih parametara. Kako bi se izbegla ovakva vremenski zahtevna procedura, korišćeni su genetski algoritmi. Primenom genetskih algoritama dobijena je nova forma fasade. Uslov koji je korišćen prilikom odabira vrednosti je da da solarna iradijacija celog objekta teži što pozitivnijoj vrednosti tako što će se izvršiti modifikacije same fasade koja je predmet ovog rada.

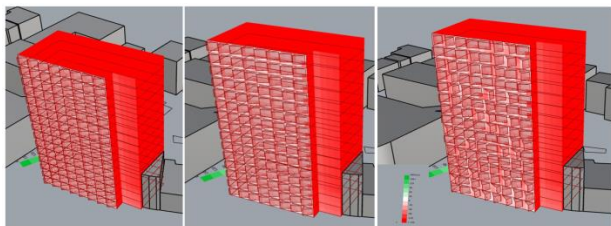
Na osnovu prethodne analize zaključeno je da je najbolji ispušt od 150cm (do te dimenzije može da se ide konzolno), pa se on zadržava, a ugao rotacije se zadržava između 30° i 135° kao i u prethodnoj situaciji. Rezultat ove analize je umanjenje za 127,64kwh/m<sup>2</sup>.

#### c) Situacija analize preko multiparametarske optimizacije

Na osnovu poslednjih rezultata vidi se da genetski algoritam, Galapagos, daje rešenja koja mogu predstavljati problem sa blokiranjem vizura, te se zbog toga uvodi i to kao parametar. Kao parametar za vizure se stavlja da zrak Sunca dopire do sredine zapremine erкера. Na taj način će uvek prostoriji biti svetla, a Sunce ne mora da ima direktan kontakt sa prozorom, tj. omogućava se da on ostane u senci.

Rezultat ove analize je umanjenje za 129,5 kwh/m<sup>2</sup>. Na osnovu rezultata primeti se da je rezultat solarne iradijacije lošiji po vrednosti u odnosu na situaciju b, ali u koliko se uzme u obzir da je ovaj primer i optimizovan na vizure, ta razlika u vrednosti je razumljiva i opravdana. Ovde se javlja parametar maksimizacije broja upada sunčevih zraka do sredine zapremine erкера i pored do sad rađene analize.

Na osnovu obrazloženog dolazi se do tri različita rešenja. Kod rešenja a) dobija se potpuno ujednačena fasada. Njegova vrednost je ispitivana samo na određene uglove, te bi se očitavanjem najviše puta ponovljenog ugla rezultata iz rešenja b) moglo dobiti bolje optimizovano rešenje. U rešenju b) se primeti prilično ujednačena fasada, sa sitnim izmenama u uglovima pojedinih erkera kako bi se dobio optimalni rezultat. Ovo rešenje fasade nije potpuno ujednačeno sa izgledom erkera, ali sa etetske strane je prihvatljivo i nudi najbolje rešenje sa aspekta solarne iradijacije, što je i bio cilj ovog projekta. Rešenje c) je najneujednačenije rešenje, ima najlošiju vrednost solarne iradijacije, ali svakako poboljšanu u odnosu na početno rešenje. Ono nudi opciju koja rezultira poboljšanjem kvaliteta boravka u tom prostoru putem vizura što nijedno prethodno rešenje ne pruža.



Slika 3. Rešenja a), b) i c) redom

### 3. PROVERA OBJEKTA NA TERMALNI KOMFOR

Nakon dobijanja rezultata za različite scenarije optimizacije sa aspekta solarne iradijacije sledeći korak je proveriti ta rešenja na termalni komfor u toku cele godine. Najbolji način za proveru termalnog komfora predstavlja provera preko UTCI (UniversalThermalClimateIndex). Ova vrednost se izražava u °C i predstavlja temperaturu koju ljudsko telo doživljava u svom okruženju, bez obzira na stvarnu temperaturu u tom prostoru. Prilikom razmatranja i formiranja ove temperature u proračun se uzima vrednost solarne iradijacije, relativna vlažnost prostora i provetrenost prostora i ubacuje ih u simulator ljudskog metabolizma koji tako daje temperaturnu vrednost termalne senzacije čoveka.

Dakle, faktor koji u velikoj meri utiče na termalnu senzaciju čoveka je solarna iradijacija, a to je vrednost koja se optimizovala u ovom radu, i na osnovu toga trebalo bi da se formiraju zadovoljavajući rezultati.

Mora se uzeti u obzir da metabolizam svakog čoveka drugačije reaguje na termalne uslove, i da istu vrednost UTCI određeni pojedinci mogu da smatraju ugodnom, a drugi neugodnom. Prosečna vrednost koja se uzima u ovom slučaju kao ugodna, odnosno kada pojedinac ne doživljava termalni stres, jeste kada je UTCI između 9 °C i 26 °C.

Ova vrednost se izražava u °C i predstavlja temperaturu koju ljudsko telo doživljava u svom okruženju, bez obzira na stvarnu temperaturu u tom prostoru. Prilikom razmatranja i formiranja ove temperature u proračun se uzima vrednost solarne iradijacije, relativna vlažnost prostora i provetrenost prostora i ubacuje ih u simulator ljudskog metabolizma koji tako daje temperaturnu vrednost termalne senzacije čoveka.

Sva tri dobijena rešenja su testirana na termalni komfor u toku cele godine, svaki dan u periodu između 7h i 20h,

kao u periodu korišćenja objekta, a zatim je na osnovu svih rezultata UTCI u toku cele godine formirana vrednost prosečne temperature unutar prostora. Vršeno je i ispitivanje da li je temperatura u zoni komfora, odnosno između 9 °C i 26 °C i izvučena je prosečna vrednost i za te rezultate, gde je 0 vrednost rezultata u koliko ne ispunjava uslove a 1 ukoliko ispunjava.

Prosečna vrednost temperature u toku cele godine koja iznosi oko 10 °C za sva tri rešenja može se smatrati pogodnom jer ulazi u okvir vrednosti koje se smatraju ugodnim. Na osnovu druge kolone tabele 2, vidi da za više od pola godine rezultati UTCI daju temperature koja ne izazivaju termalni stres, i to bez uključivanja ikakvih ventilacionih sistema za grejanje i hlađenje prostora.

Tabela 2. Rezultati ispitivanja termalnog komfora

	prosečna vrednost UTCI u toku cele godine u °C	prosečna vrednost da li je UTCI između 9 i 26 °C
a) situacija kada svi erkera imaju iste karakteristike	10,1256	0,6080
b) Situacija kada erkera imaju različite karakteristike	10,1044	0,6075
c) Situacija analize preko multiparametarske optimizacije	10,1403	0,6074

### 4. MATERIJALIZACIJA

S obzirom na rezultate solarne iradijacije, gde vidi se da je fasada orijentisana na jug i izložena pretežno uticajima "negativnog" letnjeg sunca, potreban je materijal sa visokom termalnom inercijom, kako bi enterijer ostao hladinji duži period. Najbolje bi bilo upotrebiti beton, zbog svoje široke primene, lake ugradnje i zbog toga što je veštački materijal pa mu se svojstva mogu lakše korigovati. Iz istog razloga najbolje je upotrebiti ga i za izradu erkera/shadera, jer su one konstrukcije koje bi visile konzolno u odnosu na fasadu, pa se preporučuje korekcija svojstava betona kako bi njihova težina bila što manja. Kao dodatak ovoj materijalizaciji preporučuje se primena solarno reflektivne farbe i upotreba boja koje ne privlače toplotu, pa je ideja da fasada bude bele boje.

Ključnu ulogu igra i odabir materijala za staklene površi. Ovo su najkritičnija mesta na fasadi za prenos toplote, te se prilikom postavljanja staklenih površina predlaže i primena glaziranja i korišćenja specijalnih izolacionih premaza. Postavljanje erkera/shadera koji su rotirani tako da najbolje blokiraju Sunce i njegovo zračenje u toku cele godine, predstavlja ujedno i najbolje moguće mesto za postavljanje solarnih panela koji će upijati svu solarnu iradijaciju i pretvarati je u električnu energiju koju će ovaj objekat moći da koristi. Ukoliko se gornja površina erkera/shadera ne iskoristi za postavljanje solarnih panela, moguća je primena postavljanja neprohodnih zelenih površina, jer biljke i njihovo zemljište imaju izuzetne termoizolacione sposobnosti. Predlog izgleda fasade prikazan je u slici 4.



Slika 4. Konačno rešenje fasade Radinčkog univerziteta

## 5. ZAKLJUČAK

Arhitektura danas se menja u skladu sa potrebama korisnika, a u današnjem vremenu nalazimo na dosta neadekvatnih rešenja. Ubacivanjem optimizacije u sam proces dizajniranja fasade, a ne u naknadne popravke postojećeg rešenja donosi nam znatno veće mogućnosti i bolje rezultate.

Formirana je optimizovana fasada iz aspekta solarne iradijacije sa više rešenja od kojih je izabrano najbolje za datu lokaciju i uslove okruženja. Sama solarne iradijacije je značajan faktor za formiranje unutrašnjeg termalnog komfora objekta, te optimizacijom fasade iz aspekta solarne iradijacije optimizujemo i sam termalni komfor, što je vidno i preko rezultata. Dakle, finalni rezultat je fasada sa formiranim erkerima, gde je svaki okrenut pod optimalnim uglom za svoj položaj tako da zadovoljava uslove solarne iradijacije fasade i otvara vizure.

Takva fasada poboljšava unutrašnji termalni komfor koji omogućava boravak u prostoru bez termalnog stresa i korišćenja dodatnih sistema ventilacije za period koji obuhvata više od pola godine. Primenom adekvatnih materijala i postavljanja solarnih panela može se dodatno povećati ušteda energije.

## 6. LITERATURA

- [1] Bajšanski Ivana, "Algotizam za poboljšanje termalnog komfora u urbanoj sredini", Novi Sad, 2016.
- [2] <https://www.solarnipaneli.org/2010/09/iradijacija-i-insolacija/> (pristupljeno u aprilu 2019.)
- [3] <https://www.archdaily.com/908320/how-to-design-for-optimal-thermal-comfort-and-why-it-matters> (pristupljeno u junu 2019.)

### Kratka biografija:



**Jelena Panić** rođena je u Novom Sadu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Digitalne tehnike, dizajn i produkcija odbranila je je 2020.god. kontakt: jelena.panic@hotmail.co.uk



**СОЦИЈАЛНА ГРАДЊА КАО РЕШЕЊЕ ПРОБЛЕМА УГРОЖЕНИХ КАТЕГОРИЈА  
SOCIAL HOUSING AS A SOLUTION TO THE PROBLEMS OF THE VULNERABLE  
CATEGORIES**

Милица Нинковић, Драгана Константиновић, Слободан Јовић,  
Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – АРХИТЕКТУРА**

**Кратак садржај** – Становање данас представља комплексну дисциплину у архитектури и задовољава једну од основних потреба- потребу за опстанак, сигурност и физичку заштиту. Циљ овог рада је креирање новог стамбеног комплекса који ће бити доступан свима, и задовољити садашње потребе људи. Рад се бави анализом појмова социјалног становања, циљним групама, као и анализом проблема социјалног становања на нашим просторима данас. Стамбени комплекс смештен је на обали реке Босне у граду Добоју. Анализирано је неколико примера студије случаја који су везани за социјалног становања у свету, а који представљају оригинална решења просторних проблема. Ови исти случајеви обрађују тему флексибилних простора, који се могу прилагодити различитим наменама корисника. Закључци истраживачког рада послужили су као смернице при пројектовању новог комплекса.

**Кључне речи:** Архитектонско пројектовање, становање, социјално становање, угрожене категорије становништва, Добој

**Abstract** – Nowadays, housing represents a complex discipline in architecture which meets one of the basic human needs - the need for existence, safety and physical protection. The aim of this paper is to anticipate a new housing complex that will be accessible to all, and meet the current needs of people. The paper deals with the analysis of social housing concepts, target groups, as well as the analysis of social housing problems in our region today. The residential complex is located on the coast of the river Bosna in the town Doboj. Several case studies of social housing in the world, which represent original solutions to the problem, have been analyzed. They also deal with the subject of flexible spaces that can be customized for different user purposes. The conclusions of the research work served as a guideline when designing a new complex.

**Keywords:** Architectural Design, Housing, Social housing, Endangered categories of population, Doboj

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Драгана Константиновић, ванр. проф., а коментор мастер дипл. инж. арх Слободан Јовић.

**1. УВОД**

Социјално становање представља посебан тип становања, којим се тежи да се обезбеде услови за становање корисника из угрожених категорија. Овај рад посвећен је истраживању проблема социјалног становања, свих значајних одређујућих појмова овог типа, као и изради конкретног решења за дефинисану групу корисника у граду Добоју. Кроз истраживачки део рада се обрађују анализа појмова социјалног становања, циљне групе корисника, анализа разних проблема социјалног становања на нашим просторима данас, али се дају и назнаке могућих као и предлог решења наведених проблема. Анализом разних пракси у свету и у земљама које нас окружују и њиховим међусобним преклапањем, долази се до најбољег предлога решења социјално стамбеног комплекса у графичком делу рада. Рад се посматра као егзистенцијални модел за различите потребе људи који ће бити корисници тих простора.

**2. ПОЈАМ СОЦИЈАЛНОГ СТАНОВАЊА**

Појам социјално становање присутан је у Европи као међународно прихваћен термин *social housing* и представља, у најширем смислу, државну подршку у становању, али се у различитим земљама појављују и термини као што су непрофитно, подстицајно, нетржишно, приступачно (и слично) становање. У регулативама различитих земљама појам се дефинише различито, али је многим заједничко то да социјално становање представља организовано обезбеђивање станова одређених стандарда домаћинствима која нису у могућности из разних, економских или социјалних разлога да себи приуште стан на тржишту. Социјално становање је нераздвајни део стамбене али и социјалне политике сваке државе, а веома важан фактор је постизање социјалне равнотеже и обезбеђење интеграције најугроженијих група у друштвену заједницу.

**3. ЦИЉНЕ ГРУПЕ КОРИСНИКА**

Циљне групе корисника, у општем смислу, представљају домаћинства која немају адекватне приходе да обезбеде куповину или закуп стана по тржишним околностима. Број издржаваних чланова домаћинства, старосна доб породице, величина домаћинства, сагледавање свих извора прихода итд., су неки од фактора који помажу приликом вредновања основног и допунских критеријума. Подгрупе се дефинишу одговарајућом регулативом у области социјалног

становања и социјалном политиком. Према пракси европских земаља у ове подгрупе спадају породице или појединци са посебним потребама, млади људи који тек заснивају породицу или се школују, домаћинства у поодмаклој животној доби, избегличке или етничке групе, особе неспособне за рад итд. Циљне групе су предмет посебних правилника и прописа и одређују се у складу са материјалним могућностима неке државе или локалне заједнице.

#### **4. РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА ИНТЕГРАЦИЈЕ ИЗБЕГЛИЦА И ИНТЕРНО РАСЕЉЕНИХ ЛИЦА**

Због ратова који су се десили на тлу бивше СФРЈ велики број породица је био протеран и избегао на територију Србије и Босне и Херцеговине, што је у 2008. години довело до тога да чини 10% од укупног становништва. Држава на такав демографски прилив, који је условио велике стамбене потребе, није имала адекватан одговор. Оне су делимично решаване самосталном изградњом стамбеног објекта, од стране расељених лица, претежно бесправном, лоцираном по ободу великих градова, као и у сектору закупа и куповине. Различити наменски пројекти стамбене изградње финансирани од стране међународних организација и државе, у мањем броју су такође били једно од решења. Највећи проблем и данас представља смештај у „колективним центрима” који су били јавни или привредни објекти претворени у привремени смештај најнижих стандарда. Један од таквих примера је колективни центар Михатовићи код Тузле, чије се затварање предвиђа средином 2020. год.

Прва иницијатива за увођење нових правила била је стратегија за решавање проблема избеглих, погинулих и расељених лица из 2002. године, којом је координирао републички Комесаријат уз сарадњу UNHCR-(а) [1]. Овом стратегијом дат је предлог будућих програма, заснован на искуству дотадашњих пилот пројеката, које су спроводиле међународне организације. Истовремено, стратегија је дала и обресе будућег система социјалног становања који су 3 године након тога прерасли у нацрт Закона о социјалном становању.

##### **4.1 Увођење система социјалног становања**

На основу стратегије конципиран је Програм који је био велика донација Владе Италије (15 милиона евра) и био је комбинација техничке помоћи са инвестицијама. Циљ је био да се пилот пројектима тестирају основни елементи будућег система нетржишног становања и локалних стамбених политика. Програм је носио назив Становање и трајне интеграције избеглица (СИРП) и реализован је од стране Владе Србије уз подршку UN-НАВИТАТ у периоду од 2003-2008. године. Резултати програма су: изграђени први станови у јавном власништву за издавање под закуп, формирана градска стамбена агенција, прва специјализована локална институција за реализацију социјалне политике, установљен механизам финансирања и кредитирања, као и разрађени критеријуми и селекција корисника непрофитног ренталног становања. Крајњи резултат био је израда Предлога закона о социјалном становању [2].

