



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXVII

Број: 7/2022

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXVII

Свеска: 7

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

Главни и одговорни уредник: проф. др Срђан Колаковић, декан Факултета техничких наука у Новом Саду

Уредништво:

Проф. др Срђан Колаковић
Проф. др Александар Купусинац
Проф. др Борис Думнић
Проф. др Дарко Стефановић
Проф. др Себастиан Балоиш
Проф. др Дејан Лукић
Проф. др Јован Дорић
Проф. др Мирослав Кљајић
Проф. др Немања Тасић
Проф. др Дејан Убавин

Проф. др Милан Видаковић
Проф. др Мирјана Дамњановић
Проф. др Јелена Атанацковић Јеличић
Проф. др Игор Пешко
Проф. др Драган Јовановић
Проф. др Небојша Ралевић
Доц. др Сања Ожват
Проф. др Немања Кашиковић
Проф. др Теодор Атанацковић

Редакција:

Проф. др Дарко Стефановић, главни уредник
Проф. др Жељен Трповски, технички
уредник

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 Стеван Станковски, 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
Срђан Колаковић. – 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 седма 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) 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 12.11.2021. до 30.03.2022. год., а који се промовишу 18.05.2022. 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 7. објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства и
- грађевинарства.

У свесци са редним бројем 8. објављени су радови из области:

- саобраћаја,
- графичког инжењерства и дизајна,
- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите на раду и заштите животне средине,
- геодезије и геоматике,
- регионалне политике и развоја,
- заштите вода (TEMPUS),
- инжењерства информационих система,
- сценске архитектуре и дизајна,
- анимације у инжењерству и
- чистих енергетских технологија.

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. Јефто Буднић, РЕГУЛАЦИЈА БРЗИНЕ КРЕТАЊА КЛИПЊАЧЕ У ХИДРАУЛИЧКОМ СИСТЕМУ	1021-1024
2. Nenad Matijević, KOLABORATIVNI PRILAZ U SAVREMENOJ PRIPREMI PROIZVODNJE	1025-1028
3. Ognjen Joković, POREĐENJE PNEUMATSKOG I ELEKTROPNEUMATSKOG UPRAVLJANJA U PNEUMATSKIM SISTEMIMA	1029-1032
4. Душан Тојагић, ПРИЛОГ ИСТРАЖИВАЊУ УТИЦАЈА ПРОЈЕКТНИХ ОДЛУКА НА РАДНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСПАРИВАЧА	1033-1037

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Slaviša Vasić, Dragan Milićević, ANALIZA RADA INDUSTRIJSKOG PRETVARAČA UČESTANOSTI PRI GRANIČNIM USLOVIMA NARAJANJA	1038-1041
2. Александар Јеремић, ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА КОМБИНОВАНЕ ГЕОПРОСТОРАНЕ, ВРЕМЕНСКЕ И ТЕКСТУАЛНЕ ПРЕТРАГЕ	1042-1045
3. Branislav Anđelić, AUTOMATSKI GENERISANJE KULINARSKIH RECEPTA OD DATIH SASTOJAKA	1046-1049
4. Никола Скробоња, СИМУЛАЦИЈА КРЕТАЊА ФУДБАЛСКИХ ИГРАЧА СА АСПЕКТА ДЕФАНЗИВНИХ ТАКТИКА	1050-1053
5. Andrea Josipović, SKLADIŠTENJE PODATAKA U DNK MOLEKULIMA	1054-1057
6. Lara Mimica Kostović, KONFIGURACIJA REVERZNOG PROKSIJA	1058-1061
7. Стефан Сатарић, Владимир Катић, Золтан Чорба, КВАЛИТЕТ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ПОСЛОВНИМ ЗГРАДАМА	1062-1065
8. Dušan Radosavčev, Vladimir Katić, Aleksandar Stanisavljević, DER U MIKROMREŽI – SIMULACIJE U RAZNIM REŽIMIMA RADA	1066-1069
9. Darko Takač, Dragan Milićević, KORIŠĆENJE MODERNIH PREKIDAČKIH KOMPONENTI U UREĐAJIMA ENERGETSKE ELEKTRONIKE	1070-1074

	STRANA
10. Dušan Stević, PREDIKCIJA CENE FINANSIJSKE AKTIVE ANALIZOM SENTIMENTA FINANSIJSKIH TVITOVA	1075-1078
11. Jovan Bosić, REŠAVANJE IGRE SUDOKU POMOĆU VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA	1079-1082
12. Igor Antolović, IMPLEMENTACIJA APLIKACIJE ZA SPORTSKA KLAĐENJA PRIMENOM ETHEREUM PLATFORME	1083-1086
13. Milena Aleksić, Boris Dumnić, LINEARNI SISTEM ZA PRETVARANJE ENERGIJE MORSKIH TALASA U ELEKTRIČNU ENERGIJU	1087-1090
14. Лазар Јовић, РАЗВОЈ АПЛИКАЦИЈЕ ЗА УПРАВЉАЊЕ РЕСТОРАНОМ РАДИ ПОМОЋИ СТУДЕНТИМА У УСВАЈАЊУ ЗНАЊА ИЗ ПРЕДМЕТА СПЕЦИФИКАЦИЈА И МОДЕЛОВАЊЕ СОФТВЕРА	1091-1094
15. Miljan Perić, Vladimir A. Katić, Aleksandar Stanisavljević, UPRAVLJANJE VETROELEKTRANOM U USLOVIMA POREMEĆAJA U MREŽI	1095-1098
16. Nikola Brodić, PROŠIRENJE PODRŠKE ZA TIPOVE PODATAKA U CAMUNDA KORISNIČKIM FORMAMA	1099-1102
17. Mirjana Pavković, Ivan Kaštelan, MODELOVANJE I IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA POMOĆ PRI PARKIRANJU	1103-1106
18. Marko Jurić, KLIJENTSKA APLIKACIJA ZA PRISTUP ETHEREUM PLATFORMI	1107-1110
19. Dragan Dulić, NEZAMENJIVI TOKENI U DECENTRALIZOVANIM SISTEMIMA	1111-1114
20. Aleksandra Grujić, POZAJMLJIVANJE U KRIPTO VALUTAMA	1115-1118
21. Јован Јовкић, АНАЛИЗА АЛАТА ЗА КРЕИРАЊЕ ГРАФИЧКЕ КОНКРЕТНЕ СИНТАКСЕ НАМЕНСКИХ ЈЕЗИКА	1119-1122
22. Никола Арсенијевић, АНАЛИЗА ПЕРФОРМАНСИ УПИТА У РЕЛАЦИОНИМ БАЗАМА ПОДАТАКА У ЗАВИСНОСТИ ОД УПОТРЕБЕ ИНДЕКСА	1123-1126
23. Andrea Mendrei, РАЗВОЈ РАЧУНАРСКЕ ИГРЕ „HAPPY BIKER“	1127-1130
24. Jelena Šavija, STRUJNI LIMITERI – IZBOR LOKACIJE ZA OGRANIČENJE VREDNOSTI STRUJE KRATKOG SPOJA	1131-1134
25. Оливера Секулић, ФОРЕНЗИКА ОПЕРАТИВНОГ СИСТЕМА WINDOWS	1135-1138
26. Aleksandra Urban, IMPLEMENTACIJA GRAPHQL API-IJA ZA DOBAVLJANJE PODATAKA O NEW YORK TIMES ČLANCIMA	1139-1142

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Božidar Kojić, NELINEARNA STATIČKA ANALIZA VIŠESPRATNE ZIDANE ZGRADE U NOVOM SADU	1143-1146
2. Goran Smiljanić, PRIMENA BIM TEHNOLOGIJE U GRAĐEVINARSTVU SA 4D PRIMEROM	1147-1149

	STRANA
3. Milan Pavlović, UPRAVLJANJE UGOVORIMA NA GRAĐEVINSKIM PROJEKTIMA U BIM OKRUŽENJU	1150-1152
4. Александар Којић, Матија Стипић, ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ КАНАЛИСАЊА УПОТРЕБЉЕНИХ И АТМОСФЕРСКИХ ВОДА НАСЕЉА ГОСПОЋИНЦИ	1153-1156
5. Vladimir Erić, PROJEKAT AB VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE PREMA EVROKODU I UPOREDNA ANALIZA PRORAČUNA GRANIČNOG STANJA TRANSVERZALNIH SILA PREMA EC2 I BAB87	1157-1160
6. Dejana Brujić, PRINCIPI LEAN KONCEPTA U PROIZVODNIM PROCESIMA	1161-1164
7. Никола Милекић, Владимир Мученски, ИДЕНТИФИКАЦИЈА РИЗИКА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ДИНАМИКУ И ТРОШКОВЕ	1165-1168
8. Stefan Božić, UPRAVLJANJE IZGRADNJOM STAMBENO-POSLOVNOG OBJEKTA NA TERITORIJI NOVOG SADA SA FINANSIJSKO-EKONOMSKOG ASPEKTA	1169-1172
9. Stevo Lazić, PROJEKAT ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ZGRADE KONSTRUKTIVNOG SISTEMA DUKTILNIH ZIDOVA	1173-1176
10. Николина Перковић, Матија Стипић, ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ОДВОЂЕЊА УПОТРЕБЉЕНИХ И АТМОСФЕРСКИХ ВОДА НАСЕЉА ПАВЛИШ	1177-1180
11. Stefan Jekić, REHABILITACIJA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE POSTUPKOM HLADNOG RECIKLIRANJA NA LICU MESTA, PRIMER DEONICE PADEJ-SAJAN I~2.05km	1181-1184
12. Јелена Исаковић, АНАЛИЗА ПРОХОДНОСТИ ВОЗИЛА КРОЗ КРУЖНУ РАСКРСНИЦУ	1185-1188
13. Jovana Vasić, IMPLEMENTACIJA BIM-A U ODRŽAVANJU GRAĐEVINSKIH OBJEKATA	1189-1192
14. Nina Staletović, Miloš Šešlija, REKONSTRUKCIJA RASKRSNICE ULICA MAKSIMA GORKOG I MATIJE GUPCA U SUBOTICI	1193-1196
15. Olivera Milošević, Andrija Rašeta, UTICAJI OD VERTIKALNOG SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA NA ARMIRANO- BETONSKOM GREDNOM MOSTU NA 2 POLJA	1197-1200
16. Vladimir Trebovac, PROJEKAT VODOVODNE I HIDRANTSKE MREŽE ZA VISOKE STAMBENE OBJEKTE NA PRIMERU „SKYLINE – KULA A“	1201-1204
17. Vojislav Bojović, METHOD STATEMENT ZA IZRADU PODZEMNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽE KRANA ZA OBJEKAT PALATA PRAVDE SRBIJE U NOVOM SADU	1205-1208

РЕГУЛАЦИЈА БРЗИНЕ КРЕТАЊА КЛИПЊАЧЕ У ХИДРАУЛИЧКОМ СИСТЕМУ PISTON ROD VELOCITY CONTROL IN HYDRAULIC SYSTEM

Јефто Буднић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област- ЕНЕРГЕТИКА И ПРОЦЕСНА ТЕХНИКА

Кратак садржај – У раду су анализирани различите могућности регулације брзине кретања клипњаче у једноставном хидрауличком систему са једним цилиндром двостраног дејства. Симулације рада система извршене су помоћу програма „FESTO Fluid Sim Hydraulics“. Као резултат добијени су дијаграми пут-време који описују рад система на основу којих су донети закључци о предностима и манана примењених система управљања. Регулација брзине кретања клипњаче извршена је помоћу различитих пригушница и регулатора протока.

Кључне речи: Хидраулички систем, хидраулички цилиндар, клипњача, регулатор протока.

Abstract – In the paper are analysed different possibilities of regulating the velocity of the piston rod in a simple hydraulic system with one double-acting cylinder. The simulations of the system operation were performed using the program “FESTO Fluid Sim Hydraulics”. As a result, distance-time diagrams were obtained that describe the operation of the system, based on which the conclusions were made about the advantages and disadvantages of applied control systems. The piston rod velocity was regulated by throttle valves and flow control valves.

Keywords: Hydraulic system, hydraulic cylinder, piston rod, flow control valves.

1. УВОД

У раду су анализирани различите могућности регулације брзине кретања клипњаче у једноставном хидрауличком систему. Рад се састоји из теоријског и експерименталног дела.

Теоријски део рада обухвата начин рада хидрауличких система и опис погонских, извршних, сигналних и управљачких компоненти које су уобичајене у већини хидрауличких система.

У експерименталном делу рада извршене су симулације рада једноставног хидрауличног система који има један извршни цилиндар двостраног дејства и који треба да изврши задатком задату радњу са посебним акцентом на различите начине регулације брзине клипњаче.

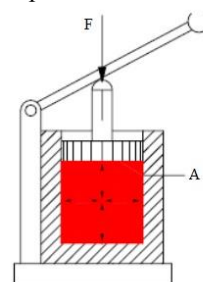
2. ХИДРАУЛИЧКИ СИСТЕМИ

2.1 Увод

Хидраулички систем је склоп од више хидрауличких компонената повезаних у једну целину, који има задатак да помоћу течности пренесе енергију и да оствари управљиво кретање извршних елемената којим се енергија предаје [10].

2.2 Начин рада хидрауличких система

Рад хидрауличких система заснива се на нестишљивости радне течности и на Паскаловом закону. Паскалов закон говори да се притисак у флуиду распростире подједнако у свим правцима. Ово је илустрирано примером на слици 1.



Слика 1: Хидраулички систем- хидрауличка преса

2.3 Хидраулички флуиди

Хидраулички флуид представља једну од основних компоненти сваког хидрауличног система. Задатак хидрауличног флуида у целокупном хидрауличком систему јесте да врши пренос енергије од места где се трансформише механички рад у хидрауличну енергију све до места где се врши трансформација хидрауличне енергије у механички рад. Хидраулички флуид, поред свог основног задатка, има и других намена које су такође веома важне, а то су да штити металне површине од корозије, подмазивање делова, преузима и емитује топлоту и друге [1].

3. КОМПОНЕНТЕ ХИДРАУЛИЧКИХ СИСТЕМА

3.1 Пумпе

Пумпом се назива хидрауличка машина која претвара механичку енергију погонског мотора у хидрауличну енергију флуида. Пумпе могу бити са фиксном или промењивом запремином као што је приказано на слици 2.



Слика 2: Симбол пумпе са фиксном и промењивом запремином

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Слободан Ташин.

3.2 Хидраулички цилиндри

Хидраулички цилиндри имају улогу да врло једноставно и ефикасно претварају хидрауличку енергију у линеарно кретање. Кретање клипа у цилиндру може бити од свега неколико милиметара до неколико метара. У зависности од померања клипа у цилиндру зависи и сила која остварује механички рад.

Цилиндри се према деловању силе, односно корисног рада, могу поделити на једносмерне и двосмерне.

Једносмерни цилиндри се конструишу да имају користан рад само у једном смеру, а двосмерни цилиндри имају у оба смера. Једносмерни цилиндри, често, имају само један хидраулички прикључак, а двосмерни два хидрауличка прикључка.

3.3 Хидраулички вентили

Хидрауличко-регулациони елементи или хидраулични вентили имају задатак да хидрауличним системима усмеравају ток хидрауличног флуида и регулишу његов притисак и проток [1]. Хидраулички вентили се могу поделити у следеће групе:

- разводни вентили,
- притисни вентили,
- неповратни вентили,
- вентили притиска и
- вентили протока.

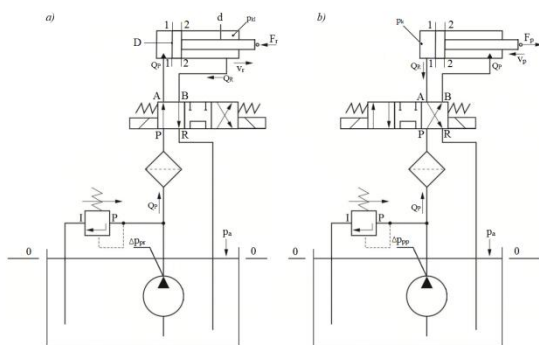
3.4 Остали елементи хидрауличног система

У хидрауличком систему могуће је наћи још низ елемената који су потребни за правилно функционисање [6]. У остале елементе хидрауличног система спадају следећи елементи:

- акумулатори
- резервоари
- филтери
- цеви и црева
- прикључци
- заптивке
- хладњаци и грејачи
- мерни уређаји

4. ПРОРАЧУН ХИДРАУЛИЧКОГ СИСТЕМА

Задатак хидрауличног система је да применом Бернулијеве једначине израчуна величину притиска пумпе која је уроњена у уље. Затим, ту величину притиска пумпе треба унети у рачунарску апликацију и извршити симулацију система. На слици 5. приказан је изглед хидрауличног система



Слика 5. Приказ хидрауличног система

а) радни ход клипњаче, б) повратни ход клипњаче

Бернулијева једначина за радни ход се поставља у односу на равни:

а) 0 – 0 (површина резервоара) и 1 – 1 (пресек са клипне стране):

$$p_a + \Delta p_{pr} = (p_a + p_k) + \rho \cdot \frac{v_r^2}{2} + b_{Pr} \cdot Q_p^2 \quad (1)$$

$$\Delta p_{pr} = p_k + \rho \cdot \frac{v_r^2}{2} + b_{Pr} \cdot Q_p^2 \quad (2)$$

б) 2 – 2 (пресек са клипњачине стране) и 0 – 0 (површина резервоара):

$$p_a + p_{kl} + \rho \cdot \frac{v_r^2}{2} = p_a + b_{Rr} \cdot Q_R^2 \quad (3)$$

$$p_{kl} = b_{Rr} \cdot Q_R^2 - \rho \cdot \frac{v_r^2}{2} \quad (4)$$

Сума сила ΣF у цилиндру

$$p_k \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = p_{kl} \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} + F + F_{tr} \quad (5)$$

$$p_k = p_{kl} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right] + \frac{4 \cdot (F + F_{tr})}{\pi \cdot D^2} \quad (6)$$

Решавањем једначине (4) добија се вредност притиска у клипњачиној комори. Затим се та вредност користи у једначини (6) да би се одредила вредност притиска са клипне стране. Потом се одређује вредност притиска пумпе у радном ходу помоћу једначине (2) користећи једначину (6) у збиру вредности.

$$\Delta p_{pr} = 1\,892\,693,763 \text{ Pa} \cong 18,92 \text{ bar}$$

Бернулијева једначина за повратни ход се поставља у односу на равни:

в) 0 – 0 (површина резервоара) и 2 – 2 (пресек цилиндра са клипњачине стране):

$$p_a + \Delta p_{pp} = (p_a + p_{kl}) + \rho \cdot \frac{v_p^2}{2} + b_{Pp} \cdot Q_p^2 \quad (7)$$

$$\Delta p_{pp} = p_{kl} + \rho \cdot \frac{v_p^2}{2} + b_{Pp} \cdot Q_p^2 \quad (8)$$

г) 1 – 1 (пресек цилиндра са клипне стране) и 0 – 0 (површина резервоара):

$$p_a + p_k + \rho \cdot \frac{v_p^2}{2} = p_a + b_{Rp} \cdot Q_R^2 \quad (9)$$

$$p_k = -\rho \cdot \frac{v_p^2}{2} + b_{Rp} \cdot Q_R^2 \quad (10)$$

Сума сила ΣF у цилиндру

$$p_k \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = p_{kl} \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} - F - F_{tr} \quad (11)$$

$$p_{kl} = \frac{p_k \cdot D^2}{(D^2 - d^2)} + \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} + \frac{4 \cdot F_{tr}}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} \quad (12)$$

Решавањем једначине (10) добија се вредност притиска у клипној комори. Затим се та вредност користи у једначини (12) да би се одредила вредност притиска са клипњачине стране. Након тога, одређује се вредност притиска пумпе у повратном ходу помоћу једначине (8) користећи вредности из једначине (12).

$$\Delta p_{pp} = 4\,011\,358 \text{ Pa} \cong 40,11 \text{ bar}$$

Добијени притисак из једначине (8) користи се у наставку рада у рачунаској апликацији као максимални радни притисак пумпе.

Корисна снага пумпе у повратном ходу се може израчунати помоћу обрасца:

$$P_{ph} = \frac{\Delta p_{pp} \cdot Q}{600} = \frac{40,11 \cdot 13,56}{600} = 0,906 \text{ kW}$$

где је: p_a – атмосферски притисак; Δp_{pr} – притисак пумпе у радном ходу клипњаче; Δp_{pp} – притисак пумпе у току повратног хода клипњаче; Q_p – проток испред клипа; Q_R – проток са клипњачине стране; p_k – притисак са клипне стране; p_{kl} – притисак са клипњачине стране; F – спољашња сила; F_{tr} – сила трења; $v_0=0$ – брзина промене нивоа уља у резервоару; v_u – брзина уља у цилиндру, радни ход – једнака брзини клипа.

5. ПОДЕШАВАЊЕ СИМУЛАЦИЈЕ ХИДРАУЛИЧКОГ СИСТЕМА

5.1 Кратко о апликацији „Festo FluidSIM Hydraulics“

За рад хидрауличког система коришћена је апликација „FluidSIM Hydraulics“. Софтвер је развијен од стране компаније Фесто. Једна од основних карактеристика јесте да се једноставно могу цртати и покретати симулације ради лакшег разумевања, као и приказивања функционисања самог система. Верзија софтвера је четврте генерације, мада постоји и новија верзија пете генерације.

5.2 Принцип рада „Festo FluidSIM Hydraulics“ апликације

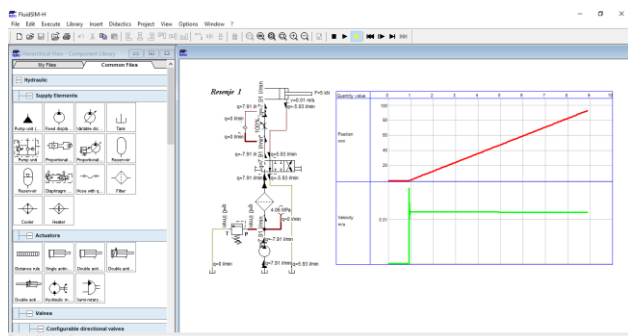
Рад у програмском решењу „FluidSIM Hydraulics“ је веома приступачан и лак за употребу сваком кориснику, а првенствено због тога што је повезивање компоненти идентично као и у стварности.

Покретањем апликације отвара се прозор на коме се налази „радни простор“. Основни алати за покретање и заустављање програма се налазе изнад радног простора, а библиотека хидрауличких компоненти у програму се налази са леве стране радног простора служе за цртање хидрауличких шема.

За састављање шема потребно је из прозора у коме се налазе хидрауличке компоненте, издвојити компоненте потребне за симулацију на радну површину и затим те компоненте повезати у систем по задатој шеми.