#### **5. ЦИЉЕВИ ПОЛИТИКЕ СОЦИЈАЛНОГ СТАНОВАЊА**

Анализом досадашње политике утврђени су основни и кључни проблеми у области социјалног становања. Највећи проблем представља непостојање социјалне компоненте и тржишних токова државном интервенцијом, с циљем да се обезбеди равноправност свих грађана. Дефинисан је основни циљ и утврђено је „обезбеђење услова да стамбени простор буде доступан свим грађанима и домаћинствима Србије која из социјалних, економских и других разлога не могу да га себи прибаве на тржишту. То треба обезбедити на одржив начин и уз свеобухватну подршку и ангажман државе и локалних заједница [3].” Због незваничних и неприступачних информација везаних за социјалну политику у Босни и Херцеговини, циљеви политике Србије и њихови аспекти имплементирани су у овај рад.

#### **6. ПРОЈЕКТАНСКИ РАД**

##### **6.1 Општи подаци о предложеном идејном решењу**

Зграде којима није дата завршна реч увек су биле интригантније од оних које су завршене. Објекти којима је дат простор за промену или допуну у очима посматрача увек ће будити разна питања, те ће тако увек живети.

Ова мисао је на одређени начин послужила за концептуализацију овог пројекта и била је полазиште за израду новог и другачијег стамбеног комплекса у граду Добоју.

Један од главних фактора приликом приступа пројектовању комплекса социјалног становања био је избор локације, која је веома привлачна и није типична за овакав вид становања. Сама локација је имала једну од примарних улога при разради концепта. Уз квалитетно организован просторни комплекс, неопходно је било простор учинити приступачним и хуманим, те додатно подцртати идеологију коју овакав тип становања захтјева. Било је неопходно осмислити довољан број стамбених јединица тј. представити добар пример који би могао да се мултиплицира на друге парцеле у даљој разради пројекта.

##### **6.2 Локација и контекст**

Новопроектовани комплекс социјалног становања налази се у Добоју удаљен само 2км од центра града. Локација објекта је изузетно повољна јер се налази непосредно уз железничку пругу и магистрални пут М17, који спаја веће градове Републике Српске. Добра саобраћајна мрежа претпоставља овом комплексу добру приступачност. Локација на надморској висини 141м је веома повољна јер је за неколико метара више од самог центра града и реке Босне, те тако омогућава бољи поглед ка граду и околним насељима. Комплекс се налази на око 28.000м<sup>2</sup> и половина ове парцеле је под објектима, док је друга половина неизграђена и предвиђена за формирање зелених простора који ће постати зелена оаза у даљој разради пројекта и дати овом комплексу упечатљив израз.

Физички контекст чини доминантно једнопородично становање, железничка и аутобуска станица, сајамски објекат са једне стране обале, док се са друге стране реке простире град Добој са свим пратећим садржајима. Директну везу новопроектваног комплекса и самог центра града представља главна улица. Избор локације на неки начин представља ширење града на другу страну реке, што је у данашње време постало неизбежно.

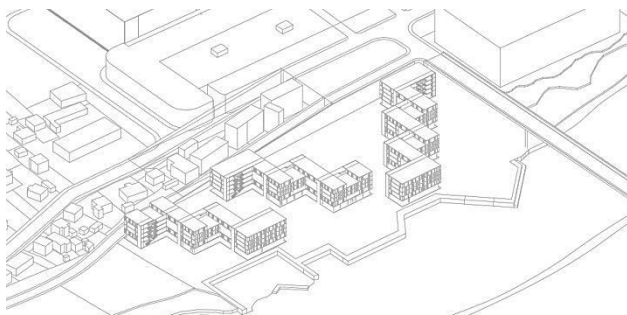
На слици 1, приказана је шема шире ситуације са назначеним објектима који се налазе у непосредном окружењу.



Слика 1. Шематски приказ шире ситуације

### 6.3 Концепт

Стамбени комплекс замишљен је као блок једноставних геометријских форми са доминантном употребом бетона, као завршног материјала, смештен у мирном и природном окружењу на обали реке Босне, одакле се пружа поглед на силуету града Добоја. Примарна идеја приликом обликовања комплекса била је креирање угодног окружења око стамбених објеката, увођење зелених простора кроз неколико нивоа доступних различитој врсти корисника. Први ниво односи се на креирање великих јавних површина (паркови и зелени тргови), други на мање јавне зелене просторе, настале између различито ориентисаних објеката на парцели. Трећи ниво су најинтимнији зелени простори унутар самих објеката.



Слика 2. Шематски приказ изометрије

### 6.4 Опис просторног решења

Цели комплекс је спратности П+4 и састоји се од 10 међусобно повезаних ламела, које су постављене паралелно са реком. Цели комплекс је пројектован као галерисјки склоп и самим тим галерије поред тога што служе као комуникације, представљају и места за

социјализацију са којих се приступа на трећи ниво најинтимнијих зелених простора унутар објеката.

Приземља су јавног карактера у којима се налазе разни садржаји неопходни за функционисање целог комплекса.

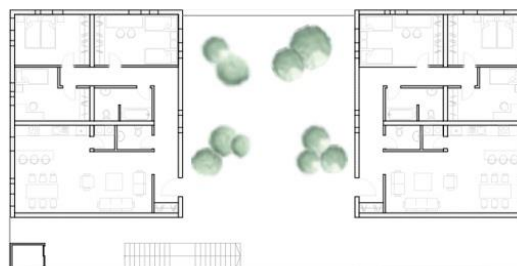
Северни део комплекса представља зону која може да функционише као један вид простора за креативан рад и учење, као и одмор од ужурбане свакодневнице, итд. Медијатека се састоји од кружних простора за гледање филмова, играње игрица, слушање музике као и свирање неких инструмената.

Простори за рад су конципирани тако да могу да се прилагоде већим или мањим групама, док су простори за одмор потпуно слободни у целом комплексу и могу да се користе на различите начине.



Слика 3. Основа приземља

Јужни и средишњи део комплекса у својим приземљима остављени су за привређивање станара. Ови простори се рентирају за минималне своте што такође представља аспект социјалног програма (Слика 3).



Слика 4. Основа сегмента I спрата

Спратови у целом комплексу су полуприватног карактера и састоје се од стамбених јединица и заједничких зелених простора. Стамбене јединице су различитих димензија и крећу се од једнособних до трособних станова. (Слика 4 и 5)



Слика 5. Основа сегмента II спрата

## 6.5 Конструкција и материјализација

Сви објекти унутар комплекса рађени су у комбинованом масивно-скелетном АБ систему, док на просторима где је било неопходно премостити веће распоне, комбинација челика и бетона је била доминантна. Галерије су конзолно препуштене и представљају базу за качење челичних степеништа и перфорираних челичних панела.

Материјали коју су предвиђени у целом комплексу су натур-бетон, челик и стакло, док ће зелени простори, који се налазе у 3 нивоа, омекшати израз овог бетонског блока и хуманизовати га својим дејством на кориснике, употпуњавајући идеју да цео комплекс изгледа интригантно управо због своје недовршености.

Визуелни идентитет у највећој мјери је одредила концептуална мисао. Завршна реч овом комплексу није додељена, те је остављен простор за допуну или промену у очима посматрача.

## 7. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Веома важан елемент једне државе представља јака социјална политика. Развој социјалног становања представља значајану инвестицију за побољшање једне регије. Пројекат стамбеног комплекса за угрожене врсте становништва је студијски истраживачки рад типологије којој се придаје велика пажња у високоразвијеним друштвима која воде бригу о квалитетном начину живота. Узимајући у обзир чињеницу да оваквих објеката у Србији и Босни и Херцеговини скоро да и нема, намеће се потреба да се истраживању приступи пажљивије. Оно се мора спроводити детаљно уз све могуће анализе програма, функције и светских тенденција у пројектовању оваквих објеката. Постојање оваквих комплекса најчешће се веже за урбане градове и велики проблем за реализацију у мањим местима представља недостатак средстава и подршка државних установа.

У теоријском истраживању вршене су анализе неколико примера добре праксе и на основу детаљне анализе приступило се процесу пројектовања. Као што је већ раније речено циљ истраживања био је проналажење најбољег модела социјалног становања данас, кроз истраживање разних примера из Европе и земаља које нас окружују.

Приложен пројекат покушава да на најбољи начин одговори на услове локације, поднебља, корисника, града, друштва као и на све програмске и функционалне задатке. Пројекат покушава да промовише тему пројектовања оваквих објеката, имагинативни и интерактивни, дајући социјалном становању повлашћен статус у друштву.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Национална стратегија социјалног становања, Београд, април 2002.  
[https://www.minrzs.gov.rs/sites/default/files/2018-11/Nacionalna%20strategija%20-%20izbegla%20i%20-interno%20raseljena%20lica\\_1.pdf](https://www.minrzs.gov.rs/sites/default/files/2018-11/Nacionalna%20strategija%20-%20izbegla%20i%20-interno%20raseljena%20lica_1.pdf) (датум приступа 26.11.2019.)
- [2] Предлог закона о социјалном становању, Министарство за животну средину и просторно планирање, Београд, јул 2008 [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/Predlog%20Zakona%20o%20socjalnom%20stanovanju%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/Predlog%20Zakona%20o%20socjalnom%20stanovanju%20(1).pdf) (датум приступа 28.11.2019)
- [3] Дамјановић, Д. Социјално становање. Приказ стамбених политика Србије и одабраних земаља Европе, ПАЛГО центар, Београд, 2010, Стр. 57
- [4] Петровић, М. Социологија становања. Стамбена политика: изазови и могућности. Београд: Институт за социолошка истраживања Филозофског факултета, Стр. 1.

### Кратка биографија:



**Милица Нинковић** рођена је у Добоју 1996. године. Основне академске студије завршила је 2018. године на Факултету техничких наука у Новом Саду. Мастер рад, на мастер студијама усмерења Архитектонско и урбанистичко пројектовање, на Факултету техничких наука брани 2020. године.



**Др Драгана Константиновић** је у звању ванредног професора Департамента за архитектуру и урбанизам од 2019. године, на Факултету техничких наука у Новом Саду. Дипломирала је 2003. године на Факултету техничких наука, магистрала 2009. године, на Архитектонском факултету у Београду, а докторирала у јануару 2014. године у Факултету техничких наука у Новом Саду.



**Слободан Јовић**, дипл. инж. арх., запослен као асистент на Департману за архитектуру и урбанизам, Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду. На истом факултету, 2011. Године завршио је основне академске и мастер студије, а тренутно је студент докторских студија.



**UTOPIJA I PROSTORI ASIMULACIJE****UTOPIA AND SPACES OF ASIMULATION**Miloš Rajović, Dragana Konstantinović, Slobodan Jović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ARHITEKTURA**

**Kratak sadržaj** – Rad je koncipiran u vidu teorijske platforme i projektantskog odgovora na tu platformu. Rad se bavi temom utopije i veze između utopije i arhitekture. Značaj utopije i distopije je u kritici jednog društva, sa bitnom razlikom što distopija veliča negativne karakteristike jednog društva i vremena dok utopija nudi alternativu kao moguće rešenje kojem treba težiti ili koje bar treba da postoji, kao određeni ideal. Kritiku savremenog društva predstavio sam pod pojmom Simulacija, oslanjajući se pri tom na rad francuskog mislioca Žana Bodrijara. Kao odgovor na Simulaciju ističem proces Asimulacije koji za cilj ima promenu društva kroz revoluciju svesti.

**Gljučne reči:** Utopija, Jean Baudrillard, simulacija, asimulacija, asimulator, prostori asimulacije

**Abstract** – The paper is conceptualised in the form of a theoretical platform and an architectural response to that platform. It deals with the topic of utopia and the connection between utopia and architecture. The importance of utopia and dystopia is in the critique of a society, with the important difference being that dystopia magnifies the negative characteristics of a society and time, while utopia offers an alternative as a possible solution to be pursued, or at least envisioned, as a certain ideal. I have presented the critique of modern society under the concept of Simulation, relying on the work of the French thinker Jean Baudrillard. In response to Simulation, I emphasize the process of Asimulation, which aims to change society through the revolution of consciousness.

**Keywords:** Utopia, Jean Baudrillard, simulation, asimulation, asimulation spaces

**1. UVOD**

Utopija je pojam koji obuhvata sve zamisli idealnog uređenja jednog društva. Postoje mnogobrojni aspekti sa kojih se može posmatrati i analizirati jedno društvo kao što su istorijski, ekonomski, privredni, vojni, demografski, politički, kulturni, naučni aspekt...

Postoje i termini kao što su duh mesta (genius loci) i duh vremena (zeitgeist) koji teže da predstavljaju ono što je glavna odlika, bitna karakteristika jednog prostora i vremena.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dragana Konstantinović, vanr. prof.

Iako je težište arhitekture na prostoru, ona gaji interdisciplinarni pristup, oslanjajući se kako na nabrojane, tako i na druge naučne grane i oblasti.

Opisujući jedno društvo, mogu se uočiti i pozitivne i negativne karakteristike.

Danas se češće govori o distopičnim svetovima (distopijama – negativna utopija), čime se naglašavaju i akcentuju problemi u društvu i njegove negativne strane. Značaj utopije ili distopije je u kritici jednog društva. Utopija, u čijoj suštini je dakle kritički osvrt na društvo i njegove vrednosti, poslužila mi je kao teorijska platforma, kontekstualno polazište za projektantski odgovor koji dotiče pitanja prostora i arhitekture. Problemski okvir rada predstavljen je pod pojmom Simulacija. Svoj stav izneo sam pod uticajem misli čuvenog francuskog kritičara Žana Bodrijara (*Jean Baudrillard*) i njegovih dela. Kao odgovor na Simulaciju, stvaram termin *Asimulacija*, koji se pojavljuje u vidu novog revolucionarnog otkrića pod imenom *asimulator*.

Korenita promena društva desiće se korenitom promenom svesti, odnosno korenitom promenom načina razmišljanja i funkcionisanja. Prelomna tačka je pronalazak patenta nazvanog *asimulator*. Prostor dobija nove attribute i postaje glavni posrednik (polje) sprovođenja jednog naučnog otkrića i začetka novog društvenog poretka.

**2. UTOPIJA**

Pojam utopija datira još iz 1516. godine, nakon dela engleskog državnika, političkog filozofa i humaniste Tomasa Mora, koje govori o zamišljenoj, idealnoj državi i njenom uređenju. U vreme vladavine Henrija VII, Mor je bio poslanik u engleskom parlamentu i diplomata, a za vreme vladavina Henrija VIII postao lord kancelar.

Kapitalno delo Tomasa Mora, "*De optimo statu republicae deque nova insula Utopia*", u svetu je poznatije pod kraćim nazivom "*Utopija*". U svom delu, Tomas Mor daje kritički prikaz društvenih odnosa iz svog vremena i ukazuje na patnje i stradanja siromašnog stanovništva u Engleskoj. On smatra da je koren svih društvenih zala u privatnoj svojini, te da u državama u kojima je prisutna privatna svojina i u kojima je novac merilo svih stvari, ne može postojati pravda i napredak. U ovakvim državnim oblicima organizacije društva vidi samo zaveru bogatih koji se brinu samo za svoju udobnost pod okriljem i u ime zajednice, koji izmišljaju sva moguća sredstva ne samo da očuvaju bez opasnosti dobra što su ih stekli nepošteno, već i da iskorišćavaju snagu i trud siromašnih po najnižoj ceni.

Termin „*utopija*“ je prerastao okvire knjige i postao univerzalan pojam za sve zamisli koje istražuju

mogućnosti idealnog rešenja organizacije države, grada, odnosa među ljudima.

Termin je i dalje u upotrebi i odnosi se na mesto koje ne postoji, idealizovano mesto. Njegov veliki doprinos je u kritičkom stavu prema postojećem društvenom poretku i težnja ka stvaranju novog, boljeg i funkcionalnijeg sistema.

Pojam se ustalio i doveo do različitih eksperimenata u istoriji društva, težeći stalno za nedosanjanim snom, poboljšanjem društva, velikim promenama društva, ako ne radikalnim promenama onda čineći sve da makar njegove mane budu manje vidljive. Razlog zbog koga nastaju utopije jeste nezadovoljstvo stanjem društva, a samim tim pružaju i osnovu da se to društvo i kritikuje.

Pored Tomasa Mora tematikom utopije bavili su se i mnogi drugi među kojima su najznačajniji Platon, Tommaso Campanella; Mablej, Cabet i Moreli su najznačajniji utopisti u 18. veku; Robert Owen, Charles Fourier i Saint-Simon svrstani su u utopijske socijaliste od strane Karl Marxa i Friedrich Engelsa.

Utopijski socijalizam je bio spontani niz političkih i društvenih ideja sredine 19. veka, koje su se javile pojavom industrijske revolucije i ranog kapitalizma. Socijal-utopistička učenja su značajno doprinela razvoju društvene misli.

### 3. AHITEKTURA I UTOPIJA

Koncept utopije je bio i jeste veoma uticajan u oblasti arhitekture. Arhitektura kao sredstvo sprovođenja utopističke ideje, možda je jedan od najopipljivijih vidova konkretizacije rešenja problema. Kroz traženje najboljeg mogućeg rešenja fizičkog uređenja grada, konkretizuje se i uređenje društvenih odnosa, kao i kolektivne svesti. U osnovi formiranja Modernog pokreta bilo je uverenje arhitekata da njihove zgrade mogu pomoći u rešavanju svetskih problema.

Upotrebom novih materijala, poput stakla, gvožđa i čelika, koji su dostupni u industrijskoj revoluciji, arhitekta Modernizma su zamišljale potpuno nove gradove, koji su podržavali utopijske ideale i bili su lišeni korumpiranih buržoaskih osećanja, često okrivljenih za mnoge dileme društva.

Neke utopijske vizije su se oslanjale na novu tehnologiju, druge na otvorene, netaknute pejzaže; neke su zasnovane na novom društvenom poretku, ali svi su bili ujedinjeni pod radikalno avangardnom i najsavremenijom arhitekturom. Iako su ove vizije počivale na uverenju da ideje jedne osobe mogu promeniti celo društvo, planovi svakog arhitekta su divni u svojim eksperimentalnim naporima.

Muzej jevreja u Berlinu je projekat Daniela Libeskinda koji u sebi nosi utopističku dimenziju (Slika 1). Tri su osnovne ideje koje su poslužile kao temelj za ovaj projekat:

1. Nemogućnost da se razume istorija Berlina bez razumevanja ogromnog intelektualnog, ekonomskog i kulturološkog doprinosa od strane jevrejskih građana;
2. Neophodnost da se integriše značaj Holokausta, i fizički i duhovno, u svest i memoriju grada Berlina;
3. Jedino kroz priznanje i inkorporaciju brisanja i praznine života Berlinskih jevreja mogu Berlin i Evropa imati humanu budućnost [1].



Slika 1. "The Jewish Museum Berlin", Daniel Libeskind, 1989-1999.

Šta može biti više utopijsko nego ideja da jedna zgrada sa svim svojim artefaktima može predstavljati mogućnost ili biti dokaz kontinuiteta života Jevreja u Berlinu, ili u Nemačkoj uopšte. Iako svedoči o izuzetno teškim periodima, projekat je optimističan i insistira na kontinuitetu; jako krhkom i isprekidanom, ali ipak kontinuitetu. Ono što zanima Libeskinda jeste kako je zgrada zapravo doživljena; njegov pristup počiva na individualnom doživljaju korisnika prostora. U programu je jasno naglašena etička dubina projektantskog odgovora. Arhitektura je specifična vrsta komunikacije, koja iako simbolična u karakteru, najsnažnija je kada se njeno poimanje otkrije kroz direktno iskustvo. Ovde je arhitektura kreirana kroz neizbežno sadejstvo zgrade kao objekta čiste umetnosti (forme) i socijalne dimenzije.

### 4. SIMULACIJA – KRITIKA SAVREMENOG DRUŠTVA

Problemski okvir može biti predstavljen kroz kritiku savremenog društva i sistema vrednosti koje se plasiraju. Ako bih koristio jedan pojam da što kraće i konciznije okarakterišem savremeno društvo, taj pojam bi bio **simulacija**. Pri tome oslanjam se na rad francuskog mislioca Žana Bodrijara. Žan Bodrijar je jedan od najuticajnijih savremenih teoretičara i veoma plodan pisac, koji je svojom oštrom kritikom savremenog društva, kulture i misli, kombinujući filozofiju i socijalnu teoriju na jedan provokativan i originalan način, komentarisao ključne događaje i fenomene epohe. Bodrijar, na samom početku svojeg najznačajnijeg dela „Simulakrumi i simulacija“, postavlja odnose između znaka, reprezentacije i simulacije u tezi o četiri faze znaka ili slike:

- Ona je odraz duboke realnosti
- Ona maskira i izvitoperava duboku realnost
- Ona prikriva odsustvo duboke realnosti
- Ona nema veze s bilo kakvom realnošću: ona je čist sopstveni simulakrum [2]

Prelaz sa znakova koji nešto prikrivaju na znakove koji kriju da nema ničega označava odlučan zaokret. Oni prvi upućuju na jednu teoriju istine i tajne (u koju još spada i ideologija). Oni drugi inauguriraju eru simulakruma i simulacije.

Bodrijar razlikuje postmoderna društva od modernih i premodernih, a kao glavnu odliku novog društvenog

poretka naglašava simulaciju. Ona se javlja u vidu znakova, slika, kodova, modela koji formiraju privid realnosti. Zapravo, uvlače pojedinca u različite oblike simulirane realnosti.

U svom kritičkom stavu, pod pojmom simulacija podrazumevam sve oblike i pojave u svim oblastima ljudskog delovanja koji na negativan način konstruišu današnjicu. Višeslojnost problemskog okvira ogleda se u činjenici da se simulacija javlja na svim nivoima i oblastima društvenog sistema. Ona je sveprisutna. Javlja u oblasti politike, ekonomije, sociologije, obrazovanja, kulture, koje od perioda postmoderne gube jasne granice svojih disciplina, koje se urušavaju jedna u drugu, stvarajući danas tako jednu sveopštu konfuziju koju možemo označiti kao simulacija. Javlja se u svim vidovima komunikacije i svakodnevnog života. Javlja se kako na posebnom i pojedinačnom planu, kao što je rad pojedinih institucija i ustanova, tako i na opštem i globalnom planu.

## 5. ASIMULACIJA – PRODUBLJENA REALNOST

Koncept projektnog rešenja je prelaz sa znakova koji kriju da nema ničega na znakove koji nešto prikrivaju. Taj proces se naziva asimulacija, i ima za cilj ponovno uspostavljanje vrednosnih sistema razotkrivanjem svakog vida simulacije, lažnog, izvitoperenog, maskiranog... To je ideja ponovnog uspostavljanja referenci. Znaci su u funkciji veštine predstavljanja, dok ono što ti znaci prikrivaju ili o čemu jasno svedoče jeste vrednost. Ideja projekta koji predstavlja odgovor na ovu teorijsku platformu, razrađena je kroz kontekst postapokaliptičnog karaktera.

### 5.1. Asimulator

Godina je 2050. I dalje je u toku proces tranzicije i stvaranje novog društvenog poretka. Nuklearni rat, poznatiji kao Treći svetski rat, koji je svet pretrpeo je najvećih razmera u istoriji čovečanstva.

Nakon primirja i završetka rata, naučnici i stručnjaci iz različitih sfera interesovanja došli su do ideje o novom početku koji je zamišljen kroz primenu najnovijeg otkrića nazvanog **asimulator**. On omogućava uvid u najsuptilnije delove ljudskog uma. Patent pomoću kojeg ljudska misao može biti zabeležena, zapamćena, predstavljena... I ne samo misao, već se nadgleda celokupni rad ljudskog organizma, sa svim sećanjima, emocijama, osećajima i osetima koje čovek može doživeti. Ovaj trenutak predstavlja revolucionarni preokret u istoriji čovečanstva i nagoveštava jednu novu eru, eru asimulacije.

### 5.2. Prostori asimulacije

Asimulacija u velikoj meri utiče na arhitekturu, koja počinje da doživljava transformaciju. Kako asimulator svoje delovanje ispoljava u prostoru najčešće u vidu holograma, sam prostor dobija neke nove dimenzije i osobine.

Jedna od tih osobina jeste promenljivost. Prostor dobija mogućnost da se menja na više načina. Menja se hologramskom projekcijom, gde sve što možemo zamisliti može dobiti adekvatnu, ali ipak ograničenu projekciju u prostoru. Na taj način, dobijamo dopunjeni, implementirani prostor. Hologramske projekcije, u

zavisnosti od kreativnosti, možemo menjati kako želimo i koliko želimo, menjajući na taj način implementirane delove prostora, a samim tim i karakter prostora kao celine. Drugi način na koji se menja prostor jeste mogućnost transformacije onog fičkog, materijalnog, postojanog dela prostora. Naime, proizveden je novi materijal od koga se izrađuju arhitektonski elementi. Taj materijal menja oblik, pametan je, osećajan i interaktivan. Pokreće ga softver i namenjen je povezivanju sa asimulatorom, ali može funkcionisati i nezavisno od njega. Izgrađen je kao organ ili tkivo od sitnih ćelija, piksela koje su kontrolisane od strane softvera ili asimulatora. Tako jedan zid može menjati debljinu, površinu, teksturu, boju, formu, menjajući celokupnu svoju arhitekturu. Ovakav prostor je interaktivan prostor. Kao osetljivi organizam on se menja i prilagođava korisniku.

U ambijentima predviđenim za sadejstvo korisnika i arhitektonskih elemenata, arhitektura postaje arhitektura relacija. U središtu ovakvih ambijenata je čovek. Relacija je kako na odnosu čovek prema čoveku, tako i na odnosu čovek – prostor. Jezik arhitekture je u ovom slučaju jako specifičan i zavisi delom od softverskog programiranja koje kreira arhitekta prilikom svaranja prostora, ili ambijenta, a delom od strane korisnika, njegovih utisaka, sećanja, razmišljanja i doživljaja.

Ono što može obogatiti ovaj prostor jeste bogatstvo unutrašnjeg sveta korisnika. U ovakvom prostoru celokupni unutrašnji svet, koji se pri tom ne može sakriti, dobija svoju prostornu manifestaciju. Granica unutrašnjeg i spoljašnjeg se u ovom slučaju briše kao i granica intime. Nova dimenzija prostora koja ovde nastaje jeste dimenzija svesti. Ona oživljava prostor, transformiše ga, kreira... U toj sinergiji prostora i svesti koja posredstvom asimulatora dopunjuje postojeću realnost, nastaje jedna nova realnost – produbljena realnost. Dimenzija vremena je u ovakvoj realnosti naglašena.

Uloga koju nosi arhitektura je adekvatna platforma na kojoj dolazi do promene svesti. Promenom svesti menjaju se i međuljudski odnosi. Promenom interakcije i komunikacije menjaju se društveni odnosi. Društveni odnosi postaju društveni samo u onoj meri u kojoj postoji prostorni aspekt, takođe ističući da se upravo društveni odnosi projektuju u prostor, upisuju u prostor, istovremeno ga proizvodeći [3].

### 5.3. Centar za asimulaciju

Projektantski odgovor na teorijsku platformu koncipiran je u vidu Centra za asimulaciju. To je objekat čije je težište na procesu asimulacije. Kao što asimulator vodi jednom procesu introspekcije i samospoznaje, tako je i Centar zamišljen kao kontinuitet, proces koji za krajnji cilj ima ponovno uspostavljanje referenci, preispitivanje ličnih vrednosnih sistema, razotkrivanje svega lažnog, zamaskiranog, izvitoperenog, osveščivanje nesvesnog i otkrivanje mehanizama po kojima funkcioniše jedna individua. Možemo reći da je to proces početka menjanja svesti. Proces je ostvaren kroz jedan tok, kontinuitet u obliku spirale koja se širi kako se čovek penje. Spirala je rampa odnosno način na koji se savladava vertikalna barijera (Slika 2). Uspon simboliše postepen proces penjanja i ostvarivanja određenih vrednosti. Vertikala je

težnja ka višim vrednostima - moralna vertikala. Spirala se širi prema vrhu i suprotna je piramidalnoj strukturi koja simboliše totalitarne režime. Gledajući formu možemo izdvojiti dva segmenta. Prvi je zatvoren i orijentisan na unutrašnjost. On je u vidu cevi, tunela. Drugi segment otvara prostor i ka horizontu, dakle ka spoljašnjosti kao i unutrašnjosti.



Slika 2. Centar za asimulaciju

Prvi segment simboliše fazu u društvu pre pojave asimulacija i njegovog uticaja. Ulazi se u jedan izložbeni prostor koji, kako se čovek kreće u njemu, polako gubi svoje obrise i nestaje dok se postepeno javlja tunel. Stranice tog prostora su lažne, privid, ispod čega se kriju zidovi cevi, tunela, klizavi, mračni; podsećaju na kanalizaciju. Taj prostor je realan i on je simbol masovne kulture, koja se sreće svakodnevno. Kada se savlada i taj uspon onda dolazimo do vrata koja simbolišu prelaz u nove prostore. To je pojava asimulacija. Ulazi se u jednu prostoriju za asimulaciju.



Slika 3. Prostor asimulacije

Ta prostorija je kao živi organizam. Zidovi, pod i plafon su sastavljeni od mobilnih pametnih elemata koji se međusobno kombinuju u stvaranju specifičnog ambijenta (Slika 3). Oni su vođeni programom koji je povezan sa asimulacijama koji u tu prostoriju ulaze i kao jedno magnetno polje hvataju ljudske impulse i reaguju na njih prostorno i vizuelno. Ovaj prostor je inicijalni u drugom segmentu, koji se sastoji još iz niza pojedinačnih prostorija za asimulaciju, kao i izložbenih segmenata za interakciju i socijalizaciju.

Zamišljeno je da se ulazi zajedničku prostoriju za asimulaciju, gde je potrebno da se pronađe par sa kojim stupamo u interakciju i sa kojim nastavljamo proces. Potom se ulazi u pojedinačnu prostoriju za asimulaciju koja takođe reaguje na asimulatore, samo što je ovde interakcija svedena na dva objekta. Potom, osoba nastavlja dalje i ulazi u prostoriju sa obučanim administratorom koji pomaže da se utisci iz predhodnih

segmenata oblikuju i on vodi pojedinca kroz izvestan *produbljeni proces*. Osoba potom radi na svojim vrednostima koje planira da prezentuje u slobodnom izložbenom delu prostora.

Osobama je data sloboda izbora: ukoliko žele, mogu nešto da prezentuju ili samo da slobodno koriste prostor kulturnog centra. Ceo proces je proces poniranja u sebe, introspekcije, spoznaje i samospoznaje, koji povlači za sobom pitanje identiteta i ličnih temeljnih vrednosti, kao i pitanje socijalizacije i odnosa prema drugima.

## 6. ZAKLJUČAK

Značaj rada je u kritičkom osvrtu na probleme savremenog društva, kao i u predlogu prevazilaženja istih kroz posebno projektovan arhitektonski prostor. Ideja jeste da se jednim ozbiljnim radom na sebi možemo menjati, bolje upoznavati i sebe i svet oko sebe i da trebamo težiti da se oslobodimo okova simulacije u kojoj se nalazimo. To je jedan težak i zahtevan proces, ali ako bi imali pomoć kao što je pruža jedan Centar za asimulaciju, taj proces bi započeo jedan potpuno novi pogled na sve što nas okružuje - započeo bi proces prave i istinske revolucije, a to je revolucija svesti. Jedino menjanjem sebe možemo promeniti svet oko sebe.

## 7. LITERATURA

- [1] Coleman, Nathaniel, *“Utopias and Architecture”*, Abingdon; New York, Routledge, 2005.
- [2] Bordijar, Žan, *“Simulakrumi i simulacija”*, Novi Sad, IP Svetovi, 1991.
- [3] Lefebvre, Henri, *“The production of space”*, Oxford, Blackwell, 1991.
- [4] Mumford, Lewis, *“The story of utopias”*, CreateSpace Independent Publishing Platform, June 8, 2012.

### Kratka biografija:



**Miloš Rajović**, rođen je u Novom Pazaru 1990. god. Osnovne akademske studije završio je 2015. god na Fakultetu tehničkih nauka, studijski program Arhitektura na Državnom univerzitetu u Novom Pazaru. Student master studija FTN Novi Sad, smer Arhitektonsko i urbanističko projektovanje.



**Dr. Dragana Konstantinović** je u zvanju vanrednog profesora Departmana za arhitekturu i urbanizam od 2019. godine. Predaje predmete iz oblasti arhitektonskog projektovanja, istorije i teorije. Aktivni je istraživač i projektant.



**Slobodan Jović**, dipl.inž.arh., zaposlen kao asistent na Departmanu za arhitekturu i urbanizam, Fakulteta tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu. Na istom fakultetu, 2011. Godine završio je osnovne akademske i master studije, a trenutno je student doktorskih studija.



**ENTERIJER PROJEKTOG BIROA U REKONSTRUISANOM INDUSTRIJSKOM OBJEKTU****PROJECT BUREAU INTERIOR IN RECONSTRUCTED INDUSTRIAL BUILDING**Milena Milić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast- ARHITEKTURA I URBANIZAM**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad predstavlja ispitivanje i valorizovanje potencijala zapuštenih industrijskih objekata, i transformacijom jednog takvog objekta u projektni biro sa maketarskom radionicom, sa osvrtom na održivi razvoj.