Након спајања компоненти, потребно је сваку компоненту подесити како би биле адекватне постављеном услову задатка.

После подешавања компоненти хидрауличког система потребно је пустити симулацију и проверити вредности добијене помоћу прорачуна основног задатка и вредности добијене симулацијом. Вредности које су добијене симулацијом за радни ход су приказане на слици 6.



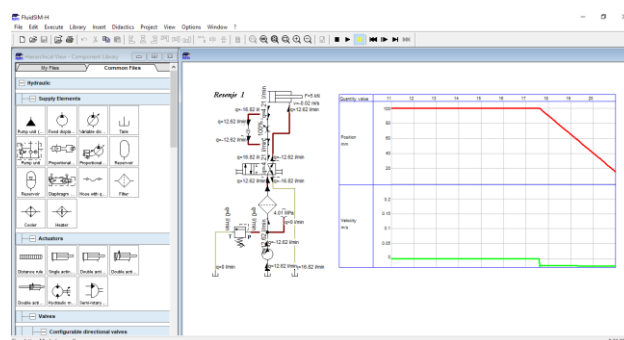
Слика 6. Вредности за радни ход клипњаче

Резултати који су добијени из прорачуна и вредности које се читавају из симулације система за радни ход су приказани у табели 1

Табела 1. Резултати добијени из прорачуна задатка и из симулације за радни ход

радни ход клипњаче	максимални притисак p_{max} [bar]	брзина кретања клипа [m/s]	проток од пумпе до цилиндра (радни ход)[L/min]	проток од цилиндра до резервоара (радни ход)[L/min]
вредности из прорачуна	18.92	0.02	7.36	5.18
вредности из симулације	40.6	0.01	7.91	5.93

Вредности које су добијене симулацијом за повратни ход клипњаче су приказане на слици 7.



Слика 7. Вредности за радни ход клипњаче

Вредности који су добијене из прорачуна и вредности које се читавају из симулације система за повратни ход су приказани у табели 2.

Табела 2. Резултати добијени из прорачуна задатка и из симулације за радни ход

повратни ход клипњаче	максимални притисак p_{max} [bar]	брзина кретања клипа [m/s]	проток од пумпе до цилиндра (радни ход) [L/min]	проток од цилиндра до резервоара (радни ход) [L/min]
вредности из прорачуна	40.11	0.02	12.62	16.82
вредности из симулације	40.1	0.02	11.04	16.58

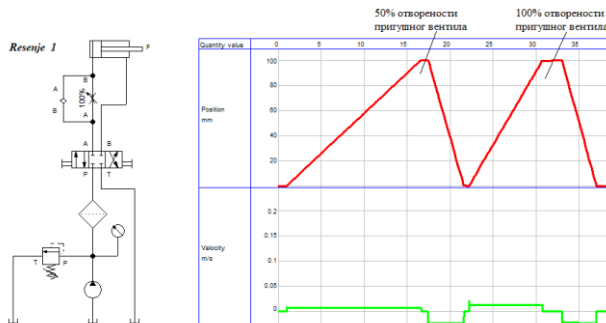
5.3 Анализа варијантних решења проблема регулисања брзине кретања клипњаче

1) *Регулација брзине кретања клипњаче пригушним вентилом који је постављен испред клипне стране цилиндра.*

На слици 8. са леве стране је шематски приказ хидрауличког система, а са десне стране слике су приказана два дијаграма. Горњи дијаграм је дијаграм времена које је потребно за извлачење и увлачење клипњаче у цилиндру, док је на другом дијаграму представљена брзина кретања клипњаче.

Спољашња сила у радном ходу која делује на клипњачу је 5 kN, а да је отвореност пригушног вентила 50% и са графика се читава да је брзина кретања клипњаче у радном ходу 0,01 m/s. У наставку симулације пригушни вентил је отворен на 100% и са графика су очитане вредности за брзину кретања

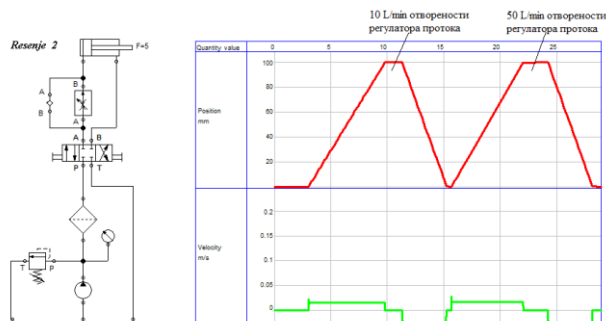
клипњаче у радном ходу која износи 0,02 m/s. Примећује се да је брзина у повратном ходу клипњаче већа него у радном и оно износи 0,03 m/s разлог томе је што се повртани ход клипњаче не подешава.



Слика 8. Брзина кретања се регулише пригушним вентилом који је постављен испред клипне стране цилиндра

2) Регулација брзине кретања клипњаче се врши регулатором протока који је постављен испред клипне стране цилиндра.

Са слике 9. се може видети симулација хидрауличког система уз помоћ регулатора протока. Симулација је урађена при протоку радног флуида од 10 L/min и 50 L/min. Подешеност регулатора протока на 10 L/min брзина кретања клипњаче у радном ходу износи 0,01 m/s. У наставку симулације регулатор протока је отворен на 50 L/min и испитана је брзина кретања у радном ходу клипњаче која износи 0,02 m/s. Код овог примера брзина кретања клипњаче у повратном ходу се не подешава и износи 0,03 m/s за оба примера подешености регулатора протока.



Слика 9. Брзина кретања клипњаче се регулише регулатором протока који је постављен испред клипне стране цилиндра

6. ЗАКЉУЧАК

Брзина кретања клипњаче се регулише подешавањем пригушног вентила или регулатора протока. Једном подешени положај регулационог елемента се у току рада система не мења, али за потребе испитивања овог задатка проучавала се отвореност пригушног вентила на 50% и на 100%. Код регулатора протока се отвореност испитивала на 10 L/min и на 50 L/min.

У овом раду испитана је могућност регулације брзине кретања клипњаче у хидрауличким системима. Прорачуном задатка помоћу Бернулијеве једначине дошло се до максималне вредности притиска пумпе у радном и повратном ходу клипњаче. Већа вредност притиска пумпе усваја се као вредност притиска пумпе.

Недостаци из претходна два примера овог рада су да регулишу брзину кретања клипњаче у радном ходу док у повратном ходу не регулишу. Предности су мање компоненти у систему и мања зона високог притиска у радном ходу клипњаче.

Постизање најбоље регулације брзине у радном и повратном ходу клипњаче врши се постављањем пригушних вентила у сваком воду. Недостатак тих система је што захтевају више уређаја за регулацију протока.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кнежевић, Д., Шешлија, Д., Милашиновић, А., Лалош, С., *Уљна хидраулика и пнеуматика*, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет, Бања Лука, 2018.
- [2] Савић, В., *Уљна Хидраулика I*, Дом штампе, Зеница, 1990.
- [3] <http://www2.viser.edu.rs/download.php?id=19082/28.01.2021.>
- [4] <https://hidraulikspecijal.rs/hidraulika/> (26.01.2021.)
- [5] Савић, В., *Основи Уљне Хидраулике*, Икос, Зеница, 1991.
- [6] Петрић, Ј., *Хидраулика и Пнеуматика*, Факултет стројарства и бродоградње, Свеучилиште у Загребу, Загреб, 2012.
- [7] Корбар, Р., *Пнеуматика и Хидраулика*, Велеучилиште у Карловцу, Карловац, 2007.
- [8] Вуковић, В., Ташин, С., *Увод у хидропнеуматску технику*, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, 3. допуњено издање, Нови Сад, 2006.
- [9] <https://gumaplastvp.com/sr/proizvodi/zaptivke-klipmanzetne/> (09.03.2021.)
- [10] Узелац, Д., Бикић, С., *Хидропнеуматске компоненте*, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2018.
- [11] https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/fluidsim5_enu_s_v1.pdf, (13.09.2021.)

Кратка биографија:



Јефто Буднић рођен је у Требињу 1993. год. Основне студије на Факултету техничких наука из области Енергетика и процесна техника завршио је 2019. год. Тренутно студент мастер студија на смеру Енергетика и процесна техника.

KOLABORATIVNI PRILAZ U SAVREMENOJ PRIPREMI PROIZVODNJE**A COLLABORATIVE APPROACH IN MODERN PRODUCTION PREPARATION PROCESS**Nenad Matijević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – Osnovni predmet i cilj istraživanja u ovom radu odnosi se na savremenu pripremu proizvodnje primenom ERP sistema Microsoft Dynamics 365. Na osnovu definisanih podataka analizirani su neki moduli Microsoft Dynamics sistema, i na osnovu njih su dobijeni izlazni podaci u vidu tabela, čime su definisane osnovne podloge za operativnu pripremu proizvodnje.

Ključne reči: *Kolaborativno inženjerstvo, Priprema proizvodnje, ERP sistemi*

Abstract – The main subject and goal of the research in this paper refers to the modern preparation of production using the ERP system Microsoft Dynamics 365. Based on the defined data, some modules of Microsoft Dynamics 365 system were analyzed and based on them the output data were obtained in the form of tables, which defined the basis for operational production preparation.

Keywords: *Collaborative Engineering, Production Preparation, ERP Systems*

1. UVOD

Industrijska preduzeća predstavljaju organizacione celine, koje u datoj okolini ostvaruju svoju misiju određenu svrhom postojanja, strategijom dejstava, pokretačkim polugama i standardima ponašanja u okolini [1]. Pojam savremeno preduzeće i inteligentno privređivanje se pojavio u rezultatu stalnog rasta stepena složenosti u svim područjima privrednih i društvenih delatnosti, intenzivnim tehnološkim razvojem, učestanošću promena u zahtevima potrošača, poremećajima u procesu rada i drugim nepredviđenim događajima koji prate procese rada.

Sistemi koji se koriste da se u realnom vremenu, uz što pouzdanije podatke, prati stanje resursa preduzeća i realizacija određenih poslovnih funkcija nazivaju se ERP (engl. Enterprise Resource Planning) sistemi, odnosno sistemi za planiranje resursa preduzeća.

2. SISTEMI ZA UPRAVLJANJE RESURSIMA PREDUZEĆA – ERP SISTEMI

U najopštijem smislu gledano, ERP sistemi su svi oni IT sistemi koji u sveobuhvatnom smislu maksimalno podržavaju i omogućavaju nesmetan rad kompanije. ERP sistemi su sinonim za sisteme velikih komercijalnih softverskih paketa koji omogućavaju veliku integraciju toka podataka kroz kompaniju kombinujući različite

izvore informacija u jedinstvenu softversku aplikaciju i jedinstvenu bazu podataka [2].

2.1. Arhitektura ERP sistema

Savremene ERP sisteme karakterišu potencijalno dve različite arhitekture informacionih sistema. Pre svega, za korisnike trenutno finansijski, ali ne i za tehnološki bolje rešenje, odnosno arhitektura klijent-server.

Bitna karakteristika troslojne arhitekture informacionog sistema, uz jednostavnu mogućnost promene logike aplikacije je to što poseduje osobinu skalabilnosti. To u suštini znači da promena broja klijenata (korisnika) ne utiče na funkcionisanje informacionog sistema. Stoga je ovakav tip arhitekture pogodan za primenu i u velikim i u malim preduzećima.

Drugi tip arhitekture ERP sistema je tzv. servisno orijentisana arhitektura (engl. Service Oriented Architecture - SOA). Osnovni cilj je da korisnici pristupaju bazama podataka preko Web pretraživača, bez obaveze da poseduju servere i dodatnu opremu za obradu i skladištenje podataka.

2.2. Osnovni moduli ERP sistema

U nastavku ovog dela objašnjen je značaj i primena svakog od navedenih modula [1].

Modul za upravljanje finansijama: jedan je od najčešće korišćenih ERP modula. Razlog za to je što mnoga preduzeća, bez obzira kojoj privrednoj grani pripadaju, imaju potrebu da prate svoje transakcije, priliv i odliv novca i da u svakom momentu imaju uvid u svoje finansijsko stanje.

Modul za upravljanje distribucijom: u literaturi je poznat i kao modul za upravljanje marketingom i prodajom, je zapravo osnovni modul gde se ERP i CRM preklapaju.

Modul za upravljanje ljudskim resursima: značajan je iz razloga što ljudski kapital predstavlja strateški veoma bitan resurs preduzeća.

Modul za upravljanje proizvodnjom i logistikom: zapravo je proistekao iz MRP II sistema, s tim da savremeni modul ima neke dodatne funkcije. Ovakav modul se koristi za planiranje proizvodnje i tokova direktnog materijala u ovom procesu.

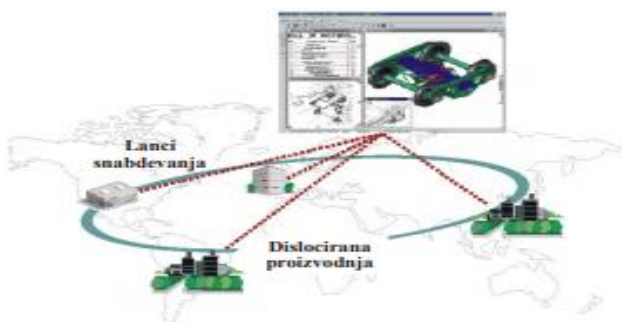
3. KOLABORATIVNO INŽENJERSTVO

Prodori učinjeni u oblasti proizvodnih sistema doveli su do pojave mnogih novih koncepata. Kao najznačajniji izdvajaju se agilni i rekonfigurabilni proizvodni sistemi, holonski sistemi, fraktalne fabrike, inteligentni proizvodni sistemi itd. Jedan od osnovnih preduslova za ostvarivanje ovakvih koncepata je vezan za razvoj računarstva i informacionih tehnologija. Posebno veliki uticaj na ostvarivanje automatizacije postupaka razvoja i realizacije

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mijodrag Milošević, vanr. prof.

proizvoda i procesa, kao i ukupnog poslovanja savremenih proizvodnih sistema ima globalna računarska mreža, odnosno internet. Sa druge strane, ove tehnologije su izazvale pojavu nekih novih konstruktorsko-proizvodno-poslovnih koncepata. Među njima su, svakako, kolaborativno projektovanje (engl. Collaborative Design), distribuirani proizvodni sistemi (engl. Distributed Manufacturing Systems), Internet poslovanje (engl. e-commerce, e-business) itd., slika 1.



Slika 1: Kolaborativni aspekt distribuiranih proizvodnih sistema [2]

3.1. Kolaborativna koprojektantska okruženja

Kolaborativna okruženja za integrisano projektovanje omogućavaju različitim grupama uključenim u proces projektovanja da rade zajedno na razvoju efikasnog digitalnog modela proizvoda ili procesa. Ovakav pristup otvara nove mogućnosti i područja za marketinšku analizu, višekriterijumsku procenu dizajna proizvoda i varijanti proizvodnje, optimizaciju karakteristika proizvoda za obezbeđenje visokog kvaliteta, pouzdanosti i proizvodnosti, laku montažu i održavanje. Na taj način se značajno smanjuje vreme i troškovi razvoja i proizvodnje, a poboljšava kvalitet proizvoda i njegove eksploatacione karakteristike [3].

3.2. Kolaborativne koprojektantske funkcije

Horizontalna kolaboracija podrazumeva okupljanje ili sastavljanje projektantskog tima iz istih ili različitih disciplina kako bi se zajednički, sistematično rešio projektantski zadatak.

Sa druge strane, *vertikalna* kolaboracija predstavlja efikasan kolaboracioni kanal koji povezuje oblast projektovanja, simulacione i organizacione alate i proces proizvodnje.

4. OSNOVNI ELEMENTI SISTEMA MICROSOFT DYNAMICS 365

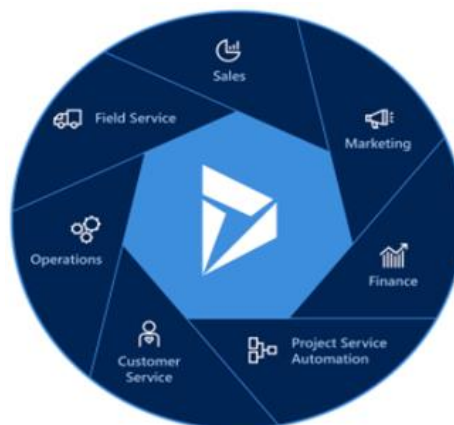
Microsoft Dynamics 365 je skup inteligentnih poslovnih aplikacija za planiranje resursa preduzeća ERP i upravljanja odnosima sa kupcima CRM koje je kompanija Microsoft objavila 2016. godine. Ovo rešenje, kao nikada ranije, spaja ljude, procese i sve informacije na jedno mesto, sa jednim ciljem, da unapredi poslovanje u svim njegovim aspektima. Microsoft Dynamics 365 omogućava kreiranje izveštaja za bilo koji podatak u sistemu. Vizuelizacija izveštaja omogućava lakše sagledavanje potrebnih informacija, a PowerBI (Power Business Intelligence) omogućava kreiranje preglednih komandnih tabela sa mnoštvom korisnih interaktivnih grafikona koji oslikavaju performanse. Takođe, potpuno

je podržan rad sa mobilnih uređaja, bilo da su u pitanju Apple, Android ili Microsoft platforma.

4.1 Moduli sistema Microsoft Dynamics 365

Microsoft Dynamics se sastoji od 7 modula koji se kombinuju u skladu sa potrebama poslovanja, uz mogućnost dodavanja novih modula kako poslovanje raste, a to su, slika 2:

- Prodaja - Dynamics 365 for Sales
- Marketing - Dynamics 365 for Marketing
- Operacije - Dynamics 365 for Operations
- Finansije - Dynamics 365 for Financials
- Projekti - Dynamics 365 for Project Service Automation
- Terenski servis - Dynamics 365 for Field Service
- Korisnička podrška - Dynamics 365 for Customer Service



Slika 2: Moduli sistema Microsoft Dynamics 365 [4]

5. PRIMENA SISTEMA MICROSOFT DYNAMICS 365 U PRIPREMI PROIZVODNJE VOĐICE

U ovom radu su analizirani meniji koje nudi modul „Finance and Operations“, za analizu operativne pripreme proizvodnje. U okviru menija „Priprema proizvoda za proces proizvodnje“ i „Priprema proizvoda za diskretnu proizvodnju“ i „Upravljanje proizvodnim resursima“, je izvršena operativna priprema izrade vođice i detaljnije je objašnjena u nastavku.

5.1 Priprema proizvodnje izrade vođice

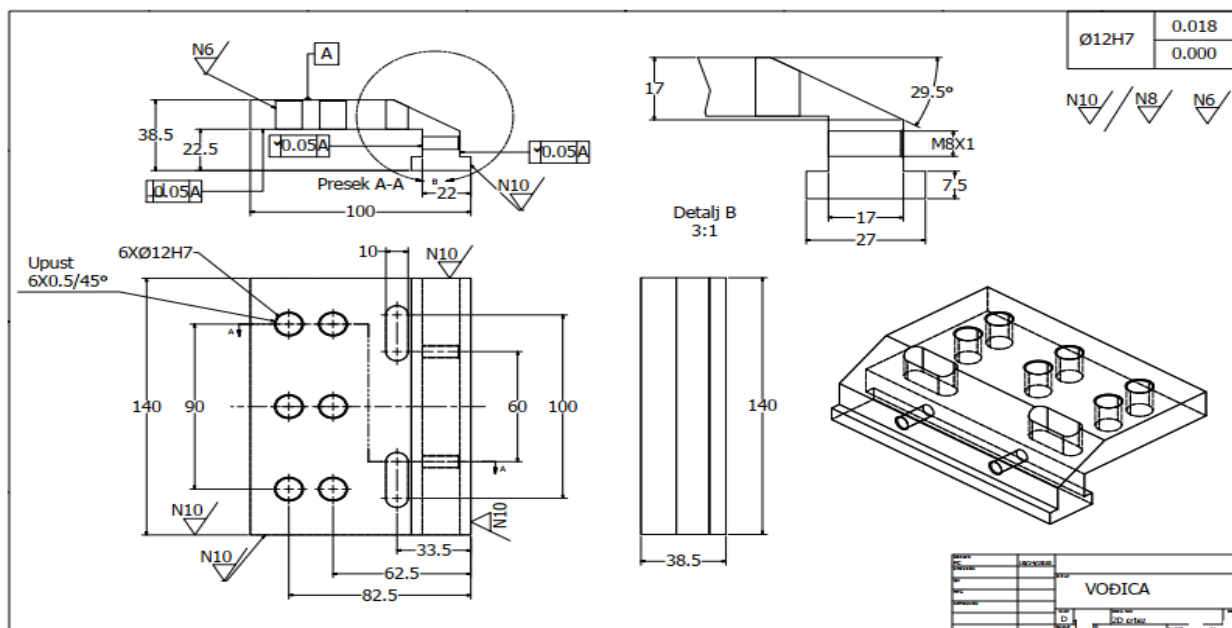
Pripremu proizvodnje čine svi poslovi koji se moraju obaviti pre početka proizvodnog procesa. Od pripreme proizvodnje zavisi i sigurnost proizvodnog procesa – što je priprema kvalitetnija, proces proizvodnje će se odvijati sigurnije.

Priprema proizvodnje se deli na:

- Tehničku pripremu – oblikovanje proizvoda, konstrukcija alata, proučavanje rada itd.
- Operativnu pripremu – sprovođenje svih mera kako bi se proizvodni proces obavio na najracionalniji način

5.2 Definisane tehnološkog procesa izrade vođice

Radionički crtež je urađen u CAD modulu programskog sistema CATIA. Postavljeni obim proizvodnje je 1200 [kom/ser]. Na slici 3 je prikazan radionički crtež vođice, dok je na slici 4 prikazan sadržaj tehnološkog procesa izrade vođice koji uključuje šest operacija.



Slika 3: 2D crtež vodice

		Fakultet tehničkih nauka Departman za proizvodno		SADRŽAJ TEHNOLOŠKOG PROCESA				Proizvod			
								Veličina serije [kom]		1200	
Naziv dela VOĐICA				Broj dela	Indetifikacioni				Ide u proizvod		Komada
					Klasifikacioni						
Oznaka i stanje materijala				Vrsta i dimenzije priprema				Pogon		Odeljenje	
Oznaka		Kod:		Oznaka:		Kod:					
Operacija	NAZIV OPERACIJE			MAŠINA		Vreme [min]					Kom/ 8h
				Naziv	Ozn aka	Pripr.	Glavn o	Pomo ć.	Po kom		
10	ODSECANJE GLODANJE PRIPREMKA GLODANJE GLODANJE/BUŠENJE GLODANJE/BUŠENJE ZAVRŠNA KONTROLA			NC TESTERA		10					
20				CNC GLODALICA		10					
30				CNC GLODALICA		15					
40				CNC GLODALICA		20					
50				CNC GLODALICA		20					
60				CNC GLODALICA		10					
				POMIČNO MERILO							
Ukupno:											
Izmena				Datum	Izradio	Kontrol	Šef teh. pr	Šef pogona	Šef kontrole	Listova 1	
					Nenad Matije vić					List broj 1	

Slika 4: Sadržaj tehnološkog procesa izrade vodice

5.3 Priprema proizvoda za proces proizvodnje

Ovaj modul pruža pregled određenog poslovnog i proizvodnog procesa, a ne informacije koje su specifične za jedan modul. Prikazuje široki spektar podataka, dajući korisnicima mogućnost da vide analitičke podatke pored podataka o transakcijama.