**Ključne reči:** industrijski objekti, transformacija, projektni biro, maketarska radionica, održivi razvoj.

**Abstract** – This paper presents an examination and evaluation of the potential of neglected industrial facilities, and the transformation of one such facility into a design bureau with a modeling workshop, with a focus on sustainable development.

**Keywords:** industrial facilities, transformation, design bureau, modeling workshop, sustainable development.

**1. UVOD**

Razumevanje industrijskog nasleđa povezano je sa procesima industrijalizacije i deindustrijalizacije. Brojni autori proučavaju industrijsko nasleđe i njegov značaj. Zbog arhitektonske, društvene, istorijske i tehnološke vrednosti, ono može biti važan faktor u formiranju kulturnog identiteta, kao u urbanoj regeneraciji. Iako je industrijsko nasleđe obeležilo dva prethodna veka, kako u Vojvodini, tako i šire, na početku 21. veka, ono ubrzano propada usled zahuktalog razvoja novih tehnologija. Posledica takvog razvoja je gašenje i nestajanje velikog broja postrojenja koji su za sobom ostavili niz objekata, koji su napušteni i prepušteni propadanju i rušenju.

Tek poslednjih godina, počela je da se obraća pažnja na ove objekte i njihovu arhitektonsko-estetsku, funkcionalnu i kulturološku vrednost. To je slučaj i sa Kineskom četvrti u Novom Sadu, za koju se pokazalo interesovanje tek skoro. Od samog nastajanja, do danas, prostor Kineske četvrti je veoma atraktivan, u prvom redu zbog poslova proizvodnje koji su se tu obavljali, a zatim i zbog svoje lokacije (Blizina Dunava, Beogradskog Keja, Štranda i Mosta Slobode) same lokacije, a sa njom i objekata je dugo u potpunosti zanemaran. Prostor koji je praktično u centru grada je potpuno neiskorišćen. Potencijali Kineske četvrti su priznati od strane grada tek skoro, kada je promenjen plan detaljne regulacije ovog dela grada, kojim se objekti na ovom potezu stavljaju pod

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marko Todorov.

zaštitu kao industrijsko nasleđe Grada Novog Sada, i za koje se zabranjuje rušenje i izgradnja stambenih objekata i tržnih centara [1].

**2. PREDMET I CILJ RADA**

Rad se bavi rekonstrukcijom jednog od objekata u Kineskoj četvrti, promenom njegove prvobitne namene, kao i prilagodavanjem jednoj potpuno drugoj funkciji, kao primer potencijala objekata industrijskog tipa, sa akcentom na njegove mogućnosti transformacije i uklanjanje u jedan novi koncept korišćenja, sa osvrtom na energetske efikasnost zgrada.

Cilj rada je pre svega doprinos u negovanju industrijskih objekata i generalno Kineske četvrti u Novom Sadu, koja kao takva predstavlja jedinstvenu industrijsku celinu. Koncept je zasnovan na objedinjenu urbanističkih potencijala starih, devastiranih industrijskih objekata sa akcentom na proširenje arhitektonskih programa, kao potencijal savremenih praksi, a rezultat tog čina predstavljen je u oblikovanju enterijera koji je spona između onog nekada i onog potencijalnog.

**3. DEFINISANJE TERMINOLOGIJE PROJEKTA**

**1. Rekonstrukcija-** izvođenje građevinskih radova na postojećim objektima, i to u gabaritu i volumenu datog objekta, nekada sa promenom spoljnog izgleda objekta.

**2. Revitalizacija-** Oživljavanje, vraćanje života, obnova-obebeđuje objektima vraćanje u upotrebu i aktivno korišćenje, iskorišćavanjem i nadograđivanjem njihovih postojećih potencijala, ali i uvođenje novih kojima se daje širi spektar upotrebe i daje na atraktivnosti.

**3. Adaptacija-** izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećem objektu, kojima se vrpi promena organizacije prostora, zamena uređaja, postrojenja, opreme i instalacija istog kapaciteta, a ne menja se spoljni izgled i ne utiče na bezbednost susednih objekata [2].

**4. PROJEKTNII BIROI I MAKETARSKERADIONICE**

Pojavu arhitektonskih kancelarija, možemo vezati i za pojavu same reči arhitekta, ili graditelj, dakle možemo se vratiti do Egipta, Grčke ili Rima, gde su tadašnji graditelji imali svoje prostorije u kojima su planirali, i razrađivali svoje ideje za formiranje budućih objekata. Projektovanje ovakvih prostora, u najvećoj meri uključuje investitora, koji je u mnogim slučajevima i sam arhitekta, pa u potpunosti zna šta mu je potrebno za svoj kreativni proces. Prostori u kojima se danas nalaze poznati projektantski biro i su najrazličitijeg karaktera, a zavise isključivo od ukusa vlasnika, broja zaposlenih, i kapaciteta koji su im

porebni. Fleksibilnost struke omogućava organizovanje arhitektonske kancelarije u skoro bilo kakvom prostoru. Uz razvoj arhitekture, pojavila se potreba za što boljom prezentacijom projekta i ideje, a to se vezuje za pojavu maketa. Iako se crtanje sve više potiskuje od strane izrade 3D digitalnih modela, maketa i dalje ostaje nezaobilazni medijum za prezentovanje arhitektonskih rešenja koji praktikuju gotovo sve veće kompanije. Makete se izrađuju od najrazličitijih materijala i nepresušan su izvor inspiracije. Prostorije maketarnica zahtevaju na prvom mestu dosta prirodne svetlosti, zatim i dobru veštačku osvetljenost, dosta prostora, centralni sto za oblikovanje sa osnovnim materijalima i alatima ispod njega, prostor za odlaganje materijala, alata, lepkovai prateće opreme. Podovi koji se lako održavaju, skladište za gotove modele i detalje, dobra povezanost sa izlazom iz objekta su osnovni zahtevi koje jedna maketarnica treba da zadovolji.



Slika 1. Savremena maketarska radionica

## 5. PROSTORNI ZAHTEVI ZA ORGANIZACIJU RADNIH PROSTORIJA

Projektovanje individualnih kancelija obuhvata veliki broj zahteva u vezi sa dimenzijom i veličinom ljudskog tela. Najvažniji element je svakako radni sto, a zatim i elementi u vezi sa njim. Specifične radne navike zaposlenih se svakako moraju uzeti u obzir, pri određivanju prostora radne površine, samog materijala od kog je izrađena, boja koje prevladavaju, rasvetnih tela i detalja.

Neophodno je da prostor u kome arhitekta provodi većinu svog vremena odiše kreativnošću, da inspiriše i opisuje delatnost koja se u toj kancelariji obavlja. U zajedničkoj kancelariji, kao i u pojedinačnoj, kontakt između korisnika i radnog stola ima centralni značaj. Kvalitet tog kontakta ima direktan uticaj na opšti komfor, dobar osećaj kod zaposlenih, efikasnost u radu, povećanja reaktivnosti, a samim tim i na iznalaženje kvalitetnijih rešenja. Opšti pristup pri utvrđivanju veličine konferencijskih stolova, sličan je pristupu za pojedinačne stolove. Ipak, mere i standardi ne mogu uvek biti ispoštovani, pa je na autorima uglavnom teži zadatak, da u manjem prostoru od potrebnog odgovore na zahteve struke [2].

### 5.1. Arhitektonska organizacija prostora i principi održivog razvoja

Pri arhitektonskoj organizaciji prostora, osnovni cilj jeste da se u prostorijama koje služe za duži boravak,

maksimalno iskoristi sunčeva energija, kako bi se obezbedilo prirodno osvetljenje i lakše zagrevanje zimi.

Toplotu koja putem sunčevih zraka ulazi u prostoriju i povećava temperaturu, neophodno je adekvatno skladištiti, pa je termalna masa dobar izbor svake pasivne kuće. Termalna masa generalno označava materijal koji je sposoban da apsorbuje, zadrži i polako otpušta toplotu. Kada se nalazi u sastavu zida, termalna masa se ponaša kao skupljač energije, prima svu toplotu i zatim je kroz zid lagano otpušta. Za skupljače energije koriste se materijali sa velikom toplotnom inercijom, koja predstavlja kapacitet materijala da akumulira toplotu, a to su materijali poput betona, kamena, opeke, vode. Pored toga što greje, termalna masa u letnjem periodu ima ulogu da toplotu crpi iz prostora i na taj način ga rashladjuje. Naajbolja iskorišćenost termalne mase se postiže njenim direktnim izlaganjem sunčevom zračenju. S toga je najbolje pozicionirati je u sklopu ploče ili konstruktivnog zida. Transformacija sunčeve energije je najprihvatljiviji način dobijanja toplote i električne energije, a ulaganje u takvo iskorišćavanje se smatra jednim od važnih zadataka održivog razvoja i svesne ekonomične potrošnje. Najveća prednost upotrebe solarnih kolektora jeste što je sunčeva energija neiscrpan energent, zatim sa ekonomskog stanovišta, troškovi održavanja su mali u odnosu na vek eksploatacije. Ovakav vid korišćenja sunčeve enerije je trajno rešenje, apsolutno besplatno i kao takvo, korišćenje solarne energije je apsolutni imperativ [3].

### 5.2. Materijali i održiva gradnja

Ekološka merila za građevinske materijale postaju sve zahtevnija u standardima, sa aspekta uštede energije i održivosti. Osnovni zahtev koji jedan građevinski materijal, pored ekološke ispravnosti mora da ispuni je smanjenje emisije ugljen dioksida. Kod ugrađenih materijala, pored njihove mehaničke čvrstine i izdržljivosti, najviše treba povesti računa o njihovom uticaju na zdravlje ljudi. Korišćenjem prirodnih materijala iz okruženja, smanjuje se potrošnja energije za proizvodnju novih materijala, troškovi za transport i dodatno zagađenje [4].

## 6. PREDMETNI OBJEKAT

Predmetni objekat je deo celine, koji je imao funkciju proizvodnog pogona fabrike „Petar Drapšin“. Kako je projektovan kao proizvodni pogon, objekat je u potpunosti otvoren, sa jednim pregradnim zidom po sredini, koji deli prostor na dve podceline. Verovatno je građen masivnim sistemom gradnje, sa nosećim zidovima od pune opeke debljine oko 38cm, sa armiranobetonskim horizontalnim i vertikalnim serklažima.

Krovna konstrukcija je dvovodna, a duž podužne ose formirana je krovna laterna, staklena tvorevina koja je imala glavnu ulogu za osvetljavanje i provetravanje prostora. Svetla visina objekta koji je prizeman je 600cm, ne uključujući laternu. Nosači krovne konstrukcije su čelične grede, a temelji su trakasti i povezani u jednu celinu. Objekat se može posmatrati kao „kuća u nizu“, zatvoren je sa tri strane, što se može posmatrati kao pozitivna osobina u pogledu grejanja i hlađenja. Ulična fasada nije dekorisana, izuzev trouglastog zida sa



okruglim otvorom koji zatvara laternu. Prozori i vrata su od bravarskih elemenata. O samom enterijeru se ne može mnogo govoriti. Kao što je već rečeno, zidovi su od pune opeke, grubo malterisani i obojeni u belo. Pod je betonski, ali oštećen i neravan pa zahteva zamenu, krovna konstrukcija je metalna, u dobrom stanju, pa se samo treba očistiti i utegnuti.



Slika 4. Ulični prikaz objekta

## 7. PREDMET RADA I PROJEKTNI ZADATAK

Predmetni objekat je potrebno preprojektovati u skladu sa potrebama jednog savremenog projektnog biroa, sa maketarskim studijom, bez promene spoljnog izgleda, ili gabarita, i u okviru postojećeg konstruktivnog sistema. Problematičnu krovnu konstrukciju treba sačuvati i posmatrati je kao deo enterijerskog rešenja. Postojeća vrata i prozore treba sačuvati u dimenzijama, gabaritima i koliko je to moguće izgledom, i posmatrati ih kao deo vizuelnog identiteta objekta. Prema fasadi se treba odnositi kao prema delu celine i izbegavati njene izmene, dogradnju ili promenu dimanzija otvora koji su deo karakterističnog niza. Imajući u vidu prirodu posla koji će se obavljati u objektu, treba osmisliti prijatan, kreativan prostor koji sam po sebi govori o delatnosti koja se tu obavlja. Maketarska radionica je sastavni deo projektnog biroa. Taj prostor treba da bude dobro osvetljen, lako pristupačan i saglediv, kako bi se potencijalnim klijentima na što bilji način prikazao princip rada i organizacije biroa.

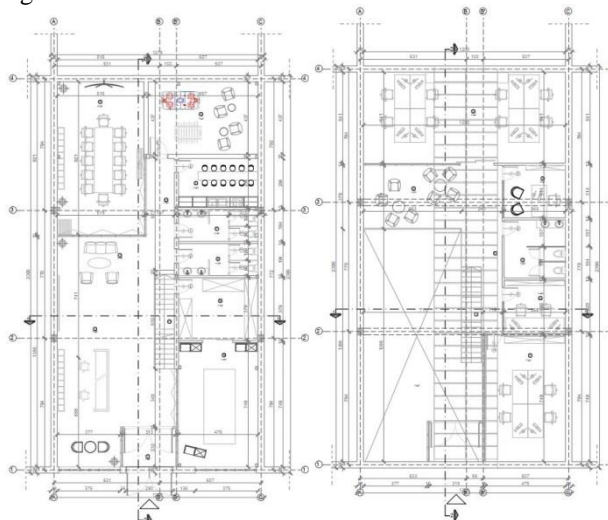
### 7.1. Koncept

Osnovna ideja se može sagledati kroz dva spekta. Prvi je zatečeno stanje objekta i okoline i formiranje odnosa prema toj celini. Drugi aspekt se odnosi na enterijer i njegovo prilagođavanje potrebama projektnog biroa sa maketarnicom, te na adekvatno funkcionisanje jednog poslovnog prostora.

### 7.2. Funkcionalna organizacija

Postojeći konstruktivni sistem je ostao nepromenjen, kao i gabariti objekta. Najveća intervencija je dodavanje galerijskog prostora koji je bilo neophodno uklopiti u celinu. Krovna konstrukcija je u potpunosti zadržana, ali obnovljena i sanirana. Propali maletar na zidovima se uklanja, dok se ne dođe do sloja opeke kojim je objekat zidan, koja postaje jedna od glavnih elemenata enterijera. Maketarska radionica je zamišljena kao potpuno transparentan i saglediv prostor. Uz nju je formirana ostava koja je rezervisana za skladištenje maketarskog

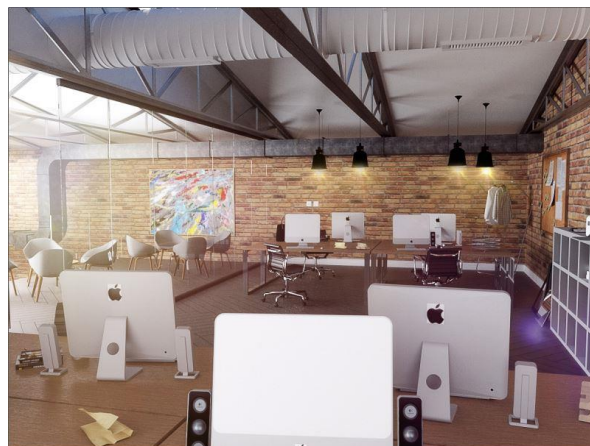
materijala i alata, a zatim se nižu sanitarne prostorije, kuhinja i prostorija za relaksaciju. Uz ulaz je formirana vetrobranska zona. Sve kancelarije su organizovane u galerijskom prostoru, izuzev konferencijske sale, koja je u prizemlju. Fasada objekta je zamenjena, postavljena je nova termoizolacija, i fasada je završno obojena u tonu prvobitne. Stolarija je izgledom i dimenzijama očuvana, da bi se što manje uticalo na spoljni izgled objekta, jedino su metalna ulazna vrata zamenjena novim, transparentnijim, kako bu se unutrašnjost što bolje sagledavala sa ulice.