Prvenstveno se koristi za proizvode koji se proizvode u serijskoj proizvodnji. Ovo radno okruženje se može konfigurirati tako da prikazuje samo proizvode unutar određenog skupa proizvoda ili hijerarhije, ili samo proizvode puštene u proces proizvodnje u određenom vremenskom periodu.

U okviru ovog modula definisani su parametri za prognozu potražnje. Kao strategija generisanja prognoze je izabrano „Azure Machine Learning“. Ova strategija podrazumeva mogućnost korišćenja i primenu metoda mašinskog učenja u proizvodnom procesu, sa ciljem održavanja efikasnog i ekonomičnog rada sistema.

5.4 Priprema proizvoda za diskretnu proizvodnju

Diskretna proizvodnja je proizvodnja širokog asortimana proizvoda. Diskretna proizvodnja dovodi do gotovih proizvoda koji se mogu rastaviti u pojedinačne komponente.

Procesi koji se primenjuju u diskretnoj proizvodnji nisu kontinualni. Svaki proces se može pojedinačno pokrenuti ili zaustaviti.

Primeri ovakvih proizvoda mogu biti automobili, računari, televizori, brodovi, mašine itd.

U okviru ovog modula je definisan opis materijala (engl. Bill of Material - BOM) od koga se vodica sastoji, slika 5. BOM je dokument u kome je navedeno od kojih se sirovina sastoji proizvod i koristi se u proračunu cene koštanja u proizvodnji.

BOM	Name	Site	Item group	Approved by	Approved
01	Aluminijum (87-91)%				
02	Hrom (0.18-0.28)%				
03	Bakar (1.2-2)%				
04	Gvozdje (0.4)%				
05	Magnezijum (2.1-2.9)%				
06	Mangan 0.3%				
07	Silicijum 0.4%				
08	Cink (5-6)%				
09	Titanijum 0.2%				
10	Ostali 0.05%				

Slika 5: Spisak materijala od kojih se sastoji legura za izradu vodice (Al7075)

Svi prethodno definisani podaci su prebačeni u Microsoft Excel kako bi se mogao dobiti izlaz na osnovu koga se mogu izvoditi razne analize, proračuni pripremnih vremena itd., slika 6.

Operation	Name	Tools for Process Manufacturing
OP 1	Grubo glodanje gornje površine	T1
OP 2	Fino glodanje gornje površine	T1
OP 3	Grubo glodanje stepenaste površine	T7
OP 4	Fino glodanje stepenaste površine	T7
OP 5	Grubo glodanje kose površine	T1
OP 6	Fino glodanje kose površine	T1
OP 7	Bušenje 2 x Ø6.8	T8
OP 8	Upustanje 2 x 0.5/45°	T9
OP 9	Ureziivanje navoja 2x M8	T10
OP 10	Grubo glodanje donje površine	T1
OP 11	Fino glodanje donje površine	T1
OP 12	Grubo glodanje stepenaste površine	T1
OP 13	Fino glodanje stepenaste površine	T1
OP 14	Grubo glodanje T žljeba	T5
OP 15	Fino glodanje T žljeba	T5
OP 16	Bušenje 2 žljeba	T6
OP 17	Glodanje 2 žljeba	T7
OP 18	Bušenje 6 x Ø11.8	T2
OP 19	Proširivanje 6 x Ø11.8	T3
OP 20	Upustanje 6 x 0.5/45°	T9
OP 21	Razvrtanje 6x Ø12H7	T4

Slika 6: Prikaz zahvata obrade i alata za izradu vodice

6. ZAKLJUČAK

Danas, posedovanje superiornih alata i metoda predstavlja svojevrsni imperativ i uslov za postizanje kompetentske prednosti preduzeća. ERP sistemi danas predstavljaju glavni oslonac u budućim inteligentnim preduzećima. Proizvođači ERP sistema, stalno u vremenu, razvijaju nove funkcije i unapređuju postojeća rešenja, kako bi obezbedili jednostavnu integraciju sa ostalim informacionim sistemima preduzeća, kao i integraciju sa modulima ERP sistema drugih proizvođača. Pred proizvodnim inženjerima je veoma težak zadatak kada je u pitanju izbor ERP sistema, te je, u skladu sa tim, zadatak rada bio da se prikaže veza između ERP sistema i aktivnosti koje su deo proizvodnog inženjerstva. Microsoft Dynamics 365 ima veliki broj modula i podsistema koji nisu bili predmet ovog master rada, pa bi za detaljniji prikaz ovog sistema bila potrebna mnogo šira analiza sa različitih aspekata.

7. LITERATURA

- [1] Balaban N., Ristić Ž., Durković J., Trninić J.: „Informacioni sistemi u menadžmentu“, Savremena administracija Beograd, 2002.
- [2] Announcing the Standard for „Integration definition for Information Modeling“, Federal Information Processing Standard, 1993.
- [3] Milošević M.: Prezentacije sa predavanja iz predmeta „Internet tehnologije u proizvodnom inženjerstvu“, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2021.
- [4] Oficijalni sajt ERP sistema Microsoft Dynamics 365 (www.dynamics.microsoft.com)

Kratka biografija:



Nenad Matijević rođen je u Sremskoj Mitrovici 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Proizvodno Mašinstvo, odbranio je 2021. godine.
kontakt: nenad.matijevic97@hotmail.com

POREĐENJE PNEUMATSKOG I ELEKTROPNEUMATSKOG UPRAVLJANJA U PNEUMATSKIM SISTEMIMA**COMPARISON OF PNEUMATIC AND ELECTROPNEUMATIC CONTROL IN PNEUMATIC SYSTEMS**

Ognjen Joković, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Predmet rada jeste poređenje čisto pneumatskog i elektro-pneumatskog upravljanja u pneumatskim sistemima. Analiza oba načina upravljanja izvršena je korišćenjem programskog paketa FESTO FluidSim i to na primeru dva industrijska uređaja. Cilj rada je da se dokaže veća efikasnost elektro-pneumatskog upravljanja u pneumatskim sistemima.

Ključne reči: Pneumatika, pneumatski cilindri, pneumatski sistem.

Abstract –The subject of this paper is comparison of solely pneumatic and electro-pneumatic control in pneumatic systems. Analysis of both types of control was done by using the FESTO FluidSim program package and on the example of two industrial machines. The goal of the paper was to show the higher efficiency of the electro-pneumatic control in pneumatic systems.

Keywords: Pneumatics, pneumatic cylinders, pneumatic system.

1. UVOD

Predmet rada su pneumatski sistemi, njihov istorijski razvoj, primena, elementi pneumatskih sistema, struktura i promenljive veličine pneumatskih sistema. U radu su prikazani različiti načini predstavljanja problema od same skice problema pa sve do put-vreme dijagrama koji dodatno definišu kretanje datog sistema. Objasnjeni su takti lanci, tipovi takti lanaca i njihovo implementiranje. Obradena su dva primera pneumatskih sistema korišćenjem FESTO FluidSim programskog paketa. Prvi primer predstavlja pneumatski pogonjen uređaj za savijanje limova koji se sastoji od jednog cilindra jednosmernog dejstva koji služi za pritezanje obradka i dva cilindra dvosmernog dejstva koji služe za savijanje. Drugi primer predstavlja pneumatski pogonjen uređaj za odsecanje materijala koji se sastoji od četiri cilindra od kojih su dva jednosmernog dejstva a druga dva dvosmernog dejstva. Primeri su prvo prikazani na šemi sa čisto pneumatskim upravljanjem korišćenjem takti lanaca, a zatim i sa elektro-pneumatskim upravljanjem korišćenjem sistema Latch-ovanja. Analizirana su dva različita načina upravljanja korišćenjem put-vreme dijagrama kreiranim u FESTO FluidSim programu gde je primećen znatno brži odziv

elektro-pneumatskog upravljanja u odnosu na čisto pneumatsko upravljanje. Izvršen je proračun potrebne količine vazduha za dva data primera tako što su izračunate zapremine svih cilindara u jednom hodu ako su cilindri jednosmernog dejstva, a u oba hoda ako su cilindri dvosmernog dejstva.

Konačna potrebna količina vazduha pod pritiskom dobijena je množenjem ukupne zapremine sa brojem ciklusa koji dva data uređaja treba da obave.

2. PRIMERI PNEUMATSKOG UPRAVLJANJA

Obradena su dva primera pneumatski pogonjenih uređaja. Prvo su prikazane šeme datih uređaja sa pneumatskim upravljanjem uz pomoć prethodno objašnjenih takti lanaca i put-korak dijagrama. Zatim su prikazane šeme sa elektronskim upravljanjem gde je objašnjen sistem Latch-ovanja.

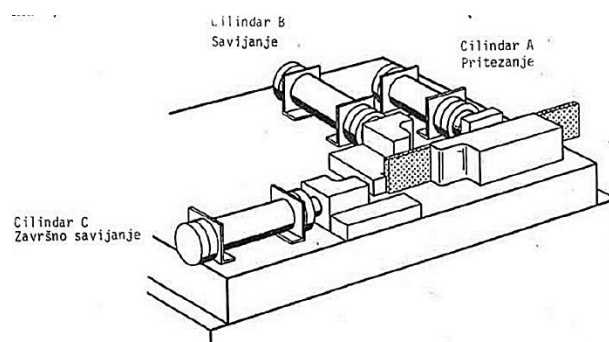
2.1. Uređaj za savijanje limova

Pomoću pneumatski pogonjenog uređaja prikazanog na slici 1 vrši se savijanje limova.

Nakon pritezanja obradka pomoću cilindra sa jednosmernim dejstvom A, vrši se savijanje pomoću cilindra sa dvosmernim dejstvom B, a nakon toga se vrši konačno savijanje pomoću cilindra sa dvosmernim dejstvom C. Proces otpočinje nakon aktiviranja ručnog tastera.

Granični uslovi:

1. U slučaju da je trajno pritisnut START-taster ne sme doći do ponavljanja ciklusa nakon izvođenja poslednjeg kretanja.
2. Cilindar za savijanje B sme da otpočne sa izvlačenjem klipnjače tek onda, kada je cilindar za pritezanje A dostigao krajnji prednji položaj i kada je postignut potrebni pritisak pritezanja, npr 600 kPa.

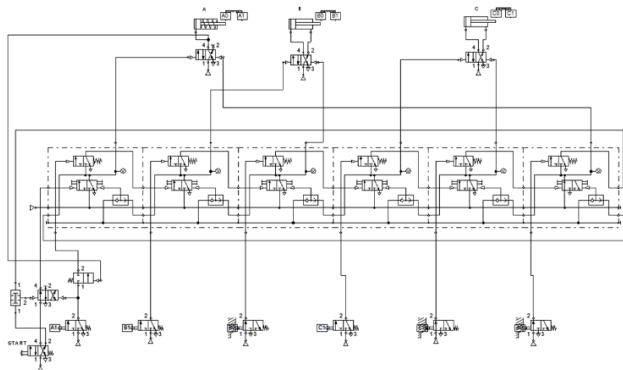


Slika 1. Pneumatski pogonjen uređaj za savijanje limova [1]

NAPOMENA:

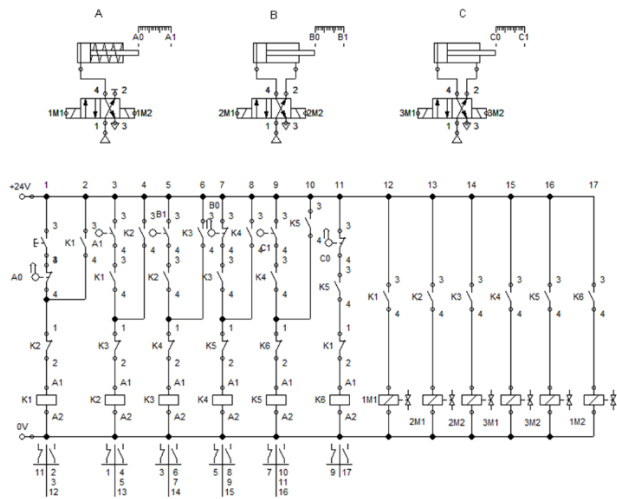
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Slobodan Tašin.

Na slici 2 prikazana je pneumatska šema uređaja za savijanje limova sa ugrađenim graničnim uslovima. Šema je urađena u programu FESTO FluidSim. Korišćeno je redosledno upravljanje pomoću taktnih lanaca.



Slika 2. Pneumatska šema za uređaj za savijanje limova

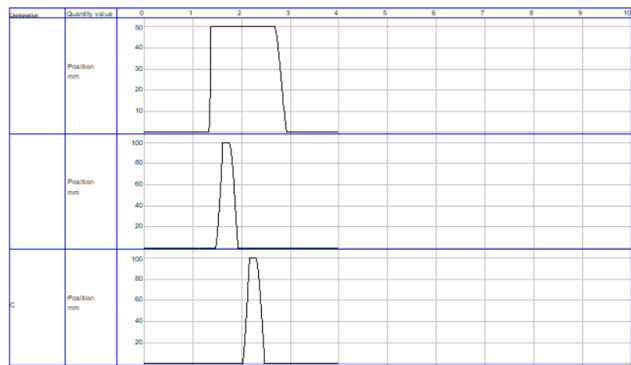
Isti sistem odrađen i preko elektro-upravljanja u FESTO FluidSim programu (slika 3):



Slika 3. Elektro-pneumatska šema uređaja za savijanje limova

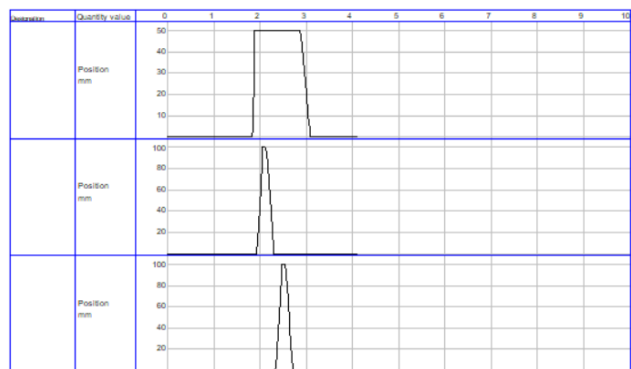
U ovom slučaju proces upravljanja vrši se solenoidnim ventilima koji se pokreću elektronski. Nakon pritiska tastera za start, signal se javlja u prvoj grani i aktivira solenoidni ventil 1M1 koji započinje izvlačenje cilindra A. Nakon što se cilindar A u potpunosti izvuče, aktivira se granični senzor A1 koji daje signal cilindru B da se izvlači i u isto vreme prekida signal u prvoj grani preko break switch-a K2. Ovaj postupak se naziva Latch-ovanje gde se svaka grana povezuje sa prethodnom i narednom granom i na taj način omogućuje da se neometano obavlja ceo ciklus pokreta bez ikakvog budućeg sudaranja signala koje bi onemogućilo željeni pokret. Nakon što se cilindar B izvuče aktivira se senzor B1 koji daje signal za istovremeno uvlačenje cilindra B i ceo proces se nastavlja na isti način dok se ne završi željeni ciklus.

Sada će se obaviti analiza procesa pomoću put-vreme dijagrama gde će se uporediti pneumatski uređaj za savijanje limova sa pneumatskim upravljanjem i sa elektronskim upravljanjem. Na slici 4 se može videti put-vreme dijagram za pneumatsko upravljanje uređajem.



Slika 4. Put-vreme dijagram za slučaj pneumatskog upravljanja uređajem za savijanje limova

Na slici 5 prikazan je put-vreme dijagram za elektronsko upravljanje uređajem.



Slika 5. Put-vreme dijagram za slučaj električnog upravljanja uređajem za savijanje limova

Nakon što se uporede prethodna dva dijagrama može se zaključiti da je znatno brži odziv signala kod električnog upravljanja iz razloga što je kod pneumatskog upravljanja upravljački signal (stišljiv) vazduh pod pritiskom koji mora da prođe kroz sve pojedinačne elemente taktnih lanaca dok je kod električnog upravljanja upravljački signal električna struja koja se kroz upravljački lanac prenosi znatno brže od vazduha.

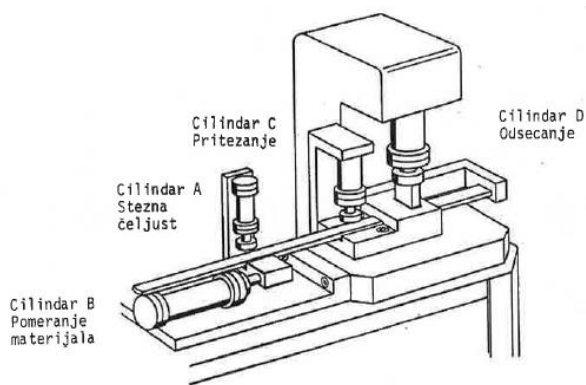
2.2 Uređaj za odsecanje materijala

Na uređaju za odsecanje (slika 6) vrši se sečenje šipkastog materijala u komade iste dužine.

Pomeranje materijala koji se seče se izvodi pomoću pneumatskog cilindra B koji vrši hvatanje šipke pomoću stezne čeljusti A. Kada je material pomeren do graničnika, pomoću cilindra C se vrši pritezanje, a stezna čeljust se otvara i cilindar B se pomera u zadnji položaj. Nakon odsecanja pomoću cilindra D, vraća se i cilindar C u početni položaj, tako da može da počne naredni ciklus.

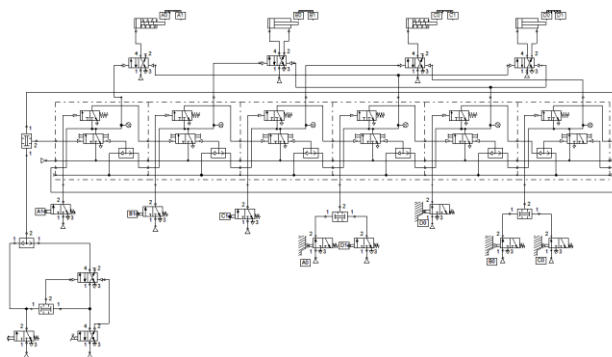
Granični uslovi:

1. Šema mora omogućavati rad u pojedinačnim ciklusima i trajnom ciklusu.
2. Novi ciklus smeđa otpočne tek onda, kada su cilindar B i cilindar C, vraćeni u početni položaj, tj. kada su klipnjače uvučene.



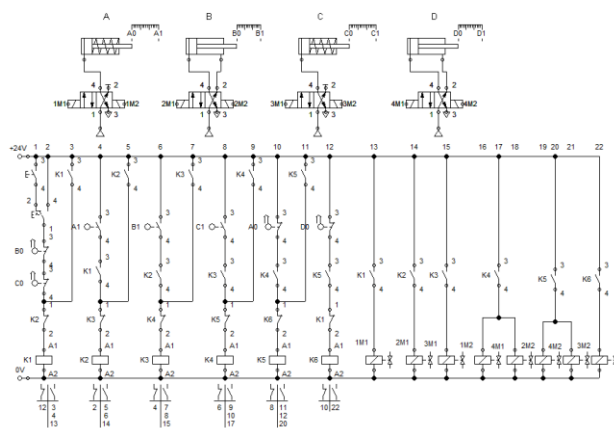
Slika 6. Pneumatski pogonjen uređaj za odsecanje materijala [1]

Na slici 7 prikazana je pneumatska šema uređaja za odsecanje materijala sa ugrađenim graničnim uslovima. Šema je odrađena u programskom paketu FESTO FluidSim primenom taktih lanaca.



Slika 7. Pneumatska šema za uređaj za odsecanje materijala

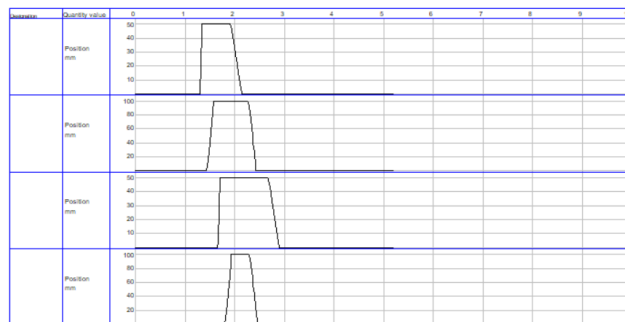
Ceo sistem odrađen i preko elektro-upravljanja u FESTO FluidSim programu (slika 8):



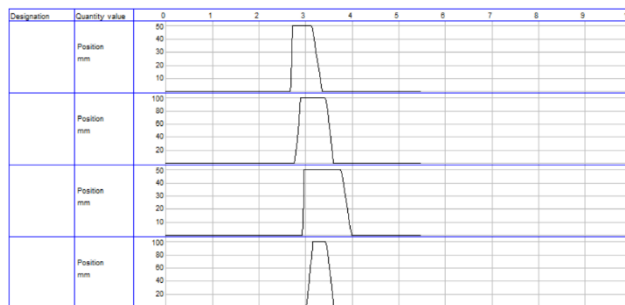
Slike 8. Električna šema za uređaj za odsecanje

Kao što je i u prethodnom slučaju objašnjeno, ceo proces se odvija pomoću solenoidnih ventila, *make* i *break switch*-eva i pomoću *Latch*-ovanja signala u granama.

Kao i u prethodnom primeru uporedna analiza prikazana dva načina upravljanja izvršena je pomoću dijagrama put-vreme. Na slici 9 prikazan je dijagram put-vreme za čisto pneumatsko upravljanje uređajem za odsecanje dok je na slici 10 prikazan put-vreme dijagram za električno upravljanje istim uređajem.



Slika 9. Put-vreme dijagram za pneumatsko upravljanje uređajem za odsecanje



Slika 10. Put-vreme dijagram za električno upravljanje uređajem za odsecanje

Nakon što se uporede prethodna dva dijagrama može se ponovo zaključiti da je znatno brži odziv upravljačkog signala kod električnog upravljanja iz razloga što kod pneumatskog upravljanja signal mora da prođe kroz sve pojedinačne elemente taktih lanaca dok kod elektronskog ne mora.

3. PRORAČUN

3.1 Proračun potrebne količine vazduha pod pritiskom za uređaj za savijanje limova

Za početak će se odrediti zapremina cilindra sa strane klipa i klipnjače posebno, zatim će se te dve zapremine sabrati i pomnožiti sa potrebnim brojem ciklusa.

Potrebni podaci za cilindar jednosmernog dejstva A:

- Maksimalni korak $H = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$
- Prečnik klipa $D = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$

Pošto jednosmerni cilindar dobija vazduh samo sa strane klipa, za njega je potrebno samo tu zapreminu odrediti. Zapremina će se odrediti preko formule:

$$V = A \cdot H = (D^2 \cdot \pi) / 4 \cdot H$$

$$V_A = \frac{0,02^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 0,05 = 0,0000157 \text{ m}^3$$

Ukupna zapremina se dobija množenjem sa brojem ciklusa $n = 300$.

$$V_{Auk} = V_A \cdot 300 = 0,0000157 \cdot 300 = 0,00471 \text{ m}^3$$

Potrebni podaci za cilindre dvosmernog dejstva B i C:

- Maksimalni korak $H = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$
- Prečnik klipa $D = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$
- Prečnik klipnjače $d = 8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$

Cilindri B i C su dvosmernog dejstva pa će kod njih biti potrebno odrediti zapremine i sa strane klipa i sa strane klipnjače.

Za ciklus od $n = 300$ dobija se ukupna količina vazduha za cilindar B.

$$V_{Buk} = 0,0000578 \cdot 300 = 0,01734 \text{ m}^3$$

Za cilindar dvosmernog dejstva C dobija se ista vrednost jer je istih dimenzija kao cilindar B.

$$V_{Cuk} = 0,01734 \text{ m}^3$$

$$V_{uk} = V_{Auk} + V_{Buk} + V_{Cuk} = 0,00417 + 0,01734 + 0,01734 = 0,03885 \text{ m}^3$$

3.2 Proračun potrebne količine vazduha pod pritiskom za uređaj za odsecanje materijala

Kao i kod prethodnog uređaja za početak se određuju količine vazduha za jednosmerne cilindre A i C koji su istih dimenzija kao kod prethodnog uređaja pa se uzima da njihove potrebne količine vazduha za $n = 300$ ciklusa iznose:

$$V_{Auk} = 0,00417 \text{ m}^3$$

$$V_{Cuk} = 0,00417 \text{ m}^3$$

Dok potrebne količine vazduha za cilindre dvosmernog dejstva B i D iznose:

$$V_{Buk} = 0,01734 \text{ m}^3$$

$$V_{Duk} = 0,01734 \text{ m}^3$$

Sada se može doći do ukupne potrebne količine vazduha za uređaj za odsecanje materijala tako što će se sabrati potrebne količine vazduha za prethodna 4 cilindra:

$$V_{uk} = 0,00417 + 0,00417 + 0,01734 + 0,01734 = 0,043 \text{ m}^3$$

4. ZAKLJUČAK

Pneumatski sistemi danas zauzimaju jednu od vodećih uloga u svetu moderne automatizacije. U vremenu ekspozicionog napretka u svetu tehnologije oni opstaju i napreduju zahvaljujući njihovom širokom spektru primene, prilagodljivosti i inovativnošću vodećih kompanija iz ove oblasti.

Dalji razvoj pneumatskih sistema je pod uticajem mikro-elektronike, informacionih tehnologija i primene novih materijala. Upotrebom mikroprocesora se dolazi do ostvarivanja veze između pneumatike i elektronike i omogućava se elektronsko upravljanje pneumatskim sistemima.

Analizom čisto pneumatskog i elektro-pneumatskog upravljanja u data dva primera pneumatskih sistema dolazi se do zaključka da je elektro-pneumatsko upravljanje efikasnije. Poređenjem put-vreme dijagrama za oba slučaja vidi se da je vreme odziva brže kod elektro-pneumatskog upravljanja iz razloga što kod pneumatskog upravljanja signal mora da prođe kroz sve pojedinačne elemente taktnih lanaca dok kod elektronskog signal direktno deluje na solenoidne ventile koji upravljaju aktuatorima.

5. LITERATURA

- [1] Hasebrink, J.P., Kobler, R. (2006) – Grundlagen der Pneumatischen Steuerungstechnik (Osnovi pneumatskog upravljanja), prevod pod recenzijom Zarić, S. FTN, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad.

Kratka biografija:



Ognjen Joković, rođen je u Vrbasu 1994. godine. Mater rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Naftna i gasna tehnika odbranio je 2021. god.

**ПРИЛОГ ИСТРАЖИВАЊУ УТИЦАЈА ПРОЈЕКТНИХ ОДЛУКА НА РАДНЕ
КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСПАРИВАЧА****CONTRIBUTION TO THE RESEARCH OF THE INFLUENCE OF PROJECT
DECISIONS ON THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF EVAPORATORS**

Душан Тојагић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – У раду су приказане основне карактеристике и улога испаривача у расхладном постројењу. Анализиран је математички модел стварања леда на испаривачима, описане важне пројектне одлуке које је потребно на одговарајући начин донети како би рад испаривача био оптималан и одржив.

Кључне речи: Експлоатациони аспекти, ризици у раду постројења, размењивачи топлоте, испаривачи.

Abstract – In this MSc work are shown basic characteristics of evaporators and their role in cooling plants. Also, a frost formation mathematical model is analysed and design decisions were described that are important to be made correctly so that evaporator has optimal and sustainable work.

Keywords: Exploitation aspects, plant operation risks, heat exchangers, evaporators.

1. УВОД

Испаривач представља топлотни апарат, односно тип размењивача топлоте, који има сврху да радни флуид у течном стању преведе у гасовито стање. Углавном је смештен у простор који се хлади и којем се доводи течни расхладни флуид који директно у њему испарава, користећи топлоту окружења која се одводи из хлађеног простора.

Ефекат хлађења у расхладним постројењима се постиже управо у процесу испаравања расхладног флуида, које се одвија у испаривачу. У овом раду ће бити анализиран утицај пројектних одлука на рад испаривача код којих је секундарни флуид ваздух, односно ваздушних хладњака, који примену налазе у комерцијалном и индустријском сектору.

Приликом рада испаривача на температурама нижим од 0°C долази до стварања леда на његовој површини што смањује његову ефикасност. То је неизбежна појава. У индустријским расхладним постројењима чест је случај да стварање леда на површини за размену топлоте драстично смањује ефикасност уређаја и повећава ризик да дође до квара неког дела постројења.

Циљ рада јесте да истражи и прикаже одлуке које могу бити донете како би се минимизирао утицај

стварања леда на перформансе система и одрживост процеса хлађења.

2. ПРИМЕРИ УПОТРЕБЕ ИСПАРИВАЧА

Испаривачи за комерцијалну и индустријску употребу налазе своју примену у најразличитијим областима. Користе се у климатизацији већих простора у којима су присутни људи, попут пословних простора, сала за састанке и серверских соба, као и за хлађење фармацеутских лабораторија, производних простора, расхлађивање машина и процеса у индустрији.

Они се као елемент расхладног постројења често производе у фабрикама које су специјализоване искључиво за производњу размењивача топлоте, што значи да се често испаривач поручује као готов производ који се једноставно монтира и прикључи на цевовод постројења.

Такође, употребу проналазе у производњи и складиштењу осетљивих намирница и производа као што су месо, млечни производи, воће и поврће, цвеће и слично.



Слика 1 - Примена испаривача

**3. ПОДЕЛА И КАРАКТЕРИСТИКЕ
ИСПАРИВАЧА**

Различити типови испаривача користе се у различитим применама и према томе имају и карактеристичне конструкције. У односу на размену топлоте, разликујемо испариваче са природном конвекцијом и са принудном конвекцијом.

До природне конвекције долази због тога што топлота спонтано прелази са тела више на тело ниже температуре. Код испаривача са принудном конвекцијом се уграђује пумпа или вентилатор који имају улогу да поспеше циркулацију флуида који се хлади, и усмере га да струји преко површине за размену топлоте.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Ђорђе Додер, доцент.

У овом делу биће извршена подела испаривача са принудном конвекцијом на основу конструкционих особина. Према конструкцији, испаривачи се могу поделити на испариваче са цевним снопом, са оребреним цевним снопом, и плочасте испариваче.

- Испариваче са цевним снопом одликује одсуство оребрења цеви, што их чини лакшим за одржавање, односно за чишћење и отапање. Цевни сноп овог типа испаривача не чини ништа друго него дугачка савијена цев, која је углавном од бакра или нерђајућег челика.

- Испаривачи са оребреним цевним снопом се користе за хлађење и одvlaживање ваздуха, и састоје се од оребрених савијених цеви које чине цевни сноп. Оребравање цеви се врши да би се повећала површина за размену топлоте, и користе се различити распореди оребрења.

- Код једног типа плочастих испаривача пролаз којим струји радни флуид ствара се између две металне плоче, на којима је утиснут рељеф такав да када се оне заваре једна за другу, формирају исти. Код другог типа плочастих испаривача, савијена цев поставља се између две металне плоче тако да плоче притисну цев. Ивице плоча се заварују једна за другу. Простор између плоча је или испуњен еутектичком смешом или је у њему вакуум.

4. ДОДАТНЕ РАЗЛИКЕ ИЗМЕЂУ ИСПАРИВАЧА СА ОРЕБРЕНИМ ЦЕВНИМ СНОПОМ

Комерцијални и индустријски испаривачи са оребреним цевним снопом се разликују по капацитету и области примене. Постоје модели који имају мали капацитет (10-15 kW) који се користе у мањим и средњим просторима, док постоје и уређаји већег капацитета који се користе за дубоко замрзавање или хлађење великих простора.

Основни типови које разликујемо јесу:

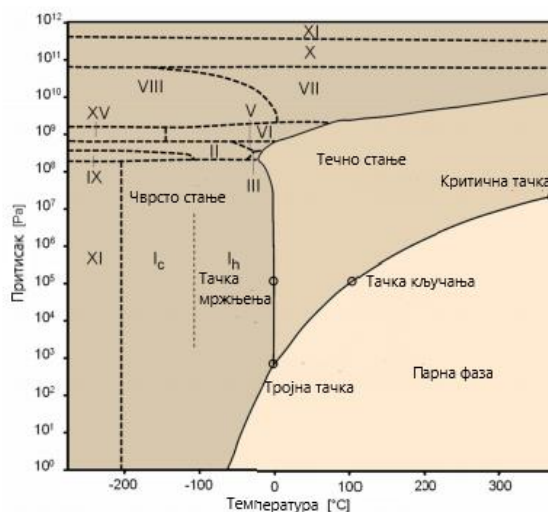
- компактни испаривачи
- кубични испаривачи
- испаривачи са двоструким током
- подни испаривачи

5. ПОЈАВА СТВАРАЊА ЛЕДА НА ПОВРШИНИ ИСПАРИВАЧА

Лед представља чврсто агрегатно стање воде. Као што је приказано на слици 2, на којој је приказан фазни дијаграм воде, у зависности од термодинамичких услова (притиска и температуре), може се уочити петнаест различитих облика леда.

Са друге стране, лед је порозан медијум који се састоји од кристала леда и влажног ваздуха који настаје услед веома специфичног скупа површинских и психрометријских услова. Када влажан ваздух опструји расхлађену површину, долази или до кондензације или до смрзавања. Уколико је температура површине испод температуре тачке росе и изнад температуре тачке смрзавања воде, долази до кондензације воде садржане у ваздуху. Уколико је, ипак, температура површине испод температуре тачке росе и испод температуре тачке смрзавања воде, долази до кондензације и смрзавања воде садржане у

ваздуху. Ипак, уколико су и температура површине и температура тачке росе испод температуре тачке смрзавања, долази директно до десублимације.



Слика 2 - Фазни дијаграм воде

Кристали леда расту у различитим облицима (морфологијама) у зависности највише од температуре и засићености влажног ваздуха.

Процес стварања леда подразумева истовремени пренос топлоте и масе током променљивих термофизичких услова. Сам процес је веома комплексан, те је стога, битно донети одређене претпоставке како би се поједноставила анализа.

- температура свих тачака за размену топлоте је испод 0 °C
- слој леда је равномерно распоређен по целој површини испаривача
- струјање је квази-стационарно
- топлотна проводљивост леда мења се само у зависности од густине леда
- размена топлоте зрачењем између ваздуха и леда је занемарива
- пренос топлоте и масе има једнодимензиони карактер

Пренос осетне и латентне топлоте одвија се симултано у контакту ваздуха и леда:

$$Q = h_a \cdot A_T \cdot (T_{ai} - T_{sur}) + h_m \cdot A_T \cdot i_{sv} \cdot (X_{ai} - X_{sur})$$

где су: h_a — коефицијент прелаза топлоте са стране ваздуха [W/m^2K]

A_T — укупна површина за размену топлоте [m^2]

T_{ai} — температура ваздуха на улазу у испаривач [$^{\circ}C$]

T_{sur} — температура на површини леда [$^{\circ}C$]

h_m — коефицијент прелаза масе [kg/m^2s]

X_{ai} — апсолутна влажност на улазу у испаривач [kg/kg]

X_{sur} — апсолутна влажност на површини леда [kg/kg]

Израз за одређивање температуре на површини леда до ког се долази је:

$$T_s = T_p + \left[\frac{2 \cdot Q - \dot{m}_p \cdot i_{sv}}{2 \cdot k_f \cdot A_T} \right] \cdot \delta_f$$

T_p — температура на површини испаривача [$^{\circ}C$]

$\dot{m}_p$ — количина водене паре која повећава густину слоја леда [kg/s]

i_{sv} — латентна топлота сублимације [J/kg]

k_f – топлотна проводљивост леда [W/mK]

δ_f – дебелина слоја леда [m]

Маса леда накупљеног на површини испаривача повезана је са апсолутном разликом влажности на улазу и излазу ваздуха у испаривач:

$$\dot{m}_f = \dot{m}_a \cdot (X_{ai} - X_{ae})$$

$\dot{m}_a$ – масени проток ваздуха [kg/s]

X_{ae} – апсолутна влажност на излазу из испаривача [kg/kg]

Део водене паре из влажног ваздуха повећава густину леда док остатак паре повећава дебелину самог слоја, па се тако израз за одређивање масе леда може записати као:

$$\dot{m}_f = \dot{m}_p + \dot{m}_r$$

Пад притиска ваздуха при струјању истог кроз сноп цеви испаривача може се одредити изразом:

$$\Delta P_a = \frac{G_{max}^2}{2 \cdot \rho_i} \cdot \left[(1 + \sigma^2) \cdot \left(\frac{\rho_i}{\rho_e} - 1 \right) + f_a \cdot \frac{A_T}{A_{min}} \cdot \frac{\rho_i}{\rho_m} \right]$$

G_{max} – максимални масени флуks [kg/m^2s]

ρ_i – густина ваздуха на улазу у испаривач [kg/m^3]

σ – минимална површина

ρ_e – густина ваздуха на излазу из испаривача [kg/m^3]

f_a – фактор утицаја вентилатора

A_{min} – минимална површина за проток ваздуха [m^2]

ρ_m – густина ваздуха на просечној температури на излазу и улазу [kg/m^3]

6. ПРОЈЕКТНЕ ОДЛУКЕ

Прихватљив, односно задовољавајући пројекат мора да задовољи тражене захтеве за систем и не сме да излази из оквира области примене, материјала који се користе, безбедности као и утицаја на животну средину. У стадијуму пројектовања, фокус није на оптимизацији система, већ на добијању изводљивог и одрживог пројекта.

Иако било која конструкција која испуњава дате захтеве и оквире може бити адекватна за неке примене, генерално је пожељно тражити прихватљив домен по питању цене, лакоће израде, доступности материјала, погодности за наведену област примене, ефикасности у раду и слично.

Главни кораци при доношењу пројектних одлука, односно пројектовања система су:

- одређивање проблема
- формирање концепта
- иницијално идејно решење
- моделовање система
- симулација система
- процена система
- одабир одговарајуће изведбе.

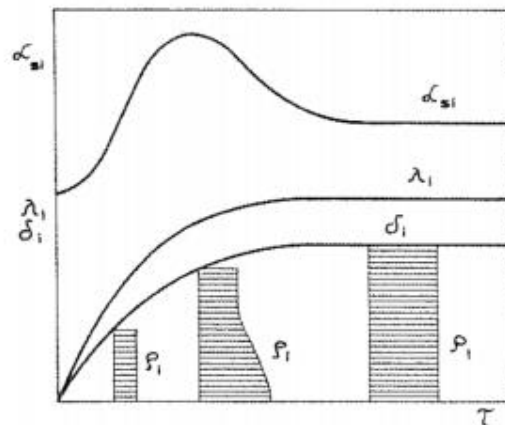
Уобичајене методе које се користе при иницијалном пројекту јесу:

- одабир компоненти које испуњавају тражене услове
- употреба постојећих система
- употреба постојеће инжењерске праксе и стручних сазнања.

Процес стварања иња јесте нестационаран и он у својим раним фазама образује равномерну порозну структуру иња по површини. Порозна структура је

храпава, што доводи до повећања прелаза топлоте 1,5 до 2 пута. Како се процес наставља, расте и дебелина и густина иња што додатно повећава коефицијент прелаза топлоте.

Међутим, у једном моменту новонастало иње попуњава поре и површина иња полако губи на храпавости што доводи до смањења коефицијента прелаза топлоте. На слици 3 може се видети како се у току времена, због повећања дебелине слоја иња, у почетку повећава коефицијент прелаза топлоте, да би после достизања своје максималне вредности почео да опада.



Слика 3. Дијаграм промене коефицијента прелаза топлоте

Иако се размена топлоте боље одвија на почетку када постоји присуство иња, при дужем раду капацитет испаривача значајно опада јер дебелина иња расте што доводи до ефекта да иње представља додатни отпор, то јест изолатор, при размени топлоте.

Одлуке које је важно донети на прави начин односе се на прилагођавање геометрије цеви и оребрења, на одабир типа оребрења и на избор материјала од ког се израђује цевни сноп испаривача, а све то у односу на услове у којима се очекује да испаривач ради (географска локација расхладног постројења, карактеристике климе и микроклиме у том подручју, радни параметри испаривача, расхладни флуид, потребна поузданост постројења...).

6.1. Прилагођавање геометрије цеви и оребрења

Густина оребрења, која се често мери у броју ребара по инчу (*Fins per inch – FPI*), критичан је параметар за пројектовање испаривача. Пренос топлоте се побољшава смањењем размака између ламела и повећањем броја редова цеви.

Последица неповољне геометрије цеви и оребрења јесте управо убрзано стварање леда на цевима и оребрењима, што доводи до повећања пада притиска који се остварује при струјању ваздуха кроз цевни сноп испаривача. Показало се да сама конструкција и нагиб оребрења немају значајан утицај на стварање леда у цевном снопу, већ да на то утиче распоред цеви као и размак између ламела. Уколико се они на правилан начин пројектују, побољшавају се топлотне перформансе апарата и продужава се његово време рада. Када се говори о распореду цеви у снопу, разликујемо два распореда, троугаони и квадратни.

Троугаони распоред представља компактнији начин слагања цеви у сноп, степен турбуленције течности је већи и коефицијент прелаза топлоте је већи, јер се у снопу исте величине добија више цеви у односу на квадратни.

Квадратни распоред цеви је погоднији за спољашње чишћење, али да би се оствариле исте перформансе, димензије снопа цеви морају бити веће у односу на троугаони распоред.

6.2. Одабир типа оребрења

Ребра чине већину површине за размену топлоте испаривача и имају највећи утицај на његов укупни капацитет, пад притиска са ваздушне стране и време рада. Ближе распоређена ребра доприносе већем капацитету, али код њих канали за струјање ваздуха лакше бивају блокирани ледом.

Врста оребрења може значајно да утиче на пренос топлоте и пад притиска кроз сноп цеви испаривача, и на перформансе испаривача у великој мери утиче врста изведене конструкције оребрења.

За примену у условима где се ствара велика количина леда, може се користити променљив размак између ребара, чиме се у првих неколико редова оставља већи размак између ребара чиме се пружа простор за нагомилавање леда, јер се управо у првих неколико редова ствара највећа количина леда.

6.3. Избор материјала цевног снопа

Брзина стварања и густина леда на цевном снопу увелико зависе од карактеристика површине. Научници *Okoroafor* и *Newborough* открили су да количина леда који се ствара на хладним површинама изложеним струјању топлог влажног ваздуха може бити значајно смањена присуством умрежених хидрофилних полимерних превлака. Хидрофилне превлаке у односу на хидрофобне су у предности када се говори о распореду кристала леда и времену за које се ствара лед, међутим, мане примене хидрофилних превлака јесу потребна дебелина превлаке, отпор при размени топлоте као и то што се превлака оштећује при топлотном ширењу. Коришћење новоразвијених фарби против стварања леда на металним површинама може да одгоди појаву истог за најмање 15 минута. Дебелина и маса слоја леда смањује се за отприлике 40% у поређењу са оном на незаштићеној површини метала.

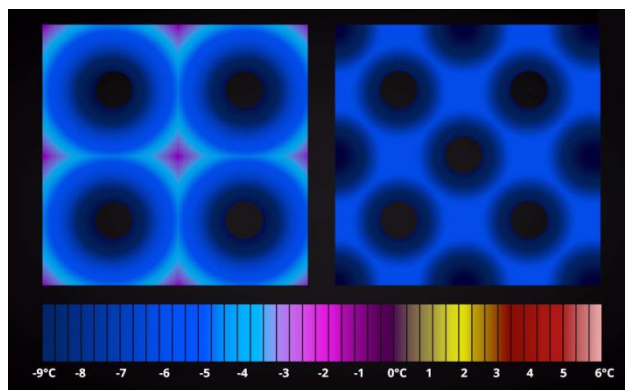
7. МЕРЕ ОТАПАЊА

Иако доношење одговарајућих пројектних одлука приликом пројектовања испаривача може одложити појаву или даље стварање леда, мере које пројектне одлуке прописују некада могу бити технички неизводљиве, или скупе за примену.

Чак и при адекватно донетим одлукама, стварање леда је неизбежно. Једна од подела отапања испаривача може бити према врсти топлотног извора који се користи, па тако имамо екстерне и интерне изворе топлоте. Екстерни извори могу бити електрична енергија (електроотпорно отапање грејачима) и вода. Интерним извором се сматра топли гас (са потиса компресора).