Slike 5 i 6 – Osnove prizemlja i galerije

### 7.3. Materijalizacija enterijera

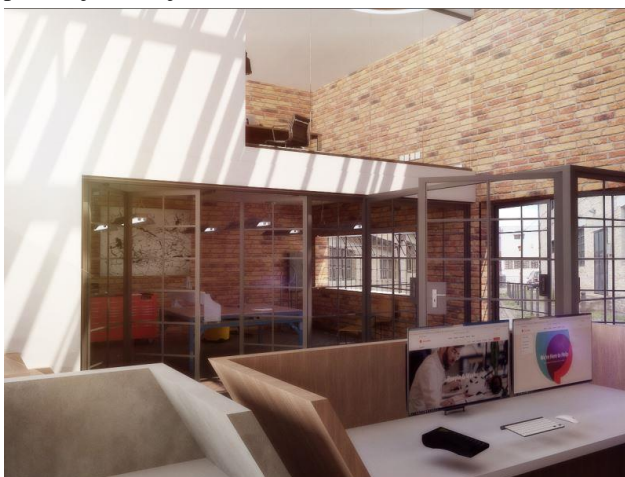
Objekat poseduje karakteristike enterijera novijeg vremena, izražene upotrebom savremenih materijala- čelik, staklo, beton. Pored toga, akcenat je stavljen na održivost samog objekta, pa su samim tim korišćene tehnike, premazi i materijali koji odgovaraju standardima ekološke arhitekture. Ideja je da se korišćenjem prirodnih materijala u enterijeru postigne kvalitetan radni prostor, prijatan za boravak i rad. Beton je upotrebljen samo u prizemlju objekta, gde je postojela i oštećena podna ploča razbijena i oklonjena, a na njeno mesto je postavljena nova sa adekvatnim termo i hidroizolacionim slojem ispod, kako bi se sprečili topltni gubici i eventualni prodor podzemnih voda u objekat. Čelična konstrukcija je upotrebljena za formiranje galerijskog prostora, tako da se ne opterećuje postojeći konstruktivni sistem, kao i za formiranje stepeništa.



Slika 7- 3D prikaz enterijera

Staklo je još jedan materijal korišćen u enterijeru. Pored njegove primarne funkcije- zastakljivanje prozora i krovne laterne, staklo je upotrebljeno u enterijeru da bi se dobilo na transparentnosti prostorija, i utiska jedne celine, te da bi se zatečena i očišćena opeka dodatno istakla. Konferencijska sala je staklenim pregradama odvojena od ostatka prostora, kao i maketarnica i sve kancelarije na galeriji. Za podnu oblogu svih prostorija izuzev toaleta i kuhinje odabrano je drvo, kao još jedan od ekoloških materijala, a jedino su sanitarne prostorije obložene keramičkim pločicama.

Kontrast između „svetlog“ i „tamnog“, kao i „starog“ i „novog“, i „rustičnog“ i savremenog“ u velikoj meri doprinosi eleganciji enterijera i sveukupnom utisku koji ovaj poslovni prostor ostavlja kako na korisnike, tako i na potencijalne klijente.



Slika 8 - 3D prikaz enterijera

#### 7.4. Inteligentna rasveta

Svetlost predstavlja jedan od najbitnijih elemenata koji definiše unutrašnji prostor. Dobro osvetljenje pre svega ne zamara vid zaposlenih, zatim stvara utisak prostranosti, topline i pruža osećaj dobrodošlice. Prirodno i veštačko osvetljenje, kao i boje kojima je prostor ispunjen u tesnoj su vezi i veoma doprinose doživljaju celokupnog prostora. Zahvaljujući krovnoj laterni, sve radne prostorije su dobro osvetljene sunčevom svetlošću. U cilju postizanja boljeg osvetljenja u zavisnosti od doba dana, korišćena je kombinacija prirodnog i veštaškog osvetljenja. U čitavom objektu instaliran je sistem inteligentne rasvete, koji se sastoji od rasvetnih tela sa regulatnim prigušivačima. Senzori osvetljenosti daju informacije o nivou osvetljenosti i prisustvu ljudi u prostoriji, ta informacija se dalje šalje u kontroler koji nakon toga upravlja elementima za povećanje ili smanjenje osvetljenosti u prostoriji. Ukoliko se u prostoriji ne nalaze ljudi, a rasveta je upaljena, senzori to automatski registruju i smanjuju ili potpuno gasu veštačko osvetljenje, štedeći na taj način veliku količinu energije.

## 8. ZAKLJUČAK

Svest o kvalitetu prostora Kineske četvrti, ako industrijskog dobra u Novom Sadu, i svest o potencijalu objekata u okviru nje u poslednjih par godina je značajno porasla. Po ugledu na slične primere iz sveta koji su izvedeni, i

dobro funkcionišu, odlučeno je da ova celina postane kulturni i kreativni district grada, gde će se objekti koristiti kao poslovni prostori sa akcentom na umetnost. U isto vreme svest o održivom razvoju i ekološkoj arhitekturi, razvija se i postavlja određene standard u svetu. Kako radni prostor predstavljaju mesto gde ljudi provedu najveći deo dana, i gde u slučaju prostora za projektovanje i dizajn objekata treba da pokažu svoju kreativnu stranu, projektovanje obnavljanja objekta je zahtevalo pre svega shvatanje i isticanje potreba jednog savremenog projektnog biroa, potreba njegovih zaposlenih, ali i potreba potencijalnih klijenata, i sveukupni utisak koji ostavlja na njih. Prikazani projekat ima za cilj spajanje savremenog nalina projektovanja i poslovanja, sa istorijskim, već postojećim objektom u okviru jedne kulturno-umetničke celine.

Materijalizacijom enterijera, objekat takođe teži da približi staro i novo, i time obezbedi elegantan prostor prijatan za boravak radnika i klijenata. Takođe, objekat ima za cilj pokretanje procesa rekonstrukcije i revitalizacije susednih objekata čime bi se postiglo kompletno oživljavanje nekada fabričkog kompleksa.

## 8. LITERATURA

- [1] <http://www.muzejnt.rs/strucni-odseci/industrijsko-nasledje>, V.Stojanović, B. Janjušević: *Industrijsko nasleđe u Vojvodini: zaštita, tipologija i moguća revitalizacija danas*, <http://www.muzejnt.rs/strucni-odseci/industrijsko-nasledje>
- [2] <http://www.staznaci.com/revitalizacija> *Zakon o planiranju i izgradnji, član 2, stav 32*, Graditeljsko nasleđe, očuvanje i zaštita 1 i 2- predavanja
- [3] M.Simić, B. Crnogača- *kancelarijski prostor, antropometrijski podaci*, Ernst Neufert- *Arhitektonsko projektovanje*, <http://www.yourhome.gov.au/passive-design/thermal-mass>, <http://greenpassivesolar.com/passive-solar/building-characteristics/thermal-mass>
- [4] <http://www.eko-kuća.com/materijali/>, Dragana Vasilski- *Minimalizam u arhitekturi-Materijali kao instrumenti percepcije nematerijalne realnosti*

### Kratka biografija:



**Milena Milić** rođena je u Kosovskoj Mitrovici 1992. godine. Osnovne akademske studije je završila na Fakultetu Tehničkih nauka- departman za arhitekturu i urbanizam u Novom Sadu 2017. Godine. Trenutno student master studija na smeru Dizajn Enterijera





## NOVI SAD - OLIMPIJSKI GRAD 2032

### NOVI SAD - OLYMPIC CITY 2032

Vahida Hodžić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ARHITEKTURA I URBANIZAM

**Kratak sadržaj** – Projekat „Novi Sad - olimpijski grad 2032. godine” zasniva se na istraživanju i upoznavanju sa istorijom, osnovnim podacima i organizovanjem letnjih Olimpijskih igara. Predmet istraživanja u ovom radu predstavlja upoznavanje sa osnovnim podacima, načinom nastanka i razvijanja ovih igara, i organizovanjem letnjih Olimpijskih igara, sa akcentom na upoznavanje onog dela organizacije koja predstavlja zadatak arhitekata i urbanista, na problem sa kojima se oni susreću prilikom realizovanja njihovog dela zadatka.. Cilj istraživanja jeste da kroz različite analize pruži uvid u pozitivne i negativne strane jedne ovakve organizacije. A najbolji način za to jesu analize organizacija dosadašnjih Olimpijskih igara, kroz studije slučaja. Princip održivog razvoja jeste i glavni cilj organizovanja ovakve manifestacije, te shodno tome, na tom principu treba razviti strategiju prema kojoj će se planirati i projektovati objekti koji će i nakon igara imati svoju namenu. Suština ovog rada jeste razmatranje da se organizovanjem i odgovarajućim strategijom unapredi imidž i ekonomija grada i države u budućnosti.

**Ključne reči:** analiza, studija slučaja, Olimpijske igre, utvrđivanje strategije

**Abstract** – The project "Novi Sad - Olympic City 2032" is based on the research and introduction to the history, basic data and organization of the Summer Olympic Games. The subject of research in this paper is to get acquainted with the basic data, the way how these games originated and developed, and to organize the Summer Olympics, with an emphasis on getting to know the part of the organization that represents the task of architects and urban planners, on the problem that they encounter in realizing their part of the task. The aim of the research is to provide insight into the positive and negative sides of such an organization through various analysis. And the best way to do this is to analyze the organizations of the previous Olympics, through case studies. The principle of sustainable development is also the main goal of organizing such a manifestation, and accordingly, according to this principle a strategy should be developed in the way that facilities will be planned and designed so that they will have their purpose even after the games. The essence of this paper is the consideration of the organization and the appropriate strategy of improving the image and economy of the city and the state in the future.

**Key words:** analysis, case study, Olympic games, strategy

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr. Igor Maraš.

#### 1. UVOD

U savremenom dobu profesionalni sport spada u jednu od popularnijih sfera i deo je registrovanog sporta. Jedan od glavnih razloga razvoja profesionalnog sporta jesu i gledaoci koji dolaze na stadione da bi gledali takmičenja profesionalnih sportista, a to svakako podleže strogim tržišnim kriterijumima poslovanja. Činjenica je da sve više zemalja iz godine u godinu želi da bude domaćin jednom takvom dešavanju. Ekonomski rast, infrastrukturno nasleđe i promocija imidža su tri glavne vrste koristi kod ovakvih događaja. Troškovi se ne mogu unapred predvideti niti proceniti, pa ekonomski uticaji ne budu uvek pozitivni. Stoga, kako bi sportski događaj bio uspešan, mora biti i dobro isplaniran i organizovan.

##### 1.1. Predmet istraživanja

Predmet izučavanja rada jeste utvrđivanje pozitivnih i negativnih strana grada domaćina Olimpijskih igara i razvijanje strategije za Olimpijski grad Novi Sad 2032.

##### 1.2. Ciljevi istraživanja

Predmet istraživanja u ovom radu predstavlja upoznavanje sa osnovnim podacima, načinom nastanka i razvijanja ovih igara, i organizovanjem letnjih Olimpijskih igara, sa akcentom na upoznavanje onog dela organizacije koja predstavlja zadatak arhitekata i urbanista, na problem sa kojima se oni susreću prilikom realizovanja njihovog dela zadatka ali i njihovih odgovora na iste. Olimpijske igre kao jedna od najvećih sportskih manifestacija i događaja broji čak 42 različita sporta, koji zbog svoje prirode zahtevaju različite objekte ili površine na kojima će se održavati, a od kojih skoro svi treba da se nalaze u istom gradu, te to je ono što ovu manifestaciju čini specifičnom i drugačijom od drugih sportskih događaja (na primer svetsko prvenstvo u atletici, fudbalu) koji zahtevaju samo jedan tip sportskih objekata u gradu organizatora. Svi objekti za održavanje Igara moraju da zadovolje standarde koji su propisani u Međunarodnom olimpijskom komitetu, koji se odnose na opremljenost, veličinu i kapacitete objekata.

#### 2. OLIMPIJSKI SPORTOVI

Zvanični sportovi na letnjim olimpijskim igrama su podeljeni na četiri grupe i to:

- individualni: atletika, badminton, biciklizam, dizanje tegova, gimnastika, golf, konjički sport, leteće mete, moderni pentatlon, mačevanje, stoni tenis, streličarstvo, streljaštvo, triatlon, tenis
- ekipni: fudbal, hokej na travi, košarka, odbojka, ragbi, rukomet, vaterpolo
- borilački: boks, džudo, rvanje, tekvondo
- sportovi na vodi: jedrenje, kajak - kanu, plivanje, sinhrono plivanje, skokovi u vodu, veslanje. [1]

### **3. FIZIČKE PROMENE TOKOM ORGANIZOVANJA VELIKIH SPORTSKIH DOGAĐAJA**

Organizovanje Olimpijskih igara uključuje kako izgradnju novih sportskih objekata ili rekonstrukciju i obnovu već postojećih, tako i izgradnju smeštajnih kapaciteta za takmičare i turiste, odnosno posetioce, promenu u izgledu grada, kao i unapređenje saobraćajne mreže. Ali, održavanje Olimpijskih igara može da ima i negativnu stranu, pa tako održavanje ovakve manifestacije može da stvori problem gradu u pogledu građevina koje su se morale sagraditi za potrebe igara, pa se nakon toga srušiti, jer im nije pronađena adekvatna namena nakon završetka Igara.

### **4. STUDIJA SLUČAJA**

#### **4.1. Studija slučaja- London**

Godinu dana pre održavanja, Olimpijske igre su imale drastičan fizički uticaj na istočni London. U samom Olimpijskom parku izgrađeno je 6 sportskih objekata, kao i centri za novinare i televizijski prenos. Istočni deo Stratforda je preuređen i samim tim dosta pristupačniji. Novu infrastrukturu ima i železničko stajalište Overground u olimpijskom delu grada. Sportsko nasleđe će uzeti nekoliko oblika:

-ono će povećati i ubrzati ulaganje u sportske objekte ne samo u okviru Olimpijske Zone, već i u drugim delovima Velike Britanije i

- doprineće u povećanom učešću u sportu i očekuje se da će ovo biti jako značajno za društveni i fizički uticaj. Glavni objekti izgrađeni za potrebe Olimpijskih igara su: olimpijski stadion, vodeni centar, košarkaška hala, rukometna hala, velopark, hokej centar, Li Veli kajak/kanu centar za divljovodaše i olimpijsko selo. [2]

#### **4.2. Studija slučaja - Rio de Žaneiro**

Sva sportska takmičenja održana su na ukupno 38 sportskih borilišta, a 33 od njih se nalazi u samom gradu, dok preostalih pet čine fudbalski stadioni u Sao Paulu, Belo Horizonte, Salvadoru, Braziliji i Manausu. Sportska borilišta smeštena su u četiri zone: najveći broj njih smešten je u zoni Bara dok su preostale tri zone plaža Kopakabana, Marakana i Deodoro. U zoni Bara smešten je glavni olimpijski park i olimpijsko selo, plaža Kopakabana je služila za održavanje nekoliko sportova na vodi dok je u okviru zone Marakana na istoimenom stadionu održana ceremonija otvaranja Olimpijskih igara. Ove četiri zone su međusobno povezane saobraćajnim prstenom velike frekvencije koji je obezbedio da skoro polovina sportista može doći do svog mesta za deset minuta a skoro 75% njih moglo je to učiniti za manje od 25 minuta. Od 33 borilišta koja su se nalazila u samom gradu, sedam njih je napravljeno kao potpuno privremeni objekti, devet je izgrađeno sa namerom da ostanu u funkciji i nakon igara, dok je osam postojećih objekata doživelo rekonstrukciju. [3]

### **5. ZAKLJUČAK**

Veliki sportski događaji odnosno manifestacije su dešavanja koja mogu imati dugoročni pozitivan i uspešan ishod, podrazumevaju veoma ozbiljnu ulogu jer zahtevaju pažljivu analizu i razmatranje, a samim tim i ozbiljno osmišljavanje strategije. Strategiju svakako sačinjavaju

elementi od kojih kao ključne, možemo izdvojiti, kandidaturu, pripremu i realizaciju. A uspeh ili neuspeh kao kruna ili poraz samog angažovanja, ulaganja i osmišljavanja strategije. Kako bi se jedan ovako veliki sportski događaj kvalitetno osmislio i realizovao u stvarnosti, mora se na početku osmišljavanja strategije i planiranja imati u obzir vizija za nasleđe koje ostaje nakon samog dešavanja, a tako postojanost posvećenosti kao osobine prilikom realizovanja same vizije čitavog projekta. Na takav način bi ovakav jedan projekat postigao svoju svrhu, ispunio očekivanja a samim tim i stvorio pozitivno i trajno nasleđe jednog grada-države.

### **6. Novi Sad - Olimpijski grad 2032.**

#### **6.1. Osnovni ciljevi strategije**

1. Utvrđivanje broja sportova i potrebnih kapaciteta
2. Vremenska organizacija takmičarskih disciplina
3. Ispitivanje postojećih kapaciteta i mogućnosti njihovog korišćenja
4. Utvrđivanje potrebnih novih kapaciteta
5. Raspored sportskih dešavanja po zonama (koncept)
6. Razrada sportskih dešavanja po zonama

#### **6.2. Ispitivanje postojećih kapaciteta i mogućnost njihovog korišćenja**

1. Sportski i poslovni centar Vojvodina, poznatiji kao SPENS jedan je od najznačajnijih sportskih objekata u gradu. U okviru ovog objekta nalazi se nekoliko dvorana i to:

- velika dvorana kapaciteta 6987 mesta
- mala dvorana kapaciteta 1030 mesta
- ledena dvorana kapaciteta 1623 mesta

Dodavanjem tribina i malim proširenjem kapaciteta ove tri dvorane mogle bi da ispune zahteve za održavanje određenih sportova.