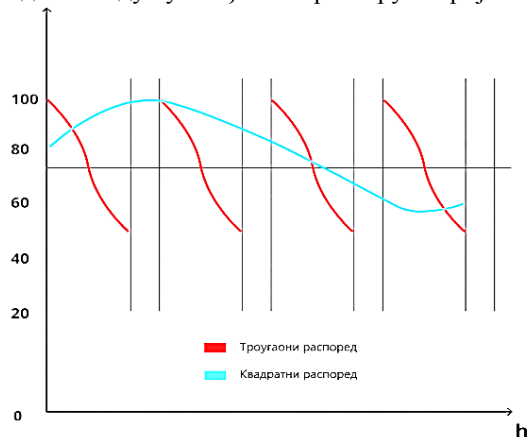
8. СИМУЛАЦИЈА УПОТРЕБЕ КВАДРАТНОГ И ТРОУГАОНОГ РАСПОРЕДА ЦЕВИ

Као што је наведено раније, предност троугаоног у односу на квадратни распоред цеви јесте то што сноп цеви са троугаоним распоредом компактнији, односно заузима мање простора за исти капацитет испаривача, степен турбуленције течности је већи, размењује се већа количина топлоте јер се у снопу налази више цеви. Са друге стране, троугаони распоред узрокује већи пад притиска при струјању ваздуха кроз испаривач.



Слика 4 - Приказ температурских поља

Када се говори о количини размењене топлоте, у општем случају, троугаони распоред одликује боља размена топлоте. Визуелно је то приказано на слици 4, где се види да се између цеви квадратног распореда формирају поља са вишом температуром, што имплицира да се ваздух у хлађеном простору спорије хлади.



Слика 5. Приказ разлике пада ефикасности за два распореда цеви

9. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Како испаривачи проналазе примену у свим деловима света, као елементарни део расхладних постројења, јасно је да, без обзира на географско подручје, треба да омогуће ефикасан и одржив рад постројења. Уколико се упореде средње вредности апсолутне влажности ваздуха и температуре у јулу месецу за подручје Златибора и Београда, користећи израз за одређивање издвојене количине леда може се израчунати разлика у количини леда формираног на испаривачу за ова два локалитета.

За исти период године, односно јул месец, количина леда која се издвоји на испаривачу који се користи у Београду је:

$$\begin{aligned}\dot{m}_f &= \dot{m}_a \cdot (X_{ai} - X_{ae}) = 0,018 \cdot (0,016 - 0,00055) \\ &= 0,0002781 \frac{kg}{s}\end{aligned}$$

односно, то значи да се за 8 часова издвоји 8,01 килограма леда, док је на Златибору:

$$\begin{aligned}\dot{m}_f &= \dot{m}_a \cdot (X_{ai} - X_{ae}) = 0,018 \cdot (0,009 - 0,00055) \\ &= 0,0001521 \frac{kg}{s}\end{aligned}$$

тј. за 8 часова се издвоји 4,38 килограма леда. Дакле, скоро дупло већа количина леда се формира на површини испаривача који се користи у Београду у односу на испаривач који се користи на Златибору. На основу кратког прорачуна, као и слика 5, закључује се да ће испаривач коришћен у средини са вишом релативном, односно апсолутном влажношћу, уколико се користи троугаони распоред цеви, доста чешће имати застоје у раду ради отапања формираног леда са површине испаривача, као и да ће пад притиска са ваздушне стране бити већи.

Одатле следи да је при пројектовању испаривача за подручје у близини река или мора, односно за подручја са вишом влажношћу ваздуха, оптимално решење квадратног распореда цеви. Коришћењем испаривача са квадратним распоредом цеви, да би се постигао исти капацитет, потребно је повећати габарите цевног снопа. Коришћењу овог типа испаривача се не приступа једино када простор ограничава димензије испаривача.

Међутим, коришћење овог типа геометрије цеви представља оптимално решење и оно је повољније зато што испаривач дуже остаје у радном режиму и спорије му опада ефикасност.

10. ЗАКЉУЧАК

Сазнања прикупљена у овом раду имају неколико практичних импликација за помоћ при пројектовању савремених испаривача, вентилатора, система за отапање и стратегија за управљање.

Иако је у овој области постигнут значајан напредак, простора за даље студије има и очекује се да исте допринесу развијању начина за ублажавање негативних ефеката развијања леда на површинама испаривача. Из перспективе индустријске примене, вероватно би највише пажње требало посветити процесима отапања и оптимизацији геометрије испаривача.

11. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Fricke B., Elatar A. и Nawaz K. (2018.), A Critical Literature Review of Defrost Technologies for Heat Pumps and Refrigeration systems. Oak Ridge State Lab
- [2] Hermes Ch., Boeng J., Da Silva D., Knabben F. и Sommers A. (2021.). Evaporator Frosting in Refrigerating Appliances: Fundamentals and Applications. MDPI, Швајцарска
- [3] O'Neal D.L. (1982.). The Effect of Frost Formation on the Performance of a Parallel Plate Heat Exchanger. Универзитет Вест Лафажет, САД.
- [4] Seker D., Karatas H., Egriçan N. (2003.). Frost formation on fin-and-tube heat exchangers. Part I – Modeling of frost formation on fin-and-tube heat exchangers. Универзитет Једитепе, Истанбул, Турска.

Кратка биографија:



Душан Тојагић рођен у Новом Саду 1997. године. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Расхладна техника – „Технике управљања у расхладној техници“ одбранио је 2020. године.

контакт: tojagic.dus@gmail.com

ANALIZA RADA INDUSTRIJSKOG PRETVARAČA UČESTANOSTI PRI GRANIČNIM USLOVIMA NAPAJANJA**INDUSTRIAL VARIABLE SPEED DRIVE PERFORMANCES ANALYSIS IN POWER SUPPLY OPERATING LIMITS**Slaviša Vasić, Dragan Milićević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je rad pretvarača učestanosti pri sniženom, odnosno povišenom naponu napajanja za 10 %, odnosno 20 %. Praktično ispitivanje izvedeno je na postavci koja se sastojala od dvije krutom vezom povezane asinhronne mašine napajane iz dva pretvarača učestanosti. Pretvarač učestanosti čiji se rad ispituje je Danfoss FC302, a drugi pretvarač je ABB ACS 880. Rad pri sniženom, odnosno povišenom naponu obezbeđuje ispitna platforma Cinergia B2C+ koja napaja pretvarač učestanosti preko jednosmjernog međukola. Rad pretvarača je ispitan za različite načine upravljanja, U/f, VVC+ i vektorsko upravljanje.

Ključne reči: Pretvarač učestanosti, asinhrona mašina

Abstract – Industrial variable frequency drive performance at reduced or increased supply voltage by 10 % and 20 % is presented in this paper. A practical test was conducted on two mechanically coupled induction machines powered by two variable frequency drives. The variable frequency drive whose performance is being tested is Danfoss FC302, and the drive whose role is to supply the second machine is ABB ACS880. DC bus supply voltage for the tested drive is provided by the Cinergia B2C+. Operation of the drive was conducted for different control principles, U/f, VVC+, and vector control principle.

Keywords: Variable frequency drive, induction machine

1. UVOD

U modernim elektromotornim pogonima, pretvarači učestanosti su nezamjenljivi, a njihovom upotrebom je omogućena automatizacija određenih proizvodnih procesa. Neki proizvodni procesi zahtijevaju određenu brzinu ili momenat koju električna mašina daje na svom vratilu. Ukoliko brzina ili momenat ne bi imali željene vrijednosti, čitav proizvodni proces bi mogao biti ugrožen. Pretvarači učestanosti koji napajaju električne mašine u normalnim uslovima rada mogu da obezbijede potrebno napajanje za održavanje procesa, međutim postavlja se pitanje šta će se desiti ukoliko samo napajanje pretvarača učestanosti nije nominalno, odnosno ukoliko pretvarač radi pri graničnim uslovima napajanja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Milićević, vanr. prof.

Rad pri graničnim uslovima napajanja podrazumijeva rad pri sniženom, odnosno povišenom naponu napajanja.

Sniženi naponi, odnosno podnaponi se mogu podijeliti u dvije kategorije, a to su kratkotrajni podnaponi i dugotrajni podnaponi. Isto tako povišeni naponi se dijele na kratkotrajne nadnapone i dugotrajne nadnapone.

Kratkotrajni podnaponi koji se još nazivaju i propadima napona. Po IEC standardu (*Voltage Dips*) oni se definišu kao smanjenje amplitude napona, odnosno amplituda napona se nalazi u granicama od 1 % do 90 % vrijednosti nominalnog napona u periodu od 10 ms do 1 min. Po IEEE standardu (*Voltage Sags*) amplituda napona se nalazi u granicama od 10 % do 90 % vrijednosti nominalnog napona. Propade napona mogu da uzrokuju kratki spojevi u mreži, uključivanje potrošača velike snage kao što su asinhronne mašine, kao i veliki reaktivni potrošači.

Dugotrajni podnaponi se nazivaju jednostavno podnaponima i njihovo trajanje je duže od jednog minuta. Neki od uzroka dugotrajnih podnapona mogu biti preopterećeni vodovi ili velika impedansa voda.

Kratkotrajni nadnaponi (*Voltage Swells* ili *Voltage Spikes*) se još nazivaju i prebačajima napona, dok se dugotrajni nadnaponi kratko nazivaju nadnaponima. Uzroci pojave nadnapona mogu biti atmosferska pražnjenja, naglo smanjenje potrošnje ili jednopolni kratki spojevi.

Predmet ovog rada je istraživanje pogonskih karakteristika industrijskog pretvarača učestanosti pri trajnom radu u uslovima napajanja naponom manjim odnosno većim od nazivnog, odnosno rada u trajnim podnaponskim i nadnaponskim uslovima napajanja.

2. POSTAVKA ZA IZVOĐENJE EKSPERIMENATA

Za potrebe ispitivanja rada pretvarača učestanosti pri graničnim uslovima napajanja neophodno je da asinhrona mašina koju pretvarač napaja (pogonska mašina dalje u tekstu) bude mehanički opterećena. Opterećenje se obezbeđeno drugom asinhronom mašinom (opteretna mašina dalje u tekstu) koja je povezana krutom vezom sa prvom mašinom. Opteretna mašina se takođe napaja iz pretvarača učestanosti. Pogonsku mašinu napaja pretvarač učestanosti *Danfoss FC 302* čiji se rad pri graničnim uslovima napajanja i ispituje. Da bi se mogao ispitati rad pri graničnim uslovima napajanja, odnosno pri sniženom i povišenom naponu mreže, pretvarač učestanosti se ne napaja direktno sa mreže, nego preko jednosmjernog međukola sa platforme *Cinergia B2C+* koja obezbeđuje potreban napon jednosmjernog međukola i na taj način simulira dugotrajne prenapone i podnapone koji se mogu pojaviti u mreži. Napajanjem ispitivanog pretvarača

učestanosti na ovaj način je omogućen i generatorski režim rada pogonske mašine odnosno rad pretvarača učestanosti i u invertorskom i u ispravljačkom režimu rada. Opteretna mašina se napaja preko četvorokvadrantnog pretvarača učestanosti ABB ACS880, koja ima mogućnost vraćanja energije u mrežu.

Pogonska i opteretna mašina su asinhronne mašine proizvođača *Končar* i namijenjeni su za široku primjenu u najrazličitijim elektromotornim pogonima. Pogonska mašina je snage 1,1 kW, a opteretna 1,5 kW. Opteretna mašina je veće snage jer je prilikom izvođenja oglada potrebno pogonsku mašinu dovesti u stanje preopterećenja. Obje mašine su u IE2 klasi efikasnosti.

Cinergia B2C+ (*Bidirectional Battery Charger*) je ispitna platforma koja može da se koristi za ispitivanje obnovljivih izvora energije, baterija, električnih vozila, stanica za punjenje i za mnoge druge primjene. U ovom slučaju B2C+ se koristi samo za davanje konstantnog napona pretvaraču učestanosti preko jednosmjernog međukola. Zbog toga je potrebno B2C+ postaviti u paralelan, unipolarni režim rada.

2.1. Principi upravljanja i regulacije brzine i momenta pogonske mašine

Pojavom pretvarača energetske elektronike, omogućen je veliki broj načina za upravljanje i regulaciju brzine i momenta mašina naizmjenične struje. Mnogi od tih principa su bili poznati i ranije, međutim bez pretvarača energetske elektronike nije bila moguća njihova praktična primjena. Pretvarači učestanosti imaju ulogu da upravljaju brzinom i momentom električne mašine tako što napon mreže 400 V, 50 Hz pretvaraju u napon željene amplitude i učestanosti.

U/f upravljanje počiva na ideji da je brzina obrtanja asinhronog motora direktno proporcionalna učestanosti. Povećavanjem, odnosno smanjivanjem učestanosti, mijenja se i brzina obrtanja. Ukoliko se samo mijenja vrijednost učestanosti, onda će se mijenjati i fluks, odnosno vrijednost indukcije u mašini. Smanjivanjem učestanosti, dolazi do povećanja fluksa, odnosno indukcije i mašina može da uđe u zasićenje. Sa druge strane, povećavanjem učestanosti dolazi do smanjenja fluksa, odnosno indukcije, a to znači da će doći do smanjenja momenta koji motor razvija.

Da bi fluks u mašini ostao stalan, odnos napona i učestanosti mora da bude stalan: $U/f = \text{const}$. Zbog toga se ovo upravljanje naziva U/f upravljanje ili skalarno upravljanje, zbog toga što se upravlja modulom statorskog napona i učestanošću, veličinama koje su skalari.

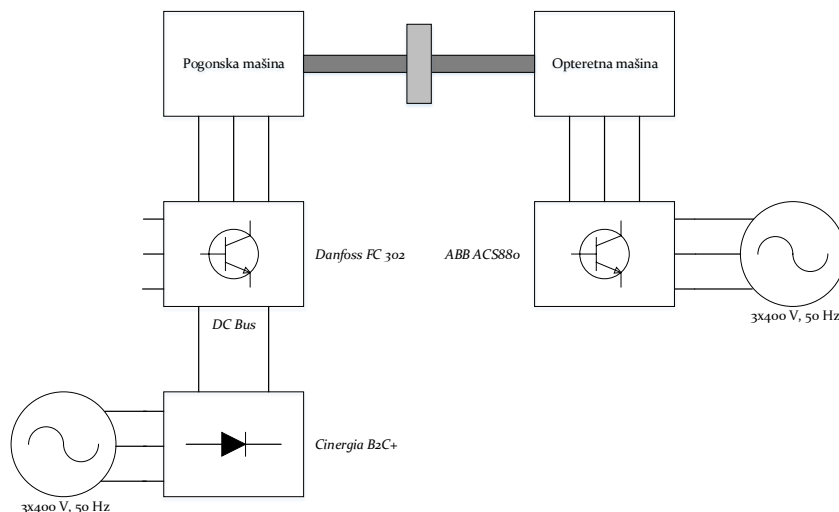
VVC+ upravljanje se primjenjuje ukoliko je potrebno da brzina bude nezavisna od opterećenja. Prilikom povećanja momenta opterećenja, brzina obrtanja opada, a raste klizanje. Na većim brzinama to ne predstavlja problem, međutim pri malim brzinama obrtanja, povećanjem momenta opterećenja, klizanje više nije zanemarivo. Da bi se ostvarila kompenzacija klizanja, potrebno je koristiti U/f upravljanje u zatvorenoj petlji. Vrijednost klizanja se može računati na osnovu mjerene brzine obrtanja pomoću enkodera ili na osnovu mjerenih statorskih struja.

Vektorsko upravljanje se koristi u pogonima u kojima je dinamika veoma bitna. Ideja vektorskog upravljanja je da se fluksom i momentom asinhronne mašine nezavisno upravlja pomoću dva vektora struje, slično upravljanju mašinom jednosmjerne struje, gdje se fluksom upravlja preko napona pobude, a momentom preko struje armature. Na taj način asinhronna mašina postaje linearni konvertor momenta, čije su dinamičke karakteristike bolje i od dinamičkih karakteristika mašine jednosmjerne struje.

U sprovedenim ogledima, pogonska mašina se napajala iz pretvarača učestanosti koje je kontrolisan u sva tri opisana algoritma upravljanja - U/f, VVC+ i vektorsko upravljanje.

3. EKSPERIMENTALNA PROVJERA

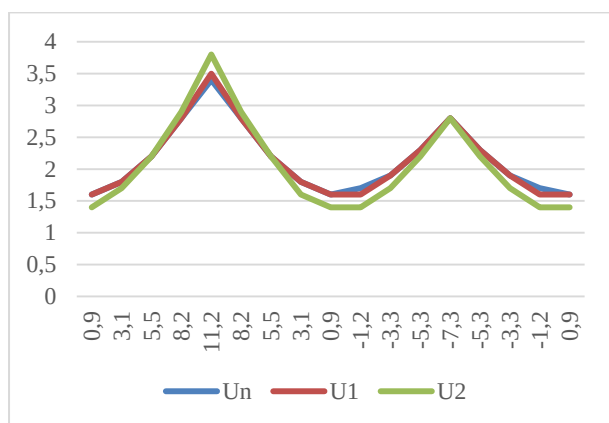
Eksperimenti su izvedeni pri nominalnom naponu napajanja, naponima sniženim za 10 % i 20 %, odnosno naponima povišenim za 10 % i 20 %. Pogonska mašina se obrće nominalnom brzinom koja iznosi $1400 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$. Pretvarač učestanosti koji napaja opteretnu mašinu je u momentnom režimu rada, a nominalni momenat opteretne mašine iznosi $M_n = 10,1 \text{ Nm}$. Opteretnoj mašini se redom zadaju momenti: $0\% M_n$, $-25\% M_n$, $-50\% M_n$, $-75\% M_n$, $-100\% M_n$, $-75\% M_n$, $-50\% M_n$, $-25\% M_n$, $0\% M_n$, $25\% M_n$, $50\% M_n$, $75\% M_n$, $100\% M_n$, $75\% M_n$, $50\% M_n$, $25\% M_n$, $0\% M_n$.



Slika 1. Blok šema eksperimentalne postavke

3.1. U/f upravljanje

Kada je primjenjeno U/f upravljanje pri naponu sniženom za 10 %, pretvarač učestanosti radi kao i pri nominalnim uslovima napajanja, brzine se kreću u istim granicama prilikom promjene opterećenja i dolazi do blagog povećanja struje asinhronne mašine. Pri naponu napajanja sniženom za 20 %, brzina je manja nego pri nominalnom naponu napajanja i ta razlika se povećava sa povećanjem opterećenja. U ovom slučaju dolazi do značajnijeg povećanja struje, ali je to povećanje u granicama dozvoljenog sa aspekta strujnog ograničenja pretvarača učestanosti (Slika 2). Pri sniženim naponima napajanja, usled pada reaktivne snage koju pretvarač predaje mašini, aktivna komponenta struje postaje veća nego što je bila pri nominalnom napajanju. Pretvarač ne gubi kontrolu nad mašinom prilikom dostizanja maksimalnog opterećenja, pri sniženim naponima. Pretvarač učestanosti se pri naponima napajanja povećanim za 10 % odnosno 20 % ponaša gotovo isto kao i pri nominalnom naponu napajanja. Brzine se kreću u istim granicama prilikom promjene opterećenja, a dolazi do blagog povećanja struje pri naponu napajanja povećanom za 20% u odnosu na slučaj pri nominalnom naponu napajanja.



Slika 2. Struje pogonske mašine

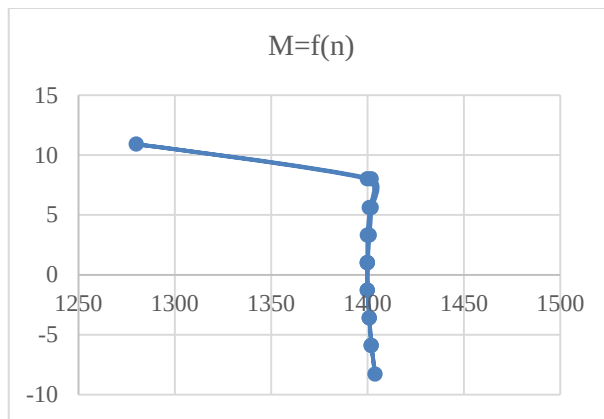
3.2. VVC+ upravljanje

Rad pretvarača sa primjenjenim VVC+ upravljanjem je ispitan za 0 % kompenzacije klizanja, odnosno kao potkompenzovan sistem, za 76 % kompenzacije i za 100 % kompenzacije klizanja, odnosno kao prekompenzovan sistem.

Za 0 % kompenzacije klizanja, pretvarač se ponaša gotovo isto kao i prilikom U/f upravljanja pri nominalnom i naponu napajanja sniženom za 10 %. Pri naponu napajanja sniženom za 20 % pretvarač kada je mašina opterećena maksimalnim opterećenjem gubi kontrolu nad mašinom, što nije bio slučaj kod U/f upravljanja. Pri povećanim naponima napajanja pretvarač radi bez ikakvih problema, vrijednosti brzine i struje se kreću u istim granicama kao i pri nominalnom naponu napajanja.

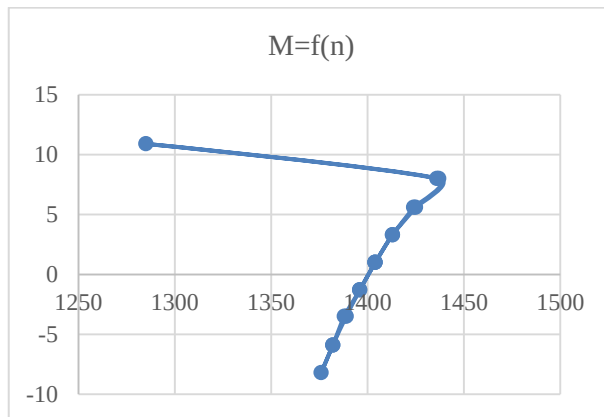
Za 76 % iznos kompenzacije klizanja pretvarač učestanosti pri nominalnom naponu napajanja održava brzinu na približno zadatoj vrijednosti. Pri naponu napajanja sniženom za 10 % pretvarač održava brzinu na zadatoj brzini, osim za maksimalno opterećenje, kada brzina naglo opada i pretvarač gubi kontrolu nad mašinom (Slika 3). Isti slučaj se dešava i pri naponu napajanja sniženom

za 20 %. Iako struja ne dostiže maksimalnu vrijednost koju pretvarač dozvoljava, brzina opada. Pretpostavka je da algoritam VVC+ upravljanja ne uspostavlja na pravilan način vezu između merenih veličina, pre svega faznih struja mašine, i klizanja odnosno brzine vratila mašine. Sprega po brzini je otvorena i pretvarač nema informaciju da je brzina opala, pa ne predaje veću struju mašini. Pri povećanim naponima napajanja, pretvarač održava brzinu na zadatoj vrijednosti, odnosno radi normalno, kao i pri nominalnim uslovima.



Slika 3. Momenat u zavisnosti od brzine pogonske mašine

Za iznos 100 % kompenzacije klizanja, sistem radi kao prekompenzovan. Prilikom povećanja opterećenja dolazi do povećanja brzine mašine (Slika 4). Slično kao i u slučaju 76 % kompenzacije, pri sniženim naponima prilikom dostizanja maksimalnog opterećenja dolazi do naglog pada brzine i pretvarač gubi kontrolu nad mašinom. Pri povećanim naponima napajanja pretvarač radi kao i pri nominalnim uslovima, uz malo povećanje struje koju uzima mašina.



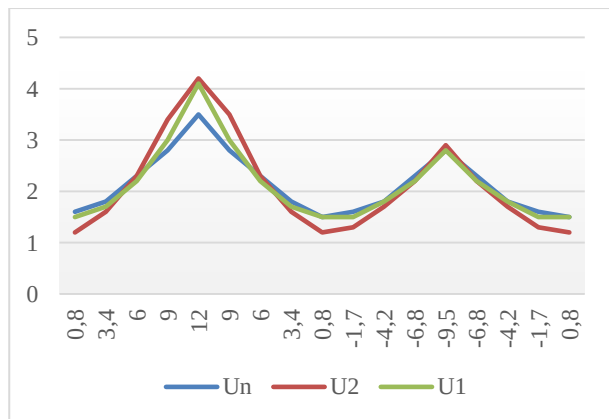
Slika 4. Momenat u zavisnosti od brzine pogonske mašine

3.3. Vektorsko upravljanje

Vektorsko upravljanje predstavlja najsloženiji vid upravljanja mašinom od svih gore navedenih načina upravljanja, jer se radi u zatvorenoj sprezi po brzini i neophodan je senzor brzine. Pri nominalnim uslovima napajanja pretvarač održava brzinu na tačno zadatoj vrijednosti. Pri naponu napajanja sniženom za 10 % pretvarač za sva opterećenja održava zadatu brzinu, a vrijednost struje je veća nego pri nominalnim uslovima napajanja. Prilikom dostizanja maksimalnog opterećenja, vrijednost struje dostiže granice koje pretvarač

dozvoljava i u tom režimu može da radi određeno vrijeme nakon čega dolazi do isključenja pretvarača (prema informacijama iz uputstva za 160 % opterećenje što je ujedno i strujno ograničenje pretvarača, nakon 1 minuta rada dolazi do isključenja pretvarača).

Pri naponu napajanja sniženom za 20 %, pretvarač ne može za maksimalno opterećenje da održi brzinu jer struja prelazi granice dozvoljenog i on gubi kontrolu nad mašinom. Pri povećanim naponima napajanja pretvarač održava brzinu konstantnom.



Slika 5. Struje pogonske mašine pri nominalnom (U_n) naponu sniženom za 20% (U_2) i naponu sniženom za 10% (U_1)

4. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da asinhrona mašina napajana iz pretvarača učestanosti pri naponu napajanja sniženom za 10 %, odnosno 20 %, može da razvije nominalan momenat i da ima sposobnost održavanja zadate brzine. Problem nastaje pri preopterećenju mašine, kada pretvarač gubi kontrolu nad mašinom, što u nekim pogonima može da predstavlja problem.

Primećeno je i to da su mehanizmi rada pri preopterećenju značajno drugačiji za različite primenjene kontrole.

U slučaju U/f upravljanja pretvarač nije „ispadao“ iz rada ali je radio sa značajnom greškom u brzini. VVC upravljanje je sa druge strane pokazivalo totalni gubitak kontrole u slučajevima preopterećenja ali ponašanje je zavisilo od nivoa podešenog stepena kompenzovanja klizanja.

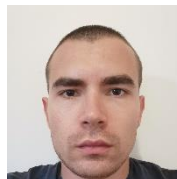
Zbog zatvorene povratne sprege po brzini, vektorsko upravljanje se pokazalo kao način upravljanja koji je najviše otporan, u smislu održavanja zadate brzine, ali sasvim logično i u ovom slučaju se kontrola gubila u slučajevima trajnog preopterećenja kada pretvarač nije imao kapaciteta da obezbedi adekvatno napajanje mašini.

Pri povećanim naponima napajanja nije primećen problemu radu pretvarača. To je i očekivano jer testirani pretvarač klasifikovan da mu je dozvoljen trajan rad pri naponu napajanja do 500 V, 50 Hz

5. LITERATURA

- [1] Marko Vekić, *Kvalitet električne energije*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad predavanja, 2021.
- [2] Slobodan N. Vukosavić, *Električne mašine*, Akademska misao, Beograd, 2010.
- [3] Veran Vasić, Đura Oros, *Energetska elektronika u pogonu i industriji*, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2012.
- [4] Zvonko Benčić, Boris Košuljandić, *Najvažnije o frekvencijskim pretvaračima*, Zagreb, 2009.
- [5] Darko P. Marčetić, *Mikroprocesorsko upravljanje energetskim pretvaračima*, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2014.
- [6] Končar – Mes d. d. Elektromotori, katalog, 2019.
- [7] Cinergia – Bidirectional Battery Charger (B2C+), Installation and operation manual.
- [8] Danfoss drives, Operating Guide.
- [9] ABB ACS880, Firmware manual.

Kratka biografija:



Slaviša Vasić rođen je 1997. god. u Bijeljini. Diplomski rad na temu „Generatorski režim rada trofazne kavezne asinhronne mašine napajane iz pretvarača učestanosti“ je odbranio 2020. godine.



Dragan Milićević rođen je 1977. god. u Tuzli. U zvanje vanrednog profesora je izabran 2019. god. Oblast interesovanja su višefazne mašine, elektromotorni pogoni i obnovljivi izvori električne energije.

ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА КОМБИНОВАНЕ ГЕОПРОСТОРНЕ, ВРЕМЕНСКЕ И ТЕКСТУАЛНЕ ПРЕТРАГЕ**THE IMPLEMENTATION OF COMBINED GEOSPATIAL, TEMPORAL AND TEXTUAL SEARCH**

Александар Јеремић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У раду је приказана комбинација геопросторне, временске и текстуалне претраге у оквиру веб апликације за претраживање догађаја у неком граду. Решење је имплементирано коришћењем Еластисеарџ сервера за претрагу докумената. Такође за имплементацију је коришћен Спринг радни оквир, као и Ангулар за имплементацију клијентске стране.

Кључне речи: Elasticsearch, геопросторна претрага, временска претрага, текстуална претрага

Abstract – In this work, a combined geospatial, temporal and textual search within a web application for searching events in a city was shown. The solution was implemented using Elasticsearch server for document search. Additionally, Spring framework was used for the implementation, as well as Angular for the implementation of the client's part.

Keywords: Elasticsearch, geospatial search, temporal search, textual search

1. УВОД

Задатак овог рада је да се направи веб апликација која ће помоћи корисницима да брже дођу до информације који догађаји се дешавају у њихом граду или граду који желе да посете. Културни, музички, спортски и други догађаји обједињени су у једну апликацију која има циљ да крајњем кориснику, у зависности од његове претраге да информацију о времену одржавања и детаљима догађаја који ће бити исцртани на мапи, на локацији њиховог одржавања. Главни акценат овог рада дат је геопросторној, временској и текстуалној претрази помоћу Elasticsearch сервера.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ**2.1 Дигитални документ**

Дигитални документ је рачунарски обрађена информација којом се рукује као основном јединицом обраде. Лични рачунари су данас доступни већини становништва, а поред њих и разни други уређаји који су опремљени потребним хардвером и софтвером који омогућује креирање и конзумирање различитих дигиталних докумената [1].

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Ивановић, ред. проф.

Метаподаци - представљају податке о документу, односно то су подаци о подацима.

Метаподатке користимо како бисмо боље организовали колекције докумената и тако преглед докумената прилагодили корисницима. Осим тога, метаподатке можемо користити и за класификацију докумената. Они могу битно унапредити како квалитет тако и могућност претраге колекције дигиталних докумената, а можемо их користити и за сортирање и филтрирање резултата претраге [1].

2.2 Проналажење информација

Када говоримо о проналажењу информација (енг. Information retrieval) морамо прво рећи да је то област која се бави техникама за репрезентацију, складиштење, организацију, приступ и проналажење информација. Поменуте технике треба да обезбеде проналажење материјала неструктуриране природе, најчешће текстуалних докумената, и то у оквиру велике колекције која задовољава корисникове потребе за информацијама. Претраживање је процес обраде упита и проналажење информација које корисник тражи и укључује технике за ефикасан приступ и проналажење информација у претходно креираним индексима у процесу индексирања [1].

2.3 Текстуална претрага

Текстуални дигитални документи се састоје од речи. Речи представљају одређени број знакова који се појављује у тексту. Токен представља инстанцу речи која се појављује у тексту у оквиру области проналажења информација. Док терм представља једну класу еквиваленције речи. Уколико се речи, након примене одређених правила за претпроцесирање текста, свode на исти низ знакова, онда припадају истој класи еквиваленције. Квалитет система за претрагу текстуалних дигиталних докумената умногоме зависи од правила за претпроцесирање текста која су различита.

2.4 Геопросторна претрага

Документ може да садржи податке о локацији, док локација може да се односи на више ствари као на пример где је документ настао, где се документ налази итд. Претрагу докумената такође можемо вршити на основу тих информација. Таква претрага назива се геопросторна.

2.5. Временска претрага

Помоћу временске претраге можемо да претражујемо документе који од података имају датум тј. информацију о времену. То време може бити датум креирања документа, датум измене документа, датум отварања документа итд. Приликом претраге потребно је дефинисати временску зону, да би се датум и време на основу ког претражујемо поклопио са временском зоном документа.

3. КОРИШЋЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Јава је објектно-оријентисан програмски језик. Један је од најпопуларнијих програмских језика на свету.

Кажемо да је објектно-оријентисан програмски језик јер подржава концепте објектно – оријентисаног програмирања као што су: класе, објекти, унаређење, наслеђивање, полиморфизам, преклапање и прекривање метода, интерфејсе, апстрактне класе, итд.

Спринг је радни оквир за Јава платформу, који обезбеђује свеобухватни модел програмирања и конфигурације за модерне пословне апликације засноване на језику Јава. Спринг радни оквир је оквир отвореног кода са изузетно квалитетном подршком за развој апликација, што омогућује инжењерима да се фокусирају на писање пословне логике [3].

Спринг је популаран из неколико разлога, пре свега због поједностављеног тестирања кода, смањења управљачког кода и архитектурне флексибилности.

Предности Спринг радног оквира су што је минимално зависан ка другим библиотекама и оквирима. Такође предност спринга је што не тера програмера да наследи неку класу или имплементира интерфејсе, а омогућава креирање скалабилних апликација користећи *POJO (Plain old Java Object)*. Главни концепти Спринг радног оквира су инверзија контроле (енг. *Inversion of Control*) и повезивање објеката коришћењем инјекције зависности (енг. *Dependency injection*).

Elasticsearch је дистрибуиран и отворен механизам за претраживање и анализу свих врста података, укључујући текстуалне, нумеричке, геопросторне, временске, структуриране и неструктуриране податке. *Elasticsearch* је централна компонента *ElasticStack* - а, скупа алата који су бесплатни и отвореног кода и који служе за уношење података, складиштење, анализу и визуелизацију. *Elasticsearch* је базиран на *Lucene* -у, развијен у Јава програмском језику и објављен као пројекат отвореног кода под условима *Apache* лиценце. Претраживање се састоји од једног или више упита који се комбинују и шаљу *Elasticsearch*-у. Документи који одговарају упитима претраживања враћају се у поготке или резултате претраживања. Претраживање такође може садржати додатне информације које се користе за бољу обраду упита. На пример, претрага може бити ограничена на одређени индекс или само дати одређени број резултата [11].

ElasticSearch подржава два типа поља за геопросторну претрагу, поље типа *geo_point* које подржава парове географска ширина-географска дужина и *geo_shape* поље које подржава тачке, линије, полигоне, итд. [12]

Упит за опсег (*Range query*) проналази документе са пољима који имају вредности у задатом опсегу. Тип *Lucene* упита зависи од типа поља, за поља која имају тип стринг, користи се *TermRangeQuery*, док се за поља која су типа број или датум корисити *NumericRangeQuery* [14].

Ангулар представља платформу и окружење које се користи за креирање ефикасних клијентских *SPA (Single Page application)* коришћењем *HTML*-а и *typescript*-а. Код Ангулара је јако битно да се направи разлика између *Angular.js* радног оквира и *Anglura.io* радног оквира. Прва настала верзија Ангулара је *Angular.js* радни оквир, који у својој синтакси користи *JavaScript* језик. Код *Anglura.io* се за синтаксу користи *typescript* и он се посебним компајлерима преводи у *JavaScript*.

Његов основни елемент је модул који служи да обједини компоненте, директиве, сервисе, разне функције па и друге модуле у једну логичку целину која се касније може користити самостално. Модули служе да окупе сличан код по функционалности који се назива модул корен (*root module*) око кога се касније по потреби надограђују остали модули.

Leaflet је водећа *JavaScript* библиотека отвореног кода за интерактивне мапе прилагођена за рад како на десктоп рачунарима тако и на мобилним уређајима. Заузима само 39Кб и има све функције мапирања које су већини програмера потребне.

4. СПЕЦИФИКАЦИЈА

У раду је имплементирана веб апликација за претраживање догађаја на мапи. Догађаји се исцртавају на мапи на основу упита корисника. Корисник задаје место тј. град за који хоће да претражи догађаје и опционо уноси датум на основу кога ће се приказивати догађаји, као и категорију догађаја. Датум може да буде данашњи дан, неки дан у будућности или временски интервал између два унесена датума.

Корисник такође има могућност претраге самих догађаја на основу назива или описа догађаја. Након таквог упита кориснику ће бити излистани догађаји који задовољавају упит, након чега он бира догађај који жели да прегледа.

Приликом креирања догађаја задаје се његова географска локација тј. географска ширина и географска дужина места на којем се одржава. На тај начин се догађај на мапи исцртава на месту свог одржавања. Апликацију могу да користе и корисници који нису регистровани на систем, односно могу да претражују и прегледају догађаје. Додавање догађаја и њихову измену могу вршити само корисници који су регистровани на систем и који имају улогу уредника у том систему. Главни акценат апликације јесте на претраживању догађаја на основу геопросторне и временске претраге, односно претраживање на основу локације и датума одржавања догађаја.

Архитектура система апликације за претраживање догађаја на мапи је следећа:

- *Backend* део тј. апликација на серверској страни,

- *Frontend* део тј. апликација на клијентској страни,
- *Elasticsearch* и
- Релациона база података.

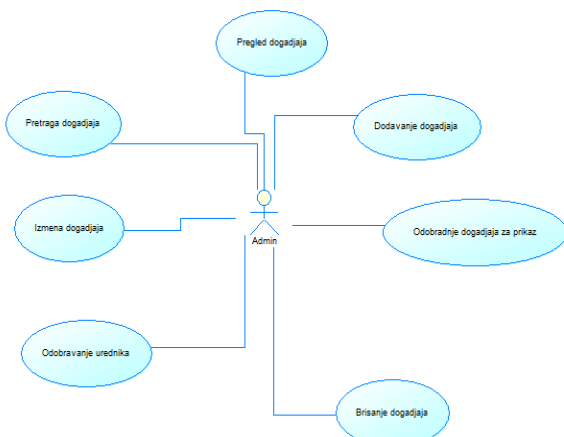
Backend апликација имплементирана је у Јава програмском језику уз помоћ Спринг радног оквира. Представља главни део апликације јер је овај део задужен за комуникацију са свим деловима апликације.

Клијентска страна апликације имплементирана је уз помоћ Ангулар радног оквира. Она је задужена за обраду података добијених са серверске стране и њихово приказивање крајњем кориснику. Тако се на клијентској страни налази мапа за преглед догађаја који су добијени као резултат корисничког упита. Мапа је имплементирана уз помоћ *Leaflet* библиотеке.

Што се тиче *Elasticsearch* он садржи индексиране податке о градовима и догађајима. Комуницира са *Backend* апликацијом и враћа резултате упита.

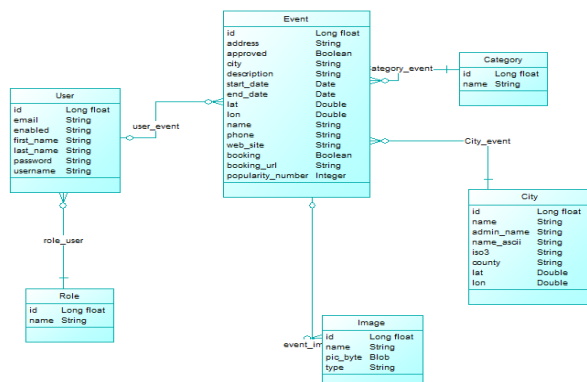
Релациона база података која је коришћена приликом имплементације апликације је *MySQL*.

На слици 1 приказан је случај коришћења админа у систему.



Слика 1 Случај коришћења админа у систему

На слици 2 приказан је модел података апликације



Слика 2 Модел података

5. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

На слици 3 приказана је имплементација упита ка *Elasticsearch* серверу. Прво је неопходно упутити

упит *Elasticsearch*-у за добијање информација о задатом граду. У *Elasticsearch*-у је претходно индексирано преко 26.000 градова. Поља која су коришћена приликом индексирања градова су назив града, држава, *iso* код, *geoPoint* поље које садржи географску ширину и географску дужину града, као и оригиналан назив града у држави у којој се град налази. На пример ако је назив града индексиран као *Belgrade*, оригиналан назив града или *adminName* ће бити Београд. Приликом претраге није битно да ли уносимо *Belgrade* или Београд, биће приказан исти град.

```
QueryBuilder queryBuilderGeo = QueryBuilders.geoDistanceQuery("geoPoint")
    .distance(20, DistanceUnit.KILOMETERS)
    .point(new GeoPoint(resultDataCity.getGeoPoint().getLat(), resultDataCity.getGeoPoint().getLon()));
QueryBuilder queryBuilderApproved = QueryBuilders.matchQuery("approved", true);
QueryBuilder queryBuilderOnlyStartDate = QueryBuilders.rangeQuery("startDate")
    .gte(geoAndTimeQuery.getStartDate()).lte(geoAndTimeQuery.getEndDate());
QueryBuilder queryBuilderOnlyStartDateQuery = QueryBuilders.boolQuery().must(queryBuilderGeo)
    .must(queryBuilderApproved).must(queryBuilderOnlyStartDate);

QueryBuilder queryBuilderOnlyEndDate = QueryBuilders.rangeQuery("endDate")
    .gte(geoAndTimeQuery.getStartDate()).lte(geoAndTimeQuery.getEndDate());
QueryBuilder queryBuilderOnlyEndDateQuery = QueryBuilders.boolQuery().must(queryBuilderGeo)
    .must(queryBuilderApproved).must(queryBuilderOnlyEndDate);

QueryBuilder queryBuilderStartDateBefore = QueryBuilders.rangeQuery("startDate")
    .lte(geoAndTimeQuery.getStartDate());
QueryBuilder queryBuilderEndDateAfter = QueryBuilders.rangeQuery("endDate")
    .gte(geoAndTimeQuery.getEndDate());
QueryBuilder queryBuilderDateBeforeAndAfter = QueryBuilders.boolQuery().must(queryBuilderGeo)
    .must(queryBuilderApproved).must(queryBuilderStartDateBefore).must(queryBuilderEndDateAfter);
QueryBuilder dateNullQuery = QueryBuilders.boolQuery().mustNot(QueryBuilders.existsQuery("startDate"))
    .must(queryBuilderGeo).must(queryBuilderApproved);
QueryBuilder finalQuery = QueryBuilders.boolQuery().should(queryBuilderOnlyStartDateQuery)
    .should(dateNullQuery).should(queryBuilderOnlyEndDateQuery).should(queryBuilderDateBeforeAndAfter);
if(geoAndTimeQuery.getCategory() != null){
    finalQuery = QueryBuilders.boolQuery().must(finalQuery)
        .must(QueryBuilders.matchQuery("category", geoAndTimeQuery.getCategory()));
}
```

Слика 3 Приказана је имплементација упита

Финални упит је помоћу *sourceBuilder* прослеђен *restHihgLevelClient* који враћа резултате претраге. Резултати претраге су враћени као погоци који се помоћу мапера мапирају на објекат који ће бити прослеђен клијентској страни. *SourceBuilder* је проширен да врати 100 погодака претраге. На слици 4 приказана је имплементација за добијање погодака и њихово мапирање.

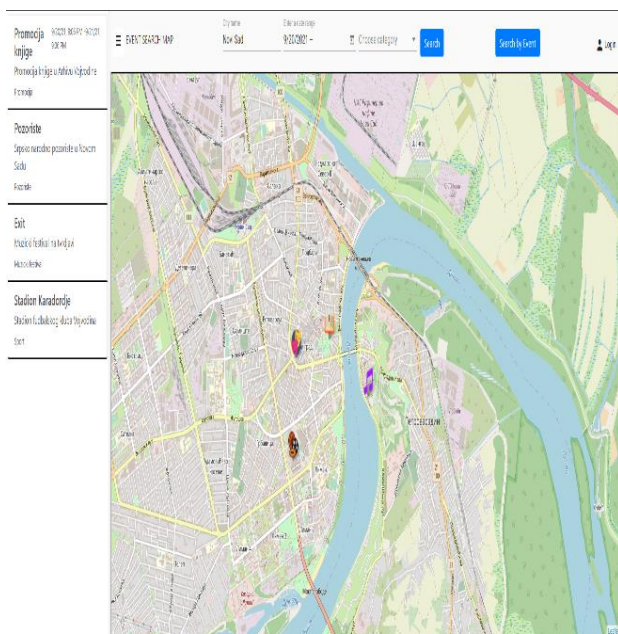
```
SearchSourceBuilder searchSourceBuilder = new SearchSourceBuilder();
SearchRequest searchRequest = new SearchRequest("event");
ObjectMapper objectMapper = new ObjectMapper();
objectMapper.configure(DeserializationFeature.FAIL_ON_UNKNOWN_PROPERTIES, false);

searchSourceBuilder.query(queryBuilderBoolQuery);
searchRequest.source(searchSourceBuilder);
searchSourceBuilder.size(100);

SearchResponse searchResponse = restHighLevelClient.search(searchRequest, RequestOptions.DEFAULT);
SearchHit[] hits = searchResponse.getHits().getHits();
for(SearchHit searchHit: hits){
    ResultDataEvent resultDataEvent = objectMapper
        .readValue(searchHit.getSourceAsString(), ResultDataEvent.class);
    if(resultDataEvent.getStartDate() != null){
        String date = resultDataEvent.getStartDate().toString();
        if(resultDataEvent.getEndDate() != null){
            date += "-" + resultDataEvent.getEndDate().toString();
        }
        resultDataEvent.setDate(date);
    }
    resultDataEvents.add(resultDataEvent);
}
```

Слика 4 Имплементација за добијање погодака

На слици 5 приказана је мапа са догађајима који представљају резултат претраге за Град Нови Сад са дефинисаним почетним датумом.