2. Neposredno pored SPENS-a nalazi se stadion FK Vojvodina poznatiji kao Karađorđe. Kapacitet stadiona je 15000 mesta. Uklanjanjem atletske staze i korišćenjem tog prostora za dodavanje tribina povećao bi se kapacitet stadiona na oko 20000 mesta i stadion bi se koristio isključivo kao fudbalski.

3. Prostor Novosadskog sajma obuhvata niz izložbenih hala kao i konjički klub i atletsku salu. Prostor konjičkog kluba koji obuhvata veliku površinu bi nakon određenih intervencija mogao da postane mesto na kome će se održavati svi konjički sportovi na Olimpijskim igrama.

Osim navedenih prostora koji se nalaze u samom gradu, moguće je iskoristiti i određene sportske objekte u drugim gradovima, tačnije u Beogradu. Ovde se prvenstveno misli na fudbalske stadione. Kako bi se izbegla potpuno nepotrebna gradnja tri nova stadiona u Novom Sadu, pa je jedan deo fudbalskih utakmica je predviđen da se održava na stadionima Partizana, stadionu Rajko Mitić i stadionu OFK Beograd u Beogradu. Takođe, zbog nepostojanja velike površine stajace vode u Novom Sadu, a plivački maraton bi se održavo na Adi Ciganliji.

#### **6.3. Utvrđivanje novih potrebnih kapaciteta**

Nakon analize potrebnih sportskih i smeštajnih kapaciteta, kao i nakon analize postojećih kapaciteta i mogućnosti njihovog korišćenja, utvrđeno je da postoji potreba za izgradnjom novih objekata, a to su: stadioni za atletiku,

košarku, ragbi, tenis, rukomet, odbojku, borilačke sportove i gimnastiku, kao i olimpijsko selo.

Takođe je potrebno i prostore za održavanje sportova na ovorenom, kao što su: vodeni sportovi (kajak, kanu), golf, hokej na travi, streličarstvo, biciklizam i maraton.

#### 6.4. Raspored sportskih sadržaja po zonama - koncept

Koncept organizacije Olimpijskih igara u Novim Sadu zasniva se na ideji decentralizacije sportskih sadržaja. Ovakav koncept omogućava da svi delovi grada budu podjednako uključeni u organizaciju, ali i da se razvijaju i imaju dugoročnu korist. Cilj ovakvog načina organizacije jeste da izbegne stvaranje objekata čije održavanje mnogo košta, a nema upotrebnu vrednost, što se često javljalo u prošlosti kao rezultat organizacije Olimpijskih igara. Sva dešavanja smeštena su na sledećim lokacijama:

- Novosadski sajam (konjički sportovi)
- SPENS i stadion Karađorđe (stoni tenis/ streljaštvo/ fudbal)
- Slana bara (vodeni sportovi)
- Veternik (borilački sportovi)
- Kamenička ada (golf/ hokej na travi/ odbojka na pesku)
- Sremska Kamenica (rukomet/ odbojka)
- Petrovaradin (gimnastika/ streličarstvo)
- Radna zona Sever (olimpijsko selo)
- Novo naselje (tenis/ košarka)
- Klisa (ragbi/ BMX/ badminton)
- Futoški put (atletika)

#### 6.5. Razrada sportskih sadržaja po zonama

Radna zona Sever - Učesnici Olimpijskih igara u Novom Sadu će biti smešteni u Olimpijskom selu u naselju Radna zona Sever. Kompleks zgrada će moći da ugosti 30.000 ljudi, među kojima će osim sportista biti i treneri, novinari, tehničko osoblje i svi ostali koji direktno i indirektno učestvuju u održavanju Igara. Kompleks obuhvata 30 kula od 18 spratova i petospratnih zgrada koje povezuju neke od kula, slika 1 i 2. U sklopu kompleksa, osim spavaonica i restorana, biće obuhvaćeni i mnogi drugi sadržaji, kao što su: teretane, spa centri, internet klubovi, prostori za opuštanje i zabavu i mnogi drugi koji će obezbediti učesnicima potpuni komfor tokom Igara. Kompleks je osmišljen tako da odaje utisak "grada u gradu", odnosno da se stvori novi "gradić" za buduće stanare ovog naselja. Nakon Olimpijskih igara, Olimpijsko selo će biti prenamenjeno u stambene i poslovne prostore.

OLIMPIJSKO SELO



Ilustracija 1 - Olimpijsko selo

OLIMPIJSKO SELO



Ilustracija 2 - delo autora - Olimpijsko selo

Novo naselje - Koncept rešenja se zasniva na kreiranju novog javnog prostora koji će se nadovezivati na postojeća naselja i povezivati ih na najkraći način pešačkim stazama. Sportsko-rekreativni kompleks se sastoji od četiri velike zone.

U centralnom delu se nalazi otvoreni javni prostor za rekreaciju koji sa zonom trga razdvaja ostale zone. južni, najveći deo parcele, predviđen je za teniske terene. Severni deo namenjen je košarkaškoj dvorani. Ideja je da nakon Olimpijskih igara kompleks postane aktivno mesto za okupljanje sportista i običnih građana.

Teniski deo kompleksa bi postao Nacionalni teniski teren Srbije. Košarkaška dvorana bi postala multifunkcionalna arena za održavanje raznih takmičenja, koncerata i sl. Ostali deo bi bio namenjen građanima za rekreaciju uz sadržaje kao što su: jezero, staza za trčanje, otvoreni košarkaški tereni, skejt park, velika zelena površina.

TENISKI I KOŠARKAŠKI KOMPLEKS



Ilustracija 3 - Teniski i košarkaški kompleks

Klisa - Koncept je zasnovan na prepoznavanju određenih pravaca kretanja korisnika, kao i kreiranje jednog repnog prostora u ovom delu grada, sa multifunkcionalnim sadržajima koji će koristiti i posle Igara. Zoniranje je planirano, pre svega, prema nameni prostora obuhvatajući sve njegove sadržaje kreirajući jednu realnu sliku potrebnih kapaciteta koji zadovoljavaju uslove za sve sadržaje.

Preklapanjem prethodna dva pristupa dobijamo jednu integrisanu celinu, koja obuhvata kreiranje potrebnih sadržaja uz prateće sadržaje sa javnim površinama i trgovima, uzimajući za glavnog aktera korisnije, koji će se tu zadržati i posle Igara.



KOMPLEKS RAGBI, BMX, EXTREME ARENE I JAVNIH POVRŠINA



Ilustracija 4 - Kompleks ragbi, BMX, extreme arene i javnih površina

Futoški put - Koncept rešenja se zasiva na formiranju novog javnog prostora koji će se nadovezati na postojeća naselja i povezati ih na najkraći način sa pešačkim stazama. Sportsko-rekreativni kompleks se sastoji od tri zone. U centralnom delu se nalazi atletski stadion. Sa severne i južne strane parcele se nalaze dva trga iste veličine i na istoj udaljenosti od saobraćajnice i od stadiona. Povezane sa jednom glavnom i centralnom vezom. Ispod tribina stadiona bi se nalazila sala za zagrevanje sportista sa stazom za trčanje, kao i sve ostale pomoćne prostorije koje su potrebne sportistima i tehničkim licima.

Pored glavne saobraćajnice je obezbeđen parking za automobile (330 parking mesta) i parking za autobuse (60 parking mesta). Ideja je da nakon Olimpijskih igara kompleks postane aktivno mesto za okupljanje sportista, kao i ostalih građana. Atletski stadion bi postao stadion za odražavanje takmičenja u atletici i dvorana za treninge atletičara i drugih sportista. Trgovi sa parkom bi koristili građanima za rekreaciju i okupljanje.

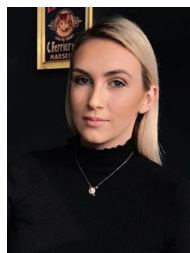


Ilustracija 5 - Atletski stadion - situaciono rešenje

## 7. LITERATURA

- [1] <http://www.oks.org.rs/sportovi/>
- [2] Government and Public Sector (2005). Olympic Games Impact Study. Pricewaterhouse Coopers, Final report
- [3] [https://www.olympic.org/news/olympic-games-rio-2016-urban-legacy?fbclid=IwAR2hLCfi07j0o651nl-AXXAUrjVxPSxO9wWq\\_DdQFoeJw3tgtEroEqvSTWe4](https://www.olympic.org/news/olympic-games-rio-2016-urban-legacy?fbclid=IwAR2hLCfi07j0o651nl-AXXAUrjVxPSxO9wWq_DdQFoeJw3tgtEroEqvSTWe4)

### Kratka biografija:



**Vahida Hodžić** rođena je u Sjenici 1994. godine. Diplomski rad na Državnom Univerzitetu u Novom Pazaru, iz oblasti Arhitekture – Arhitektonsko projektovanje odbranila je 2018. godine i stekla zvanje diplomirani inženjer arhitekture. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na smeru Arhitektonsko i urbanističko projektovanje brani 2020. godine.

Kontakt:  
biathlonsrb\_vahidah9@hotmail.co.uk



**ARHITEKTONSKA STUDIJA VELNES-SPA CENTRA NA JEZERU PALIĆ**  
**ARCHITECTURAL STUDY OF WELLNESS & SPA CENTER ON LAKE PALIC**Marta Bolok, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ARHITEKTONSKO PROJEKTOVANJE**

**Kratak sadržaj** – *Obala Palićkog jezera je poznata turistička destinacija u prirodnom okruženju sa prepoznatljivom arhitekturom. Osnovna ideja projekta je stvoriti prostor za očuvanje fizičkog i duhovnog zdravlja gde postoje prirodni kontekst kao spoljna i udobnost korisnika kao unutrašnja odrednica kreiranja. Analize i potencijali konkretne lokacije su rezultovali velnes-spa centar koja pokazuje univerzalnost i vremenske kvalitete arhitekture od koje je potekla. Objekat čuva tradiciju ali ide u korak sa vremenom u kom je nastao.*

**Ključne reči:** *arhitektura, velnes-spa, aktivan odmor, prirodno okruženje, udobnost*

**Abstract** – *Lake Palić with its surrounding is a famous tourist destination in a natural environment with characteristic buildings of Art Nouveau architecture. The main idea of the project is to create a space for preserving physical and spiritual health, where there is a natural context as an external and user comfort as an internal determinant of creation. Specifically, the analysis of the heritage together with potential of the building site resulted in the contemporary wellness & spa center, which points out universal and evergreen qualities of the architecture behind it. The building keeps the tradition by living up to the standards of today.*

**Keywords:** *architecture, wellness & spa, active vacation, nature, comfort*

**1. UVOD**

Savremen stil života doveo je do povećanog interesovanja za velnes način života, koji se javilo kao prirodna potreba ljudi da učine nešto dobro za svoje zdravlje. Istraživanja pokazuju da od ukupno 5 putovanja u Evropi, 2 su motivisana velnesom, dok je turizam u Srbiji jedan od najneiskorišćenijih potencijala.

Palić je kvalitetna i poznata turistička destinacija sa autentičnom arhitekturom i tradicijom banjskog lečilišta koje postoji preko 150 godina. Radi očuvanja identiteta mesta na Paliću se grade replike vila sa kraja XIX veka, koje u posmatraču bude lažan utisak prošlosti. Cilj projekta velnes i spa centra jeste povezivanje sa prirodom i ambijentalnom celinom, kroz interpretaciju istorijskog konteksta.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jelena Atanacković-Jeličić**

**2. OPIS PROJEKTA****2.1. Programski sadržaji velnes-spa centara**

Zdravstveni turizam se može podeliti na medicinski turizam i velnes turizam. Velnes turizam se odnosi se na goste koji su dobrog zdravlja i dolaze radi tretmana koji će im omogućiti održavanje dobrog fizičkog, psihičkog i duhovnog zdravstvenog statusa. Spa kao termin vodi poreklo od latinske skraćenice što u prevodu znači „putem vode do zdravlja“ i podrazumeva upotrebu vode u procesu očuvanja i unapređenja zdravlja.

Velnes-spa centri teže da budu što autentičniji u pružanju svojih usluga, najčešće ponude koje imaju mogu se svrstati na sledeće:

vodeni svet za rekreaciju i opuštanje, sauna park,  
široki spektar tretmana i terapija, relaks zone,  
*medical spa, fitnes*

**2.2. Lokacija**

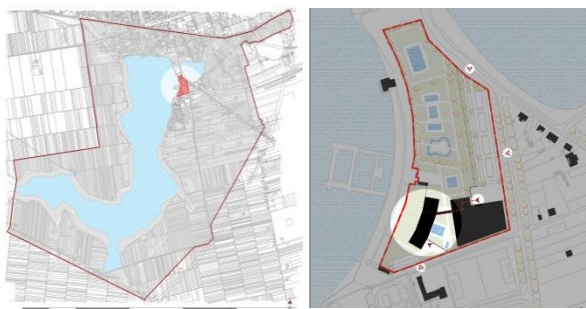
Park prirode "Palić" se nalazi na severu Vojvodine, južno od granice sa Mađarskom i južno od naselja Palić. Od grada Subotice udaljen je 7 km u jugoistočnom pravcu. Obuhvata zaštićenu prostornu celinu kulturno-istorijske baštine Palića, koja sa urbanim i fizičkim strukturama doprinosi vrednosti zaštićenog prirodnog dobra.

Značajni objekti u stilu secesije koji su izgrađeni čineći ambijentalnu celinu stvoreći fenomen "duh mesta" svečano su otvoreni 1912-e godine: Vodotoranj, Velika terasa, Muzički paviljon i Ženski štrand. Posle Prvog svetskog rata na istočnoj obali Palića izgrađen je Muški štrand, nakon Drugog svetskog rata u borovoj šumi Letnja pozornica, 1960-ih godina izgrađen je sportski centar i podignuto Vikend naselje. Godine 1978. iskopana je prva bušotina termomineralne vode na Paliću, a 1984. je otvoren Termalni bazen.

Od 2007. godine postoji usvojen Plan razvoja Palića u obliku Master plana čiji cilj je da Palić internacionalno postane prepoznatljiv kao celogodišnja banjska i velnes destinacija sa dobro organizovanim sadržajima za održavanje sastanaka i događaja.

**2.3. Opis parcele**

Parcela je smeštena između Palićkog i manje poznatog Omladinskog (Krvavog) jezera (slika 1), izolovana od direktnog urbanog gradskog jezgra uz lak pristup zbog blizine autoputa E75 i lokalnih saobraćajnica, poseduje izuzetne prostorne kvalitete. Sa istočne strane se graniči sa Kanjiškim putem, prema jugu se nalaze sportski tereni, a zapadnu stranu čini sama obala Palićkog jezera sa šetnom stazom.



slika 1- pozicija parcele      slika 2- pozicija objekta

## 2.4. Funkcija, sadržaji i programi velnes i spa centra

Objekat velnes i spa centra se izdvaja kao posebna celina u okviru bazenskog kompleksa koji je predviđen Master planom na odabranoj parceli, prikazano na slici 2.

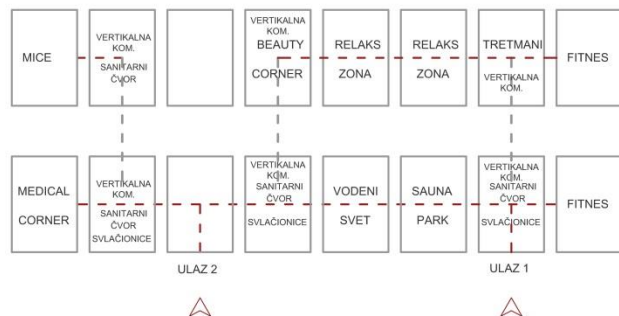
Od same obale Paličkog jezera je povučena 50 metara, dozvoljena spartnost iznosi P+1. Uticaj na pozicioniranje objekta su imali izvori termalne vode .

Građevina je izdužena, horizontalna, simetrična. Osnova prati liniju obale fokusirajući poglede ka jezeru.



skica 1 - program velnes-spa centra

Sadržajima velnes i spa centra se može pristupiti sa dva



skica 2 - program podeljen po etažama

posebna ulaza, od kojih je prvi sa pristupne ulice, predviđen samo za posetioce velnes i spa centra, dok je drugi ulaz povezan toplom vezom sa glavnim ulazom bazenskog kompleksa i namenjen je korisnicima koji borave na otvorenim i zatvorenim bazenima ili onima koji će prvenstveno koristiti usluge fitness centra.

Sadržinski, ceo kompleks se sastoji od osam celina. Kao što se može uočiti iz početne skice programa *medical corner* i konferencijekse sale se ne prepliću sa ostalim sadržajima, tako da se u ulaznom holu razdvajaju putanje njihovih korisnika i onih koji se upućuju prema svlačionicama.

Medicinske usluge se temelje na očuvanju, unapređenju zdravlja, ali uključuje intervencije estetske hirurgije. Za tu svrhu su u levom krilu prizemlja formirana 8 ordinacija (označeno zelenom bojom na skici 4).

U Skolastikinom kupatilu iz perioda antičke grčke su na samom ulazu bile smeštene svlačionice, odnosno već je

tada bila formirana ideja podele prostorija na čiste i prljave. Kao što je spomenuto u ovom slučaju imamo dva ulaza.

Ulaz broj 1 na skici 3 predstavlja ulaz u bazenski kompleks gde je smeštena glavna svlačionica. Ostali mali ulazi-izlazi u okviru kompleksa se smatraju čistim jer se prethodno koristila glavna svlačionica. Gosti koji su zainteresovani samo za fitness prolaze kroz tu prostoriju (u njihovom slučaju vrši se zamena obuće) zatim kroz čist hodnik stižu u fitness svlačionicu. Korisnici velnes-spa centara su pretežno žene, izuzetak čini segment fitnessa gde su muškarci prisutni u istom broju. Fitness svlačionice u okviru kojih su smešteni i tuševi su istih dimenzija za

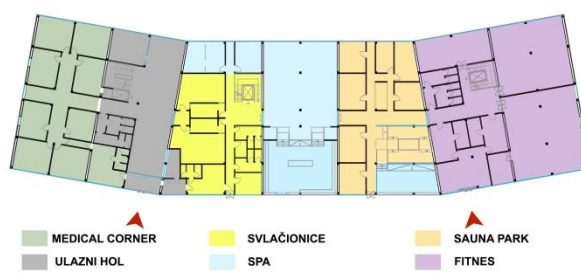


skica 3 - pristup objektu

muškarce i žene.

Kroz ulaz broj 2 se direktno pristupa velnes-spa centru, ali se još u predprostoru razdvajaju svlačionice osoblja, levo za zaposlene medicinskog bloka, desno za ostale zaposlene velnes-spa centra. U holu se pored prodaje karata predviđeni su *smoothie bar*, prostor za sedenje, posebna prostorija za čuvanje dece, stepenice sa liftom, toaleti i ulaz u svlačionice velnes-spa centra. Ove svlačionice su takođe podeljene po polovima i svaka poseduje svoju prostoriju sa tuševima.

U prizemlju se nalazai spa (skica 4), odnosno aktivnosti



skica 4 – sadržaji prizemlja

koje se vezuju za vodu: termalni bazen, hidromasažne terapije, tretmani u kadama i slično. Sledi sauna park sa raznim tipovima sauna, u finskoj sauni je predviđeno održavanje sauna senase. Za rashlađivanje tela su tu smešteni tuševi, zatim ledena pećina, i Knajp staza. Fitness obuhvata dva nivoa i sastoji se od teretane, jedne sale za grupne, jedne sale za individualne treninge u prizemlju, dok su na spratu smeštene jedna manja i još dve sale za grupne vežbe čiji pregradni zid se po potrebi može ukloniti.

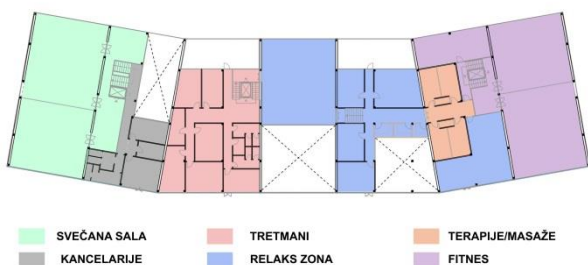
Građevina velnes i spa centra jeste P+1, ali postoji visinska razlika između 3 glavna programa i krila koja ih spajaju. Stepenice do više kote imaju još po jedan krak, a

liftovi otvaraju vrata u različitim pravcima koju ilustruje skica broj 5.



skica 5 – prikaz visinske razlike sprata kroz podužni presek

Na spratu prvog sektora (+3.06) se nalaze 3 kancelarije za obavljanje administrativnih poslova, kao i sanitarni čvor, koji je odvojen, ali se lako može pristupiti od kongresnih sala, koje se nalaze pola sprata više (+4.60). Sale su kapaciteta 84 mesta i 60 mesta (veći pruža divan pogled na jezero) i pogodne su za održavanje edukativnih radionica velnes načina života, izložbi i svečanih događaja. Po potrebi pregradni zid se lako može ukloniti



skica 6 – programski sadržaj sprata

da bi se formirala jedna velika prostorija zastakljena sa dve strane.

Drugi deo sparta je namenjen velnesu, odnosno ulepšavanju i relaksaciji. Pored fitness sale postoji mala biblioteka, zatim hodnik vodi do prostorija gde se vrše tretmani i terapije. Po zahtevu moguće je organizovati paralelne tretmane, masaže. U centralnom delu je prostor za odmor koja otvara vizuru ka jezeru. Projektovano je još nekoliko prostorija za relaksaciju koje su manjih kapaciteta, ali imaju specifičnu namenu poput tepidarijuma, ili relaks sobe u kombinaciji sa hromoterapijom, aromaterapijom, terapijom zvuka... U prvom krilu su smešteni saloni, takozvani *beuty corner*. Sa obe strane centralne jedinice (po uzoru svlačionice iz 1912. godine koje se nalaze na parceli i predviđeno je njihovo rušenje) su terase za sunčanje gde se može u potpunosti prepustiti se prirodi.

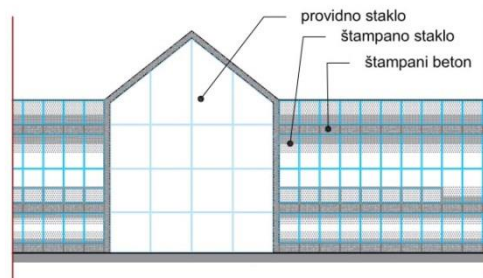
## 2.5. Tehnički opis

### Konstrukcija

Konstrukcija je sačinjena od AB stubova. Rezervoari za vodu su izliveni AB kade. Iznad zemlje AB stubovi i grede se kombinuju sa čelikom-rešetkama za savladavanje većih raspona gde je potrebno. AB zidovi ograđuju protivpožarna stepeništa i lift opno koje se protežu do krovnih ravni.

### Materijalizacija

Fasada je obložena staklom u kombinaciji sa štampanim betonom sa metalnim nosačima. Staklo je najzastupljeniji



skica 7 – materijalizacija fasade

materijal radi postizanja interakcije unutrašnjeg i spoljašnjeg prostora. Zastakljeni delovi glavnih celina (fitness, bazen/relaks i *medical corner*) koji otvaraju pogled prema jezeru su potuno providni, dok su drugi sadržaji sakriveni iza štampanog stakla ili štampanog betona u zavisnosti od intimnosti prostorija (skica 7).

Na staklu i na betonu se javlja florlalni motiv u cilju postizanja sklada sa prirodom i sa okolnim objektima secesije.

Stakleni paneli se otvaraju-zatvaraju automatski u zavisnosti od vremenskih uslova, čime je omogućena i prirodna ventilacija objekta.

Izražena horizontalnost objekta se još više naglašava rasporedom postavljanja staklenih i betonskih panela i trebalo bi nagoveštava statičnost, stalozenost i mir, harmoniju koju pruža velnes.

### Primenjeni principi održivog razvoja

Od prirodnih faktora vodilo se računa o očuvanju postojeće vegetacije. Pojas listopadnog drveća između objekta i obale jezera su značajna za očuvanje biodiverziteta jezera i okoline, dalje pruža zaklon od preterane osunčanosti u letnjem periodu, a zagrevanje u zimskom periodu. Krovne ravni su ozelenjene, gde je moguće, tako da zelena površina gradnjom nije uništena, samo premeštana na krov. Prednosti zelenog krova su velika akumulacija toplote i prirodna rashladjenost objekta.

Na krovu zatvorenog olimpijskog bazena koji se proteže u pravcu sever-jug, postavljeni su solarni kolektori, čija sakupljena energija bi se koristila kao dodatni izvor za zagrevanje prostora sa zatvorenim bazenom u zimskom periodu. Predviđene primenjene ekološke tehnologije:

- toplotna pumpa (dogrevanje objekta)
- kotao za biomasu (dogrevanje objekta)
- podzemna cisterna za sakupljanje kišnice
- punjači za električne automobile
- sistem kućne automatike- pametna zgrada (kontrola osvetljenja i spoljnerasvete, kontrola sistema za dogrevanje, parkinga, upravljanje zalivnim sistemom, kontrola ulaza, elektronski i video nadzor, alarmni sistem, kontrola uređaja, kontrola reflektujućih površina...)
- javni displej sa energetskim podacima za javne objekte (merenje u realnom vremenu spoljne i unutrašnje temperature u objektu, potrošnjeenergije za dogrevanje, proizvodnju i potrošnju električne energije...)

Prilagodjenost kompleksa osobama sa posebnim potrebama



Objekat se predviđa u okviru bazenskog kompleksa, pored ostalog ima i funkciju lečilišta sa termalnim bazenima, svojom formom i sadržajem treba da se prilagodi osobama sa posebnim potrebama koji se ogleda u:

- o postavljanju liftova koji svojim dimenzijama zadovoljavaju propise za nesmetano kretanje invalidnih lica, uz svaku stepenišnu vertikalu
- o označavanju prvog i poslednjeg stepenika,
- o prilagođavanju dimenzija, položaja i materijalizacije vrata
- o postavljanju sanitarnih čvorova za osobe sa invaliditetom u sanitarnim blokovima
- o postavljanju platforme/dizalice za invalide u bazenima
- o postavljanje stolice/ lifta na stepenicama koji spaja relaks zonu centralnog dela (+4,60) i hodnik koji vodi u sobe za odmor i prostorije predviđene za tretmane i masaže (+3.06)

#### Zaštita objekta od požara

Protivpožarna zaštita objekta je sprovedena na nivou projektovanja. Sigurna i preventivna zaštita ostvaruje se građevinskim pasivnim merama i primenom odgovarajućih materijala.

Spratnost objekata P+1 nije velika, i time je omogućena brza evakuacija ljudi u slučaju hitnih intervencija. Objekat je podeljen na 5 protivpožarna sektora. U objektu su projektovana 3 stepeništa čija međusobna udaljenost ne prelazi 30 metara. Osim glavnog ulaza, postoje 2 izlaza koje vode u dvorište, treći izlaz je takođe moguće koristiti za napuštanje objekta koji vodi kroz termalni bazen.



skica 8 – protivpožarna zaštita objekta

### 3. ZAKLJUČAK

Palić je visoko vredan prostor koji u sebi integriše prirodne i kulturološke atrakcije. Svojim specifičnim sadržajem i kvalitetom usluge privlači različite posetioce tokom cele godine. Set iskustava koji se nudi na Paliću podstiče na zdrav, aktivan život i harmoniju sa prirodom, a kulturni sadržaji i tradicija banjskog rizorta oplemenjuju. Bogatstvo prirodnog i kulturnog nasleđa, Palić koristi za izgradnju sopstvenog identiteta za razvoj velnes turizma usmeren da isporuči vrhunski kvalitet proizvoda i usluga. Palić obezbeđuje iskustvo kojim se sa strane posetilaca kreira osećaj sreće, kao vrhunskog oblika ispoljavanja zdravlja, a sa druge strane, obezbeđuje održivosti prirodnog i kulturnog nasleđa. Palić je jedinstveno mesto gde se ljudi iznova vraćaju u traganju za srećom i zdravljem.

### 4. LITERATURA

- [1] M. Pucar, B. Josimović, “*Održivi razvoj banjskih i turističkih naselja u Srbiji*”, Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Beograd, 2010.
- [2] G. G. Fagan, “*Bathing in Public in the Roman Word*”, University of Michigan Press, Ann Arbor 1999.
- [3] V. Mitrović, “*Arhitektura XX veka u Vojvodini*”, Muzej savremene umetnosti Vojvodine, Novi Sad, 2010.
- [4] Master plan Palić 2015 JN P 16/14.

#### Kratka biografija:



**Bolok Marta** rođena je u Novom Sadu 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitektura i urbanizam – Arhitektonsko projektovanje odbranila je 2020.god. kontakt: martabolok@gmail.com



**STAMBENA JEDINICA****RESIDENTIAL UNIT**Marija Baškalo, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ARHITEKTURA**

**Kratak sadržaj** – Predmet rada jeste izrada projekta stambene jedinice namenjene jednom korisniku. Proces je zasnovan na epistemologiji i psihologiji arhitekture i ličnosti. Oblikovanje objekta proističe iz individualnog i kolektivnog sećanja arhitekta, njegovih saznanja i samospoznaje. Cilj prostorne organizacije i namene je zadovoljenje ljudskih potreba i pružanje mogućnosti za neprestano usavršavanje čoveka.

**Ključne reči:** Čovek, um, usavršavanje, sećanje, ljudske potrebe, individualizam

**Abstract** – The subject of this paper is development of residential unit intended for single resident. The process is based on epistemology and psychology of architecture and personality. Design of the building arises from individual and collective memory of the architect, his cognition and self-cognition. The goal of the space organization and its use are to meet human needs and provide opportunities for incessant man improvement.

**Keywords:** Man, mind, improvement, memory, human needs, individualism

**1. UVOD**

Arhitektura svedoči o ljudskom postojanju i čovekovom stvaralaštvu kroz vreme i prostor. Svaki objekat ima psihološki karakter gde svojom formom, kroz vizuelni i emocionalni aspekt, utiče na svest posmatrača. Shodno tome, arhitekta preuzima odgovornost u oblikovanju umnih procesa čoveka, emocionalnog doživljaja i kritičkog mišljenja.

Naučne metode kojima se arhitektura vodi zasnovane su na predhodnim iskustvima i istraživanjima. Analiza prošlosti, na osnovu verbalnih i pisanih artefakata, definiše prostorna rešenja. Objekti različite namene imaju za ulogu zadovoljenje različitih ljudskih potreba što u velikoj meri definiše oblikovanje, organizacija prostora i funkcionisanje celine.

Stambena jedinica, kao najzastupljeniji vid arhitekture, predstavlja osnov za čovekov život i zaštitu od spoljnih uticaja. Ona predstavlja filter i pruža mogućnost svesnog odabira uticajnih faktora na ljudsku svest. Na ovaj način čovek vrši selekciju informacija i društvenih normi kojima želi, odnosno ne želi biti izložen.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Marko Todorov.**

U procesu definisanja prostornih i programskih okvira koji oblikuju stambenu jedinicu dolazimo do niza paradigmi nametnutih od strane društva i tradicije. Standardizovana rešenja podređena su vanličnim ciljevima i opšteprihvaćenim načelima. Komponente koje čine objekat za stanovanje, njihova namena i svrha, teže umnožavanju prostora koji su namenjeni zadovoljenju osnovnih potreba.

Predmet rada, kao i sam postupak, zasnovani su na psihološkom identitetu univerzalnog pojedinca sa filozofskog stanovišta. Odbacivanjem opšteprihvaćenih načina organizacije objekta, otvara se mogućnost novog prostornog poretka. Ispituju se mogućnosti redefinisavanja stambene tipologije u kojoj čovek, njegova svest i um, imaju centralni karakter.

**2. METODOLOŠKI PROCESI****2.1. Epistemologija projektovanja**

Odnos arhitektonske teorije i prakse, u pogledu stvaranja i razmišljanja, podleže mnogim diskusijama zasnovanim na implementaciji ideje u sam objekat. Naučni i umetnički karakter arhitekture ogleda se u samom procesu projektovanja, gde im ona istovremeno pripada i prevazilazi ih.

Epistemologija kao oblast filozofije koja istražuje domene ljudskog saznanja i usmerava svest na sopstveni predmet istraživanja, sledi uspostavljene naučne metode i preispituje nove. Specifičnim usmerenjem istražuje sam koren nastanka i krajnje domene saznanja, sa ciljem otkrivanja istine. Nepostojanje jedinstvenog odgovora na pitanja koja postavlja epistemologija, otvaraju se alternativni pravci promišljanja i razumevanja. Nematerijalni aspekt arhitekture, prevazilazi saznajne kapacitete čoveka zasnovane na naučnom istraživanju i prelazi u domen umetnosti koji oslobađa prostor za kreativnost.

**2.2. Psihologija projektovanja**

Psihologija proučava mentalne procese i njihovo objektivno pojavljivanje u ljudskom ponašanju. Poput filozofije, bazira se na traganju za istinom, ali je krajnji cilj istraživanja čovek kao jedinstvena ličnost. Svoju metodologiju zasniva na teorijskom i praktičnom radu koji osnovnu primenu ima u analizi promišljanja.

Uticaj na arhitekturu je nedvosmislen u pogledu proučavanja čoveka, jer je upravo čovek početna i završna tačka u projektovanju, njen teoretičar, stvaralac, posmatrač i korisnik.

Instinktivni i emocionalni doživljaj prostora kroz psihološke aspekte ljudske svesti objekat čine vanvremenim, je-

dinstvenim i neponovljivim fenomenom. Sticanje novih iskustava i znanja koji bogate čovekov um šire percepciju i mogućnost sagledavanja i razumevanja arhitektonskog dela.