Слика 5 Мапа са догађајима

6. ЗАКЉУЧАК

У раду је описана веб апликација за претраживање догађаја на основу текстуалне, геопросторне и временске претраге над *Elasticsearch* сервером. Представљене су поједине теоријске основе као што су дигитални документ и објашњен је сам појам проналажења информација. Описане су технологије које су коришћене приликом имплементације веб апликације, као што су Спринг и Ангулар, са посебним акцентом на *Elasticsearch* и начин функционисања геопросторне и временске претраге.

Дат је опис система, његова архитектура и случајеви коришћења, а затим је објашњена сама имплементација веб апликације. Приказано је на који начин су имплементирани поједине функционалности веб апликације као што су упити ка *Elasticsearch* серверу, индексирање градова и догађаја и приказивање догађаја на мапи. Приказано је коришћење апликације праћено сликама екрана.

Циљ овог рада био је да се направи апликација која ће олакшати претраживање и сам преглед догађаја који се дешавају у граду. Такође и да олакша промоцију организаторима догађаја, тако што ће се улоговати на систем и креирати свој догађај који ће се приказивати на мапи у зависности од претраге. Приказ рада геопросторне претраге, временске претраге, као и текстуалне претраге била је главна тема овог рада.

Апликацију је могуће проширити тако да се геопросторна претрага не односи само на градове, већ и на улице или чак на неке хотеле или места од туристичког значаја. И ако је у апликацији обухваћен велики део категорија за догађаје, постоји могућност за њихово додавање. Такође упите претраге је могуће проширити додавањем још опција претраге као и додавањем претпроцесирања текста називима и описима догађаја.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Д.Ивановић, Б. Милосављевић. Управљање дигиталним документима. Фатултетт техничких наука, 2015.
- [2] Спринг радни оквир. <https://spring.io/>. Посећено: 22.08.2021
- [3] *Search your Data- Elasticsearch*, <https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/reference/current/search-your-data.html> Посећено: 05.09.2021
- [4] *Geo queries* <https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/reference/current/geo-queries.html> Посећено: 05.09.2021
- [5] *Range query* <https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/reference/6.8/query-dsl-range-query.html> Посећено 06.09.2021.

Кратка биографија:



Александар Јеремић рођен је 17.05. 1996. у Нишу. Основну школу „Михајло Пупин“ у Земуну завршио је 2011. године. Уписује Земунску гимназију, природно-математички смер, коју завршава 2015. године. Исте године уписује Факултет техничких наука у Новом Саду, одсек рачунарство и аутоматика. Године 2018. уписао се на смер Примењене рачунарске науке и информатика, а 2019. године усмерава се на модул Софтверско инжењерство. На мастер академске студије Факултета техничких наука уписује се школске 2019/20 на студијском програму рачунарство и аутоматика. Мастер рад одбранио је у октобру 2021.

AUTOMATSKI GENERISANJE KULINARSKIH RECEPATA OD DATIH SASTOJAKA**AUTOMATIC GENERATION OF CULINARY RECIPES FROM A GIVEN SET OF INGREDIENTS**Branislav Anđelić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Sa porastom popularnosti online stranica za deljenje recepata, količina raspoloživih podataka iz oblasti kulinarstva je veća nego ikad. Ljudi su u konstantnoj potrazi za načinom da brzo pronađu i spreme obrok. U ovom radu predložen je sistem za automatsko generisanje recepata za sastojke koje korisnik ima na raspolaganju, upotrebom *sequence to sequence* modela, kao i odabir podskupa sastojaka koji najbolje idu jedni uz druge. Pokazano je da je moguće generisati smislene tekstove recepata iz bilo kojeg unetog skupa sastojaka, ali se dovodi u pitanje njihova upotrebljivost u praksi. Uvođenjem novih ideja obrade sastojaka, ovaj rad donosi dobru osnovu za dalja istraživanja i unapređenja u ovom polju.

Ključne reči: generisanje recepata, generisanje prirodnog jezika, *sequence to sequence* modeli

Abstract – With the increasing popularity of online web pages for recipe sharing, the amount of widely available culinary data is larger than ever. People are constantly looking for a way to find a recipe and prepare their daily meals quickly. This paper presents a system of automatic recipe generation from the ingredients currently available to the user, using *sequence to sequence* models and extraction of a suitable subset of the given ingredients. This paper shows that generating a meaningful recipe text is feasible for any given set of ingredients but questions the practical use of such recipes. With the introduction of new ideas for culinary data processing, this paper represents a solid base for future work in the field.

Keywords: recipe generation, natural language generation, *sequence to sequence* models

1. UVOD

U ovom radu opisan je rad na temu generisanja recepata iz skupa sastojaka. Cilj ovog sistema je da na osnovu raspoloživih kuhinjskih sastojaka predloži korisniku recept za pripremu jela, čime bi doprineo raznovrsnosti ishrane korisnika. Metodologija primenjena u ovom radu nije ograničena na domen recepata, odnosno, mogla bi pronaći primenu i u drugim oblastima. Osnovi problem podeljen je na dve celine: izdvajanje podskupa unetog skupa sastojaka za koje će se generisati recept i generisanje niza instrukcija za pripremu jela na osnovu datih sastojaka.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jelena Slivka, vanr. prof.

Ideja izdvajanja podskupa sastojaka iz datog skupa jeste da se izdvoje sastojci koji se često nalaze u kombinaciji u postojećim receptima. Ovaj problem moguće je rešiti jednostavnom pretragom recepata, kako bi se pronašao recept sa sastojcima sadržanim u datom skupu. Međutim, ovakav metod uvodi ograničenje na recepte iz postojećeg skupa podataka. Iz tog razloga, u ovom radu posmatrane su zavisnosti individualnih sastojaka, kao i grupe sličnih recepata, što omogućava pronalazak podskupa sastojaka koji je jedinstven u okviru dostupnih podataka. Sa stanovišta izdvajanja podskupa podataka, rešenja iz literature se u većinski fokusiraju na izdvajanje najčešćih elemenata. Kako se određeni sastojci nalaze u većini recepata, rešenja zasnovana samo na frekventnosti pojavljivanja elemenata su od ograničene upotrebe u domenu ovog problema.

Generisanje instrukcija za pripremu recepta na osnovu sastojaka je problem *Seq2seq* (*sequence to sequence*) transformacije. *Seq2seq* predstavlja grupu jezičkih modela za transformaciju niza reči u drugi niz reči, što je u kontekstu ovog problema niz sastojaka u tekst instrukcija za pripremu. U ovom radu upotrebljeni su encoder-decoder LSTM (*Long short-term memory*) [1] neuronske mreže sa i bez *attention* mehanizma [2], kao i *transformer* [3] model, što su ujedno i *state-of-the-art* rešenja.

Za treniranje i evaluaciju modela upotrebljen je *recipe1m+* [4] skup podataka, koji sadrži oko milion strukturiranih recepata.

Kako su podaci iz ovog skupa podataka preuzeti iz više različitih izvora, sastojci su opisani u različitim formatima. Zbog velike varijacije u nazivima sastojaka, upotrebljen je *word2vec* [5] model zajedno sa metrikom za poređenje nizova karaktera, kako bi se grupisali nazivi koji predstavljaju isti sastojak, i time smanjio broj različitih obeležja u podacima.

Evalucije odabira podskupa rađena je nad parovima skupova sastojaka i očekivanog podskupa, označenih od strane autora rada. Korišćene metrike evaluacije su preciznost i odziv.

U narednim poglavljima dat je pregled postojeće relevantne literature (poglavlje 2), specifikacije metodologije rešenja predstavljenog u ovom radu (poglavlje 3), rezultati predloženog rešenja (poglavlje 4) i zaključne reči (poglavlje 5)

2. PRETHODNA REŠENJA

U ovom poglavlju dat je pregled postojeće literature relevantne za dati problem.

RecipeGPT [6] je sistem za generisanje i evaluaciju recepta zasnovan na GPT-2 [7] pretreniranom transformer modelu. Treniranje modela odrađeno je nad *recipe1m* skupu podataka kao i u ovom radu. Podaci su preprocesirani izbacivanjem brojeva, reči koje predstavljaju količinu i komentara iz recepta, a sastojci su svedeni na imena sastojka upotrebom parsera za fraze sastojaka¹. Takođe, upotrebljen je moduo za filtriranje sastojaka i recepta kreiran od strane autora, zadržavajući recepta sa barem dva sastojka. Slična procedura primenjena je i u ovom radu, gde su umesto parsera za sastojke iskorišćeni preprocesirani sastojci iz skupa podataka, i napravljen je sopstveni moduo za filtriranje. RecipeGPT [6] je sistem prilagođen da generiše naslov, sastojke ili instrukcije recepta, zbog čega se ulaz u transformer model sastoji iz ta tri navedena dela razdvojena tokenima za početak i kraj, za čime u ovom radu nije bilo potrebe. Kako bi se povećala raznovrsnost generisanog testka, u oba rada upotrebljen je *k-sampling* algoritam, koji bira reč iz skupa veličine *k* najviše rangiranih reči iz vokabulara. Model je treniran prilagođavanjem GPT-2 modela za dati problem, dok je za ovaj rad napravljen zaseban model. Kao i u ovom radu, za evaluaciju modela upotrebljene su BLEU [8] i ROUGE [9] metrike.

U radu *Recipe for Disaster* [10] predložen je sistem za generisanje tekstova upotrebom LSTM *encoder-decoder* modela. Kao i u radu [11] i u ovom radu, u radu [10] je upotrebljen *recipe1m* skup podataka. Podaci su filtrirani tako da ne sadrže nijedan sastojak duži od 10 reči niti tekst instrukcija duži od 50 reči, sa ciljem da se ograniči vokabular i smanji računarska moć potrebna za obradu skupa podataka. U ovom radu kod treniranja *encoder-decoder* modela ograničenja su postavljena na dužinu teksta recepta, sa maksimalnom dužinom od 100 reči, i na broj sastojaka u receptu, gde su odbačeni recepti sa manje od 5 ili više od 15 sastojaka. Reči iz sastojaka su predstavljene u vidu vektora dimenzije 50, a u ovom radu u vidu vektora dimenzije 256. Treniran je *encoder-decoder* model sa LSTM neuronskim mrežama i *Luong attention* [11] mehanizmom, dok je u ovom radu upotrebljen isti model sa *Bahdanau attention* [12]. Za evaluaciju upotrebljene su *perplexity* i BLEU metrike.

3. SPECIFIKACIJA I IMPLEMENTACIJA

U ovom poglavlju dati su detalji sistema za izdvajanje podskupa sastojaka i generisanje instrukcija recepta, što uključuje skup podataka (3.1), predprocesiranje podataka (3.2), izdvajanje podskupa sastojaka (3.3) i generisanje teksta instrukcija (3.4).

3.1. Skup podataka

Za treniranje i evaluaciju podataka korišćen je *recipe1m* [4] skup podataka, koji se sastoji od preko milion receptata preuzetih sa različitih veb stranica. Podaci su organizovani u slojeve koji sadrže sastojke i instrukcije, slike i obrađene sastojke redom. Kako su recepti dobijeni automatskim pretraživanjem različitih izvora korisnički unetih receptata, podaci su dati u različitim oblicima, što otežava obradu podataka. Prvi sloj sadrži informacije o receptima koje uključuju naslov, listu neobrađenih tekstova sastojaka i listu instrukcija. U drugom sloju nalaze se slike pridružene receptima posredstvom identifikacionog obeležja, dok se u

trećem sloju nalaze obrađeni sastojci za svaki recept. Obrađeni sastojci predstavljaju izdvojene nazive sastojka iz teksta sastojka, koji uobičajeno sadrži i količinu i mernu jedinicu.

3.2. Preprocesiranje podataka

Za različite algoritme unutar sistema primenjene su drugačije metode predprocesiranja podataka. U ovom delu biće opisan postupak predprocesiranja koji je univerzalan za čitav rad.

Iz teksta sastojaka i receptata izdvojeni su numerički karakteri i znakovi interpunkcije, i tekst je transformisan tako da sarži samo mala slova. Obrađeni sastojci iz skupa podataka su pridruženi tekstu receptata, gde su izbačeni svi nevalidni sastojci. Kako se među rezultujućim receptima i dalje nalazi značajan broj sastojaka koji su dati u obliku opisa ili komentara, koji se mogu posmatrati kao *outlier*-i, zadržani su samo sastojci koji se pojavljuju barem dva puta u okviru skupa.

Uočeno je da se među sastojcima nalazi značajan broj istih ili veoma sličnih sastojaka kojima je dodeljen različit naziv. U pokušaju da se smanji vokabular sastojaka, osmišljen je sistem za pridruživanje istih, odnosno, sličnih sastojaka u grupe, iz kojih je odabran najčešći kao reprezentativan za sve. Da bi se ovo postiglo, treniran je *word2vec* [5] model nad rečenica dobijenim spajanjem sastojaka iz pojedinačnih receptata. Prethodno je od svake liste sastojaka napravljeno deset sa nasumičnim redosledom sastojaka u nizu, zbog toga što *word2vec* posmatra susedne reči, u ovom slučaju po tri sa obe strane, a za svrhu ovog eksperimenta redosled sastojaka nije značajan. Dobijene vektorske reprezentacije, dužine 300, upotrebljene su kako bi se pomoću kosinusne sličnosti (eng. *cosine similarity*) zaključila međusobna sematička sličnost između sastojaka.

Pored prethodnog modela, za posmatranje leksičke sličnosti upotrebljena je funkcija² za poređenje sekvenci karaktera. Kombinovanjem ove dve metrike, za svaki jedinstveni sastojak pronađen je skup njemu sličnih sastojaka, gde svaki sastojak skupa ispunjava uslove da im je kosinusna sličnost veća od 0.6, a leksička veća od 0.75. Dobijeni sastojci i skupovi posmatrani su kao graf, gde su čvorovi grafa nazivi sastojaka, a grane sličnosti, tako što je za svaki čvor *b* iz skupa sličnih čvorova čvora *a* kreirana usmerena grana (*a*, *b*). Grane grafa su usmerene jer funkcija leksičke sličnosti nije simetrična. U ovako dobijenom grafu, jedno ostrvo grafa predstavlja grupu naziva koji predstavljaju isti sastojak, uz pretpostavku da ukoliko dva naziva ispunjavaju uslove sličnosti, oni predstavljaju isti sastojak. Iz svake grupe sastojak koji se najčešće pojavljuje u skupu podataka odabran je kao reprezentativan, i svi sastojci iz grupe su namapirani na njega. Navedenim postupkom, vokabular sastojaka smanjen je sa oko 18 hiljada reči na oko 11 hiljada.

3.3. Izdvajanje podskupa sastojaka

Nakon što je korisnik označio koje sastojke poseduje, bira se smislen podskup tih sastojaka za korišćenje u receptu. Dati skup sastojaka transformisan je mapiranjem sastojaka na njihove reprezentativne iz grupe. Zatim je izdvojen podskup sastojaka pronalaženjem *K* najbližih receptata po

¹ <https://github.com/nytimes/ingredient-pharse-tagger>

² *SequenceMatcher.ratio()* - <https://docs.python.org/3/library/difflib.html>

skupu sastojaka algoritmom *K-nearest-neighbors*. Konkretno, sastojci iz svakog recepta iz skupa podataka i sastojci koje korisnik unese se predstavljaju kao vektori pomoću *bag-of-words* modela, a zatim se nađe K vektora iz skupa podataka koji su najbliži vektoru korisnikovih sastojaka. Na kraju, bira se presek između korisnikovih sastojaka i sastojaka iz najbližijih recepata. Na taj način, biraju se sastojci koji generalno idu jedni uz druge.

Jedan izazov u ovom pristupu bio je pronaći najbolje K . Uzimanjem većeg K posmatra se veći broj sličnih recepata, i uzima se veći podskup korisnikovih sastojaka i obrnuto. Kako bi se odredilo koje K najbolje rešava problem, označen je deo skupa podataka tako što su se uzimali nasumični recepti i njihovi sastojci, a zatim im se dodao šum u vidu sastojaka koji se obično ne nalaze u sličnim receptima. Zatim se pokretao algoritam za različito K i merile su se performanse. Za merenje performansi poređeni su skupovi algoritamski izabranih sastojaka i označeni sastojci i računala se F -mera. Najbolji rezultat postignut je sa $K=25$.

3.4. Generisanje teksta instrukcija

Poslednji zadatak programa je generisanje teksta recepta. Kao ulaz u ovaj deo dolazi skup sastojaka u obliku teksta, a kao izlaz očekuje se generisani tekst recepta. U tu svrhu isprobano je nekoliko rešenja, a najbolje su se pokazali:

- *Encoder-decoder* [13] model sa *attention* [12] mehanizmom
- *Transformer* [3] neuronska mreža.

3.4.1. Encoder-decoder model sa attention mehanizmom

Iz skupa podataka su, radi smanjenja dimenzija ulaza i izlaza mreže, izbačeni svi recepti sa više od 15 sastojaka i sa više od 100 reči u instrukcijama. Osim toga su izbačeni svi recepti koji imaju manje od 5 sastojaka, jer je to premali broj ulaza za mrežu. Što se tiče pretprocesiranja ulaza, svi sastojci se prvo predstavljaju sa malim slovima, a zatim se tokenizuju. Tokenizacija je proces u kom se za svaki sastojak iz skupa podataka dodeli jedinstven broj, a zatim se svaka lista sastojaka predstavi kao vektor brojeva. Na kraju se radi dopuna tih vektora nulama (*padding*), kako bi svaki bio iste dužine. Što se tiče teksta recepata, koji u ovom slučaju predstavlja ciljane labele, radi se isto pretprocesiranje kao i kod ulaza. Osim toga, na početak i kraj svakog se dodaju takozvani *start* i *end* tokeni, koji predstavljaju početak i kraj recepta. Početni token se dodaje da bi *decoder* imao ulaz pre nego što generiše prvu reč, a krajnji token da bi se znalo kad je generisani tekst završen, jer se uvek generiše isti broj tokena.

Encoder mreža se sastoji iz dva sloja. Prvi je *embedding* sloj, koji pretvara ulazne reči (identifikacione brojeve reči) u vektore, a drugi je rekurentni sloj, u ovom slučaju GRU. Kao izlaz *encoder* sloja vraćaju se izlazi iz svakog koraka rekurentnog sloja, kao i poslednje skriveno stanje. *Decoder* mreža se sastoji iz *embedding* sloja, koja pretvara prethodno generisane reči u vektore, *attention* sloja, koji za određeni korak računa koji deo ulaza je relevantan za generisanje sledeće reči, rekurentnog sloja (GRU) i na kraju potpuno povezanog sloja, koji ima čvorova koliko je dužina vokabulara tekstova recepata, i on služi da bi se dodelile verovatnoće svakoj reči da budu izabrane kao naredna generisana reč.

Kod ovakve mreže procesi treniranja i upotrebe se delimično razlikuju. Kad se mreža trenira, dekodirer nikad ne uzima u obzir reči koje je on prethodno generisao, već reči iz ciljnog teksta, kako bi se olakšalo treniranje. Taj proces se naziva *teacher forcing*. Kasnije kad se mreža koristi, dekodireru se na ulaz daju reči koje je prethodno sam generisao.

3.4.2. Transformer neuronska mreža

Velika prednost korišćenja *transformer* modela u odnosu na modele sa rekurentnim mrežama je što ne postoji deo koji mora da se izvršava sekvencijalno. Samim tim, trening može da se paralelizuje i da se izvršava mnogo brže. Stoga, mogu da se kreiraju mreže sa mnogo većim brojem parametara, koje će postizati bolje rezultate.

U ovom radu, korišćena je pretrenirana BERT [14] mreža uz dodatno treniranje za problem generisanja recepata. Sva implementacija se oslanja na biblioteku *simpletransformers*³, koja uz trening modela radi potrebno pretprocesiranje podataka.

4. REZULTATI

U ovom poglavlju dati su rezultati evaluacija korišćenih metoda, kao i diskusija o mogućim poboljšanjima priloženog sistema.

4.1. Evaluacija algoritma za izdvajanje podskupa sastojaka

Za evaluaciju algoritma za izdvajanje podskupa sastojaka označen je mali skup podataka od 10 primera. Svaki od primera se sastoji od sastojaka koji se koriste u nekom receptu, uz nekoliko dodatnih sastojaka koji predstavljaju šum. Za izbor dodatnih sastojaka uzeti su sastojci koji se ne pojavljuju u receptima sličnim izabranom receptu.

Evaluacija je vršena poređenjem podskupa sastojaka koji je izabrao algoritam sa podskupom koji je označen. Korišćena je F -mera kao dobar odnos između preciznosti i odziva. Jedini hiper-parametar u algoritmu je K za *K-nearest-neighbors*. Stoga je mereno kako menjanje K utiče na izmerenu F -meru. Rezultati su dati u tabeli 1. Na osnovu ovih merenja, zaključeno je da $K=25$ daje najbolje rezultate.

Tabela 1. Zavisnost F -mere od K .

K	10	15	20	25	30	35	40	45
F -mera	0.87	0.88	0.89	0.91	0.9	0.9	0.89	0.9

4.2. Evaluacija algoritma za generisanje teksta

Za evaluaciju metoda za generisanje teksta korišćene su mere evaluacije *ROUGE* i *BLEU* sa $N=1$ i $N=2$ vrednostima za posmatranje n -gram-a. Obe su zastupljene u zadacima za mašinsko prevođenje ili generalno prevođenje jedne sekvence teksta u drugu.

Rezultati *BLEU* mere i *ROUGE* F -mere za *encoder-decoder* model su dati u tabeli 2. Rezultati *BLEU* mere i *ROUGE* F -mere za *transformer* model su dati u tabeli 3.

³ <https://simpletransformers.ai/>

Tabela 2. BLEU i ROUGE metrike za enkoder-dekoder model za različite N-grame

N	BLEU	ROUGE
1	0.00	0.07
2	0.00	0.001

Tabela 3. BLEU i ROUGE metrike za transformer model za različite N-grame

N	BLEU	ROUGE
1	0.30	0.33
2	0.09	0.10

Može se zaključiti da transformer model daleko bolje radi. Osim toga, vidi se da se modeli bolje snalaze sa 1-gram-ima nego sa 2-gram-ima, odnosno, da bolje predviđaju pojedinačne reči koje bi trebalo da se nađu u dokumentu nego parove reči. To je i smisleno jer je sam zadatak generisanja pojedinačnih reči lakši.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisano je nekoliko pristupa problemu generisanja recepata iz korisnički unetih sastojaka. Ovakav sistem doprineo bi raznovrsnosti ljudske ishrane, posebno u situacijama u kojima je pristup različitim namirnicama ograničen. Takođe, tokom ovog rada razmatrane su različite metode obrade i generisanje teksta, polja u kojima je postignut značajan napredak tokom skorašnjih godina.