Psihoanaliza je, prema Erihu Formu, znatno doprinela znanju o čoveku, ali ne i znanju o tome kako čovek treba da živi. Odstupanjem od tradicionalnih formi razmišljanja i oslobađanjem od opšteprihvaćenih standarda, čovek ulazi u domen slobode i otvara mogućnosti razvoja ličnosti.

„Ljudska istorija počinje činom pobune čoveka, što je u isto vreme i početak njegove slobode i razvitka njegovog uma” [1].

### 3. FAKTORI UTICAJA

#### 3.1. Kolektivno sećanje

Kolektivno sećanje uslovljeno je različitim faktorima poput psiholoških, društvenih i političkih. Pamćenje definiše ličnost, formira je i individualizuje. Svako arhitektonsko delo nosi lični potpis arhitekta, svega što on jeste i što pretenduje da bude.

„Prigovoriće mi se da onom obliku kolektivnog pamćenja kakav je, navodno, istorija oduzimamo onu bezličnost, apstraktnu preciznost i srazmernu jednostavnost upravo zahvaljujući kojima ona postaje okvir na koji bi se moglo osloniti naše individualno pamćenje [2].”

U ovom radu analizirane su forme spomenika kao materijalno svedočanstvo istorije i kolektivnog sećanja srpskog naroda na stradanja u borbi za slobodu. Oni imaju ulogu da opominju na prošle događaje koji su fundament porekla arhitekta i genetskog nasleđa koje nosi u sebi. Sećanje je nematerijalni aspekt ličnosti i svesti koji stvara umetničko delo, a preuzimanjem formi spomenika i njihovom primenom u projektovanju, objekat dobija identitet i istorijsku vrednost.

Na slici 1 su predstavljene forme spomenika koji su uticali na projekat stambene jedinice.



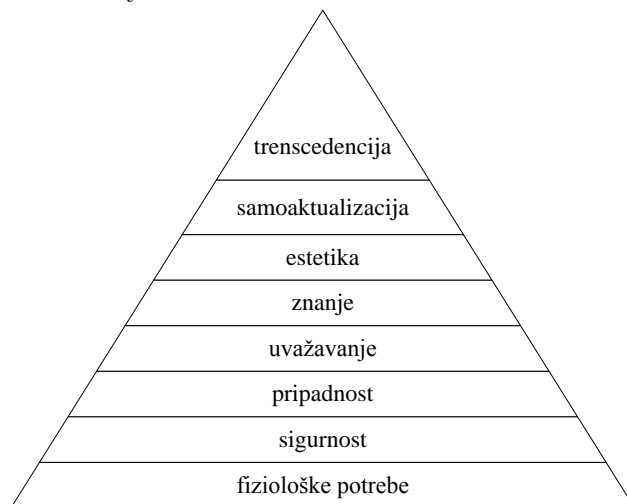
Slika 1. Spomenici

#### 3.2. Hijerarhija ljudskih potreba

Kao model za analizu uzeta je teorija američkog psihologa Abrahama Maslova koji se bavio proučavanjem potreba i motivacije u ljudskom okruženju i savremenom društvu. Hijerarhijski postavljene grupe, koje se često predstavljaju u obliku piramide, prvobitno su svrstane u pet nivoa. Daljim proučavanjem ljudske psihe, Maslov je proširio svoju teoriju na osam grupa prikazanih na slici 2. Prva četiri nivoa predstavljaju potrebe nedostatka koje se odnose na: fiziološke potrebe, potrebe za sigurnošću, pripadanjem i uvažavanjem. Većina stambenih jedinica projektovana je u nameri da zadovolji ove grupe, u manjoj ili većoj meri. One su osnov za normalno funkcionisanje čoveka, a njihovo podmirivanje ne mora biti potpuno kako bi se prešlo na potrebe višeg reda.

Poslednje četiri nivoa predstavljaju potrebe rasta i to su: kognitivne potrebe, estetika, samoaktualizacija i transcencija. Ove grupe su retko zastupljene u stambenoj arhitekturi.

Uvođenjem sadržaja koji bi obezbedili zadovoljenje svih osam grupa potreba, čovek bi imao mogućnost razvoja maksimalnih potencijala u sopstvenom domu. Podmirenjem jedne, javlja se motivacija za ispunjenjem nove potrebe i na taj način čovek teži neprestanom usavršavanju.



Slika 2. Hijerarhija ljudskih potreba

#### 3.3. Individualizam

Individualizam je filozofski pravac razmišljanja i osećanja koji je usmeren na čoveka kao jedinstveno biće. Pojam se u osnovi odnosi na slobodoumnu, samosvesnu i kreativnu ličnost koja uspostavlja sopstveni sistem vrednosti. Talenat ili bilo koji drugi aspekt koji čoveka izdvaja iz mase i udaljava od opšteprihvaćenog standarda, predstavlja određeni vid individualnosti.

Arhitektura ima subjektivnu formu kroz doživljaj prostora koji predstavlja neponovljiv fenomen kao proizvod svesti jedne osobe. Stambena jedinica predstavlja najviši vid individualnosti u projektovanju. Uvođenje namena koje podstiču samostalno usavršavanje omogućava razvoj ličnosti, promišljanja i svesti. Prostor dobija identitet i postoji samo kada čovek boravi u njemu i stvara individualni doživljaj.

„Čovek i prostor se ne mogu razvesti. Prostor nije ni spoljni objekat a ni unutrašnji doživljaj. Mi nemamo čoveka i prostor, odvojene jednog od drugog [3]...”

#### 4. PROJEKTNO REŠENJE

Stambena jedinica ima za zadatak da pruži utočište čoveku i obezbedi uslove za zadovoljenje ljudskih potreba. Usled kompleksnosti ljudskog uma, te potrebe prevazilaze one osnovne i javlja se težnja za ispunjenjem prostora dodatnim sadržajima koji će omogućiti otkrivanje talenata i razvoj korisnikovih potencijala.

Epistemološki pristup projektovanju istražuje korene, mogućnosti i domete stambene jedinice u materijalizovanom obliku, kao i nematerijalne, umetničke domene samog arhitekta.

Psihološki aspekt čoveka kao individualne i neponovljive ličnosti, treba da oformi prostor za slobodno promišljanje.

##### 4.1. Koncept

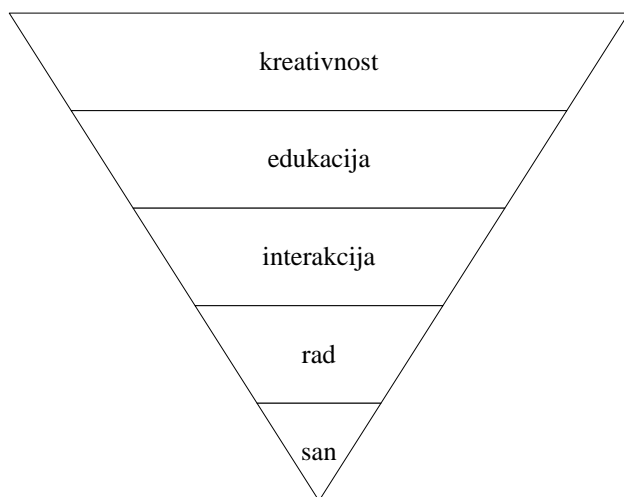
Projekat je zasnovan na čoveku kao osnovnom cilju, čije postojanje je izvor i same arhitekture. Svaki aspekt, od lokacije do oblikovanja i materijalizacije, treba da podstiče slobodu uma, intelektualno usavršavanje, razvoj potencijala i samospoznaju. Visina litice Cliff of Moher na Irskoj obali i hladni okean asociraju na surovost i težinu, dok pogled na Atlantik odaje utisak slobode i nesputanosti.

Oblikovanje i materijalizacija objekta asociraju na spomenike koji su svedočanstvo istorije naroda kojem pripada arhitekta. Dva zakrivljena betonska krila strukture i spiralno bakarno stepenište u enterijeru nose simboliku kolektivnog sećanja.

Piramidalna forma koja se širi ka vrhu podeljena je na pet spratova. Šesti nivo čini prostor bez plafona koji ima ulogu krovne terase. Ograničen sa samo dva bočna zida, koja štite od vetra, odaje utisak slobode. Stambena jedinica namenjena je jednom korisniku kao individualnoj ličnosti koja se razvija nesputana spoljnim društvenim uticajima.

##### 4.2. Prostorno - programska organizacija

Prostornu organizaciju stambene jedinice čine tri vertikalno orijentisana niza prostorija. Prvi niz izvire iz stenovite litice i namenjen je zadovoljenju ljudskih potreba prikazanih na slici 3.



Slika 3. Šematski prikaz organizacije prostora

U drugi niz je smeštena vertikalna komunikacija stepeništem, dok se u trećem nalaze tehničke prostorije, sanitarni čvor, kuhinja i prostorije za odlaganje.

Prostorija na najnižem nivou objekta namenjena je odmoru i ispunjenju potrebe za snom. U osnovi predstavlja pravougaonik sa najmanjim dimenzijama u odnosu na ostale s obzirom da san treba svesti na minimalno trajanje u cilju obezbeđenja vremena za potrebe višeg nivoa.

Prostor za rad organizovan je u vidu radne sobe i obezbeđuje sticanje resursa za život. Prostorija za interakciju čini jedino mesto u objektu na kom je omogućen fizički kontakt sa drugim ljudima.

Organizovana je u vidu prostora za konzumiranje hrane i pića sa niskim stolom i jastucima postavljenim na pod, a na istom nivou je povezana sa kuhinjom. Iako zadovoljava fiziološke potrebe, njega osnovna funkcija je razmena mišljenja i neposredna komunikacija među ljudima uz ritual obedovanja.

Prostor namenjen edukaciji sadrži veliki broj polica za smeštanje edukativnog sadržaja i služi intelektualnom bogaćenju i sticanju znanja i iskustava koja su drugi iskusili i zapisali.

Kreativni prostor zauzima najveću površinu u objektu i podrazumeva usavršavanje, otkrivanje talenata i podsticanje čovekovih potencijala.

Prvi vertikalni niz prostorija povezan je sa stepenišnim prostorom pomerljivom zavesom kao jedinom barijerom. Odustvo prolaza u vidu vrata omogućava nesmetan tok misli i neprekinute umne procese pri obradi informacija i znanja usvojenih u određenim prostorijama.

Prirodno svetlo obezbeđuju veliki prozori na čelu objekta koji pružaju pogled na okean.

Veštačko osvetljenje čini veliki broj malih sijalica koje su ugrađene u nivou plafona. Nameštaj je uglavnom sveden i namenski postavljen kao alat za obavljanje određene aktivnosti.

Prostor za razvoj kreativnosti opremljen je muzičkim instrumentima i drugim sadržajima iz polja umetnosti.

Ulaz u strukturu, koji čini dugo jednokrako stepenište, gotovo je neprimetan sa kopna. Nivoi objekta sa svim sadržajima koji su smešteni u prvi niz, jasno su sagledivi iz orijentacije okeana. Betonska krila koja izvire iz litice, obuhvataju ove prostorije dajući im orijentaciju kao što je prikazano na slici 4.

#### 5. ZAKLJUČAK

Arhitektonsko delo proizvod je teorije i prakse, pri čemu teorija obuhvata načela zasnovana na naučnim i iskustvenim činjenicama, dok praksa ima nematerijalni karakter i proizvod je umnih promišljanja arhitekta. Svako delo predstavlja lični potpis projektanta i neodvojivo je od psiholoških aspekata njegove ličnosti koji proističu iz individualnog i kolektivnog sećanja.

Stambena jedinica prožeta je prostorijama koje omogućavaju intelektualni napredak, razvoj kreativnosti, stvaranje umetnosti i novih razmišljanja. Autentičan ambijent pruža osećaj slobode i nesputanosti.

Objekat postaje alat za otkrivanje talenata i razvoj potencijala korisnika, a sve u cilju motivacije za ostvarenjem potreba samo-transcendencije, kao najuzvišenijeg nivoa ljudskog razvoja koji prevazilazi lično.

## 6. LITERATURA

- [1] Erih Form, „*Psihologija i religija*”, Nova knjiga, Beograd - Podgorica, 2016.
- [2] Maurice Halbwachs, *The Collective Memory*, *2. Historical Memory and Collective Memory*, <http://marcuse.faculty.history.ucsb.edu/classes/201/articles/80HalbwachsCollMemChap2.pdf> (pristupljeno u maju 2020.)
- [3] <https://kultivisise.rs/martin-hajdeger-arhitektura/> (pristupljeno u maju 2020.)

### Kratka biografija:



**Marija Baškalo** rođena je u Travniku 1991. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitektura i urbanizam odbranila je 2018. godine. Master rad na istom fakultetu brani u julu 2020. godine.



**U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2019. godine učestvovali su sledeći recenzenti:**

Aco Antić  
Aleksandar Erdeljan  
Aleksandar Ristić  
Bato Kamberović  
Biljana Njegovan  
Bogdan Kuzmanović  
Bojan Batinić  
Bojan Lalić  
Bojan Tepavčević  
Bojana Beronja  
Branislav Atlagić  
Branislav Nerandžić  
Branislava  
Novaković  
Branka Nakomčić  
Branko Milosavljević  
Branko Škorić  
Damir Đaković  
Danijela Lalić  
Darko Čapko  
Darko Marčetić  
Darko Reba  
Dejan Ubavin  
Dejana Nedučin  
Dragan Ivanović  
Dragan Ivetić  
Dragan Jovanović  
Dragan Kukolj  
Dragan Mrkšić  
Dragan Pejić  
Dragan Šešlija  
Dragana Bajić  
Dragana  
Konstantinović  
Dragana Šarac  
Dragana Štrbac  
Dragoljub Šević  
Dubravka Bojanić  
Dušan Dobromirov  
Dušan Gvozdenac  
Dušan Kovačević  
Dušan Uzelac  
Duško Bekut  
Đorđe Ćosić

Đorđe Lađinović  
Đorđe Obradović  
Đorđe Vukelić  
Đula Fabian  
Đura Oros  
Đurđica Stojanović  
Filip Kulić  
Goran Sladić  
Goran Švenda  
Gordana  
Milosavljević  
Gordana Ostojić  
Igor Budak  
Igor Dejanović  
Igor Karlović  
Ivan Beker  
Ivana Katić  
Ivana Kovačić  
Ivana Miškeljin  
Jasmina Dražić  
Jelena Atanacković  
Jeličić  
Jelena Borocki  
Jelena Kiurski  
Jelena Radonić  
Jovan Petrović  
Jovanka Pantović  
Ksenija Hiel  
Laslo Nađ  
Lazar Kovačević  
Leposava Grubić  
Nešić  
Livija Cvetičanin  
Ljiljana Vukajlov  
Ljiljana Cvetković  
Ljubica Duđak  
Maja Turk Sekulić  
Marko Todorov  
Marko Vekić  
Maša Bukurov  
Matija Stipić  
Milan Rapajić  
Milan Simeunović  
Milan Trifković

Milan Trivunić  
Milan Vidaković  
Milena Krklješ  
Milica Kostreš  
Milica Miličić  
Mijodrag Milošević  
Milovan Lazarević  
Miodrag Hadžistević  
Miodrag Zuković  
Mirjana Damnjanović  
Mirjana Malešev  
Mirjana Radeka  
Mirko Borisov  
Miro Govedarica  
Miroslav  
Hajduković  
Miroslav Popović  
Mitar Jocanović  
Mladen Kovačević  
Mladen Radišić  
Nemanja  
Stanisavljević  
Nemanja Sremčev  
Nikola Đurić  
Nikola Jorgovanović  
Nikola Radaković  
Ninoslav Zuber  
Ognjen Lužanin  
Pavel Kovač  
Peđa Atanasković  
Petar Malešev  
Predrag Šiđanin  
Radivoje Dinulović  
Radovan Štulić  
Relja Strezoski  
Slavica Mitrović  
Slavko Đurić  
Slobodan Dudić  
Slobodan Krnjetin  
Slobodan Morača  
Sonja Ristić  
Srđan Kolaković  
Srđan Popov  
Srđan Vukmirović

Staniša Dautović  
Stevan Gostojić  
Stevan Milisavljević  
Stevan Stankovski  
Strahil Gušavac  
Svetlana Nikoličić  
Tanja Kočetov  
Tatjana Lončar -  
Turukalo  
Uroš Nedeljковиć  
Valentina Basarić  
Velimir Čongradec  
Veran Vasić  
Veselin Perović  
Vladimir Katić  
Vladimir Strezoski  
Vlado Delić  
Vlastimir Radonjanin  
Vuk Bogdanović  
Zdravko Tešić  
Zoran Anišić  
Zoran Brujić  
Zoran Jeličić  
Zoran Mitrović  
Zoran Papić  
Željko Trpovski  
Željko Jakšić