Problem je razdvojen na dva glavna dela, odabir podskupa sastojaka i generisanje teksta recepta. Pored toga, analiza i procesiranje samih podataka igralo je značajnu ulogu u razvoju predloženog rešenja. Stečen je uvid u prirodu skupa podataka recepata i isprobano je nekoliko novih metoda njihove obrade, od kojih je najznačajnije pronalaženje različitih naziva za iste sastojke i njihovo spajanje. Za odabir sastojaka upotrebljen je KNN algoritam sa pronalaženjem preseka najslbližnjih recepata, dok su za generisanje teksta razrađena dva seq2seq modela: *encoder-decoded* sa *attention* mehanizmom i *transformer*.

Sistem se pokazao sposoban da odabere odgovarajuće sastojke i generiše u velikoj meri smislen tekst recepta. Rezultati predloženog transformer modela uporedivi su sa trenutno najuspešnijim modelima za generisanje teksta po posmatranim metrikama, sa nešto slabijim rezultatima. Uzimajući u obzir raspoloživ hardver i vreme treniranja modela, pristup iz ovog rada pokazuje potencijal da dostigne rezultate koje postižu *state-of-the-art* rešenja u ovom polju.

6. LITERATURA

- [1] Sutskever, Ilya, Oriol Vinyals, and Quoc V. Le. "Sequence to sequence learning with neural networks."
- [2] Ramachandran, Prajit, et al. "Stand-alone self-attention in vision models." *arXiv preprint arXiv:1906.05909* (2019).
- [3] Vaswani, Ashish, et al. "Attention is all you need." *Advances in neural information processing systems*. 2017.
- [4] Marin, Javier, et al. "Recipe1m+: A dataset for learning cross-modal embeddings for cooking recipes and food images." *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 43.1 (2019): 187-203.
- [5] Goldberg, Yoav, and Omer Levy. "word2vec Explained: deriving Mikolov et al.'s negative-sampling word-embedding method." *arXiv preprint arXiv:1402.3722* (2014).
- [6] H. Lee, Helena, et al. "RecipeGPT: Generative pre-training based cooking recipe generation and evaluation system." *Companion Proceedings of the Web Conference 2020*. 2020.
- [7] Radford, Alec, et al. "Language models are unsupervised multitask learners." *OpenAI blog* 1.8 (2019): 9.
- [8] Papineni, Kishore, et al. "Bleu: a method for automatic evaluation of machine translation." *Proceedings of the 40th annual meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2002.
- [9] Lin, Chin-Yew. "Rouge: A package for automatic evaluation of summaries." *Text summarization branches out*. 2004.
- [10] Teisberg, Dev Bhargava Thomas. "Recipe for Disaster: A Seq2Seq Model for Recipe."
- [11] Luong, Minh-Thang, Hieu Pham, and Christopher D. Manning. "Effective approaches to attention-based neural machine translation." *arXiv preprint arXiv:1508.04025* (2015).
- [12] Chorowski, Jan, et al. "Attention-based models for speech recognition." *arXiv preprint arXiv:1506.07503* (2015).
- [13] Cho, Kyunghyun, et al. "Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation." *arXiv preprint arXiv:1406.1078* (2014).
- [14] Devlin, Jacob, et al. "Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding." *arXiv preprint arXiv:1810.04805* (2018).

Kratka biografija:



Branislav Andelić rođen je 1997. godine. Osnovne akademske studije završio je 2020. godine na Fakultetu tehničkih nauka, na kom brani i master rad 2021. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije.

Kontakt: branislav.andjelic@uns.ac.rs

СИМУЛАЦИЈА КРЕТАЊА ФУДБАЛСКИХ ИГРАЧА СА АСПЕКТА ДЕФАНЗИВНИХ ТАКТИКА**SIMULATION OF FOOTBALL PLAYER MOVEMENTS FROM AN DEFENSIVE STANDPOINT**

Никола Скробоња, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**2. МОДЕЛОВАЊЕ**

Кратак садржај – Виртуални свет постаје све више део реалног света и живота, користи се у едукацији, спорту и забави. У овом раду је описан процес креирања симулације кретања играча на фудбалском терену. Описан је читав процес креирања овакве симулације у Unity-ју и приказане програмске технике коришћене за имплементацију кретања.

Кључне речи: Симулација, Развој игара, Фудбалске тактике

Први корак у креирању овакве апликације јесте креирање модела који су део сцене, као и анимирања покретних објеката сцене.

Најпре је креиран модел играча. Циљ овог модела је да се прикажу покрети потребни за кретање играча на терену, стога је креиран најједноставнији облик модела који ово подржава.

За моделовање играча и остатка сцене је коришћен Блендер, програм за 3Д моделовање.

Abstract – The virtual world is becoming more and more part of the real world and peoples lives, it's used in education, sport and entertainment. In this paper is described the process of creating a simulation of player movements on the field. The whole process of creating this kind of simulation in Unity is described, as well as the programming techniques used to implement this.

Keywords: Simulation, game development, Football tactics

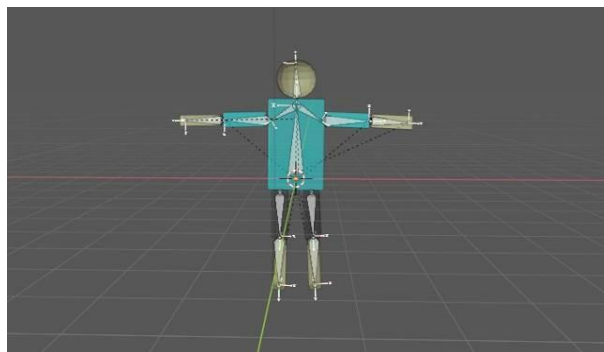
1. УВОД

Фудбал представља најпопуларнију игру на свету где се из дана у дан рађају нове тактике и нови начини играња игре како би се дошло до победе и титула.

Основе фудбала се уче на фудбалском терену са тренером. Међутим, често је потребно доста времена како би играч стекао осећај за преглед игре и сходно томе и кретао се на одговарајући начин према жељама тренера. Играчи се можда могу и не слагати са идејама које тренер има услед неразумевања идеје коју тренер има.

Рачунарске симулације су уопштено значајне јер омогућују поглед на ситуације које се могу десити у реалном животу и припремити човека на такве ситуације.

Симулација кретања фудбалских играча са аспекта дефанзиве има управо тај значај где тренер има прилику да објасни играчу како треба да се креће у одређеној ситуацији и која је сврха таквог кретања. Играч са друге стране се на овај начин припрема за такву ситуацију која је врло вероватна да се деси у реалности на утакмици.



Слика 1: Приказ модела са скелетом

Уз меш модел који је направљен од скалираних коцки и сфере, направљен је и скелет којим су креиране анимације играча. Креиране анимације су мировање (Idle), трчање и додавање лопте.



Слика 2: Приказ анимације

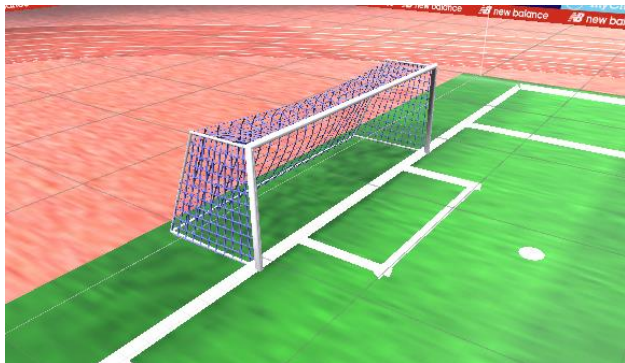
Скелет модела представља хијерархијски модел са кореном у кичми на основу којег су анимације креиране помоћу технике *Keyframing* у оквиру Блендера. Овај модел је заједно са анимацијама експортиран у .fbx фајл који је даље импортован у *Unity Game Enging*.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Драган Иветић.

Остатак сцене представљају статични модели. То су модели гола, терена и окружења које представљају рекламе и трибине.

Пречке и стативе модела гола су моделоване помоћу модела цилиндара на који су залепљене одговарајуће текстуре. За мрежу је коришћен *Wireframe Modifier* (Блендер операција) уз примену физике платна како би се допринело реализму.



Слика 3: Приказ модела гола

Терен и подлога око терена су креирани помоћу *Terrain* објекта у оквиру Јунити погона који представља погодан начин за креирање одговарајућих подлога. С обзиром да је подлога у ДТГ апликацији једноставна и без неправилности, односно неравнина, могуће је било врло лако креирати подлогу и у Блендеру па тај модел онда учитати. *Terrain* објекти су погодни за неправилне терене и нуде алате за подешавање таквих подлога.

Линије на терену су креиране помоћу *LineRenderer* компоненте Јунити погона. Други начин за исцртавање линија по терену би био помоћу утврђених техника текстурисања, али с обзиром да Јунити нуди компоненту која олакшава овакво исцртавање, та компонента је и употребљена.

Око терена је креирана стаза за трчање која је моделована у Блендеру користећи *Circle* компоненту. Две ове компоненте креирају прстен чија раван је текстурирана тартаном са исцртаним линијама што је класична представа тркачке стазе.

Рекламе око терена су креиране помоћу равни на које су налепљене (текстурисањем) слике неких насумично одабраних реклама. Публика око терена је креирана помоћу текстура.



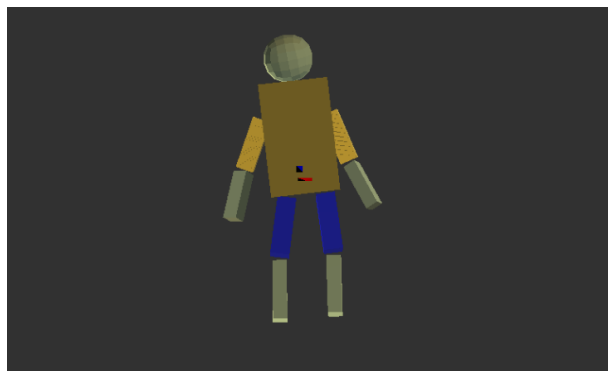
Слика 4: Приказ сцене са остатком модела

3. АНИМАЦИЈА МОДЕЛА ИГРАЧА

Основни вид кретања фудбалских играча је трчање. Свакако да постоје и други облици кретања у фудбалу, али за потребе ове апликације довољне су анимације мировања, трчања и додавања лопте. Анимације се раде помоћу *Keyframing* технике.

Идеја *Keyframing*-а је да се за одређене фрејмове (дискретне временске тренутке) креирају и сачувају позиције и ротације скелета (чиме управљамо и меш моделом). Линеарном интерполацијом трансформација између кључних фрејмова (*Key Frames*, енгл.) добија се привид покрета карактера.

У стању мировања, играч ради полускип, односно клати се лево-десно уз прављење ситних корака у месту. Оваква анимација не захтева велики број позиција и ротација скелета јер је анимација поприлично једноставна. Конкретно, у овој анимацији има три фрејма (*Frame*¹, енгл.) између којих се врши интерполација. *Keyframe*-ови су први, двадесети и четрдесети фрејм, где су први и четрдесети фрејм исти како би добили цикличну, односно понављајућу анимацију.



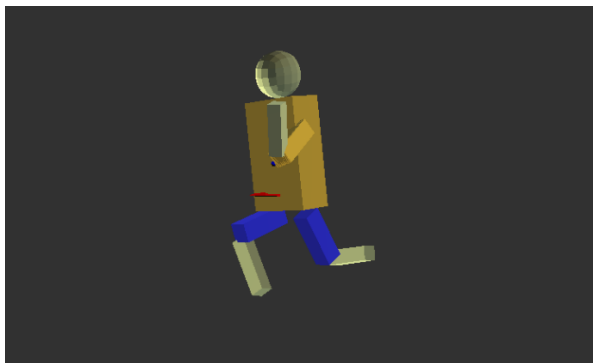
Слика 5: Први фрејм у анимацији мировања

Први фрејм је добијен применом одговарајућих трансформација над скелетом. Други фрејм је добијен инвертовањем позиција и ротација примењених у првом фрејму. Операција инвертовања је могућа јер су испоштоване конвенције задавања назива костију скелета и извршена је преоријентација локалних координатних система костију према глобалном координатном систему како би остварили одговарајуће понашање. За последњи фрејм анимације су копиране трансформације примењене у првом фрејму.



Слика 6: Петнаести фрејм

Трчање представља комплекснију анимацију те је потребан већи број кључних фрејмова како би се остварио задовољавајући резултат. Због тога су за анимацију трчања коришћене референтне позиције класичне анимације трчања. Креирано је дванаест кључних фрејмова који су допринели креирању анимације трчања играча. Како је потребно да ово буде циклична анимација, први и последњи фрејм су исти, слично као и код анимације мировања.



Слика 7: Приказ једног фрејма анимације трчања

За офанзивне играче у ДТГ апликацији је креирана анимација додавања лопте која је направљена по узору на додавања лопте у реалном свету од стране фудбалских играча и по узору на то како је урађено у неким од познатих игрица (*Fifa*, *PES*).



Слика 8: Приказ једног фрејма анимације додавања

Сви *Keyframe*-ови су креирани применом трансформација над скелетом модела. Због тога треба истаћи важност креирања доброг модела скелета како би се олакшао процес анимације. За креирање комплекснијег модела било би потребно креирати и скелет са *IK* костима како би се анимирао правилан покрет човека.

4. СЦЕНЕ У ДТГ АПЛИКАЦИЈИ

ДТГ апликација има две сцене, симулациону у којој се одиграва симулација кретања и сцена која садржи графички интерфејс одакле корисник покреће симулацију и подешава формацију и боју дресова.

У симулационој сцени су уз наведене моделе, постављена рефлекторска осветљења са свих страна стадиона и подешене су сенке играча како би се додало на реализму сцене. Уз то је додат и звучни ефекат публике који је адекватно компресомн који доприноси амбијенту и реализму.

Графички кориснички интерфејс у ДТГ апликацији се састоји од три дела која заједно чине целину у оквиру које се управља понуђеним подешавањима. Сваки од делова представља панел (*Panel*¹, *енгл.*). *MainMenu* представља основни мени који се први појављује кориснику након покретања апликације. Састоји се из позадине (која се провлачи кроз читав графички интерфејс), лабеле којом је исписан назив апликације и четири дугмета.

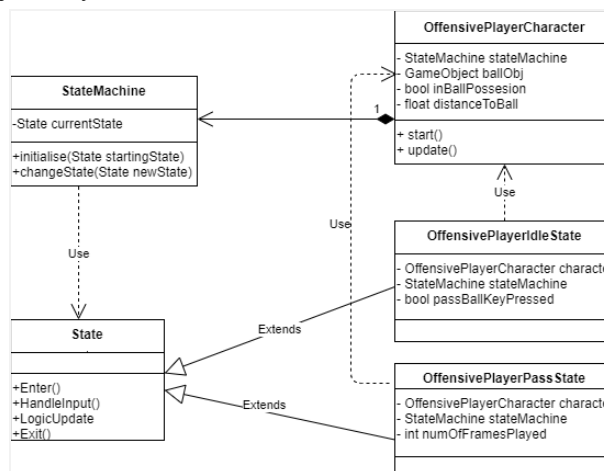
Притиском на дугме *Start* се покреће *gameplay* део апликације, односно започиње симулација под тренутним подешавањима, док се притиском на дугме *Quit* излази из апликације. Контроле *Kits* и *Formation* воде на *Kits Menu* и *Formation Menu*, респективно. У првом се може мењати боја гарнитуре дресова, док се у другом поставља формација играча.

5. ПРОГРАМСКЕ ТЕХНИКЕ (КОДИРАЊЕ КРЕТАЊА ИГРАЧА)

Кодирање кретања играча у фудбалској утакмици (уколико је циљ добра симулација) изискује уграђивање вештачке интелигенције која се све више користи у игрицама ради веће имерсивности и задржавања пажње корисника. Обично се уграђује више нивовки *AI* у фудбалску симулацију јер играчи морају да сарађују између себе како би одбранили гол, нападали адекватно, испоштовали договоре везане за формацију и тактику.

Имплементација кретања играча остварује кроз коначне машине стања (*Finite State Machines*, *енгл.*) које су честа појава у свету развоја видео игара.

Играчи офанзивног тима, односно тима који има лопту у поседу, се не крећу по терену, већ се налазе на истом месту током читаве симулације и додају се између себе. Сваки играч заузима неки регион терена и према тим регионима се дефанзивни играчи оријентишу.



Слика 9: Class дијаграм машине стања

Притиском на тастер *P* се прелази у стање додавања (*Pass State*) где је најпре потребно одредити ком играчу да се дода лопта. Ово се остварује помоћу инстанце класе *GameManager* која се креира и иницијализује приликом покретања апликације и представља објекат који садржи податке који су потребни кроз скоро читаву апликацију. Она садржи

листе офанзивних (и дефанзивних) играча. Помоћу те листе се може пронаћи играч коме се додаје лопта. Тренутна имплементација је таква да се овај играч насумично бира. Играч који додаје се ротира ка смеру додавања и истовремено се лопта поставља испред њега (дајући утисак да је играч поставља) тако што се одреди вектор (нормализован) који дефинише смер у коме иде додавање. Овај вектор се рачуна одузимањем позиције играча којем се додаје и позиције одакле се додаје лопта.

Затим се параметар *passing* аниматора поставља на *True* чиме се покреће *PassingAnimation*. У *Update* методи се врши провера колико фрејмова је исцртано од тренутка активације стања и уколико је тај број прешао број фрејмова који садржи анимација, стање се враћа на *IdleState*. У *Exit* методи се ажурира позиција лопте која има глатко кретање и ротацију око своје осе приликом померања што даје бољи доживљај кориснику.



Слика 10: Офанзивни играч у моменту додавања

Са аспекта имплементације кретања дефанзивних играча није zgodно радити са коначним машинама стања јер сваки играч има посебно понашање. То значи да сваком играчу треба обезбедити индивидуално понашање које је условљено формацијом, позицијом лопте и позицијом играча на терену. Стога се сваком играчу додељује скрипта приликом креирања сцене. Скрипта која је додељена играчу зависи од позиције на терену и формације која је на снази. У оквиру скрипте се налази логика која врши проверу где се лопта налази и управља померањем играча. Све скрипте наслеђују класу *PlayerMovement* у оквиру које се унутар *Update* методе позива метода *CalculateBestPosition* која као параметре прихвата позицију играча (физичку позицију на терену), позицију лопте и димензије терена.

Свака формација има одговарајућу групу скрипти које се додељују дефанзивним играчима. Кроз ову имплементацију, у неку руку је и остварена машина стања, али не кроз класичан начин имплементације, већ користећи погодности које *Unity* нуди.

У овом случају се то односи на могућност доделе скрипте играчком објекту (*GameObject*) у току извршавања апликације. И код дефанзивних играча се мора водити рачуна о анимацијама, односно у ком тренутку играч трчи, у ком мирује. Дефанзивни играчи су такође оријентисани према лопти. Уз помоћ методе *MoveTowards* се обезбеђује постепено кретање играча уз *Running* анимацију.

Услов за прекидање анимације трчања јесте да играч стигне до позиције која је израчуната са *CalculateBestPosition* методом која се састоји од неколико *if-else* конструкција којима се проверава где се лопта налази на терену.



Слика 11: Приказ коначне сцене

6. ЗАКЉУЧАК

Резултат рада је апликација која представља интерактивну симулацију кретања дефанзивних играча на основу параметара које је корисник дефинисао. Корисник може ући и у тренерски режим који му омогућује да се слободно креће по терену и посматра симулацију.

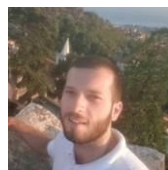
Главни проблем се јавља код додавања нових формација јер је потребно писати скрипте за сваку нову позицију која је везана за ту формацију, а не постоји ни у једној претходној. Ово се може решити уграђивањем неког алгорита вештачке интелигенције.

У апликацију се може увести физика која би играчима и лопти дали масу и омогућили колизију, јачину додавања и шута. Кретања играча би додатно се морала кориговати са *Pathfinding* алгоритмом (нпр. *A* Search*) како би се избегла колизија између играча. Свакако би напредак био у смислу бољих модела играча и стадиона.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mat Buckland, *AI Techniques for Game Programming*, 1st Edition, 2002.
- [2] Mat Buckland, *Programming Game AI By Example*, 1st Edition, 2004

Кратка биографија:



Никола Скробња рођен је 1995. године у Новом Саду. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – одбранио је 2021. године.

SKLADIŠTENJE PODATAKA U DNK MOLEKULIMA**DNA-BASED DATA STORAGE**Andrea Josipović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTREHNICA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Potrebe za novim alternativama skladištenja sve veće količine podataka su evidentne. Čuvanje podataka u DNK molekulima se javlja kao jedna od opcija koja ima brojne prednosti u odnosu na postojeće mogućnosti. Kakav uticaj može imati na čitavu sferu skladištenja podataka, način realizacije i njene prednosti i mane detaljno su analizirane u ovom radu.

Ključne reči: DNK molekul, skladištenje podataka

Abstract – The necessity of new alternatives for the purposes of digital data storage is greatly increasing. Storing data in DNA molecules is one of the options which has many benefits in comparison to already existing storage mediums. How great of an impact can it have to the whole field of data storage, it's realizations and (dis)advantages are thoroughly analyzed in this paper.

Keywords: DNA molecule, data storage

1. UVOD

Ljudi imaju prirodnu potrebu za novim saznanjima koja čuvaju i akumuliraju za neke buduće primene. Upravo to je karakteristika nasleđena intelektualnom evolucijom čoveka. Dezoksiribonukleinska kiselina (DNK) omogućava upravo pomenutu sposobnost čuvanja za potencijalnu buduću upotrebu, prvenstveno zbog osobina izdržljivosti i kompaktnosti koje je odlikuju, kao i zbog načina skladištenja sličnog dosadašnjim kompjuterskim sistemima. Oblast DNK skladištenja koja je u razvoju ima potencijala da transformiše naučnu fantastiku u realnost pomoću "uređaja" koji može da nam stane u dlan, a da pritom u sebi sadrži sve globalne podatke generisane na godišnjem nivou.

2. IZAZOVI TRADICIONALNIH MEDIJUMA

Globalno informaciono doba karakterisano je stvaranjem, kupovanjem, prodavanjem i nagomilavanjem podataka u toj meri da nadmašuje ljudske mogućnosti analiziranja, skladištenja i čuvanja. U tom smislu velika količina podataka predstavlja veliki problem.

Na osnovu istraživanja IDC Global DataSphere kompanije, za podatke koji su generisani na svetskom nivou (podrazumevajući nove i kopije starih) predviđa se da će rasti za 23% na godišnjem nivou u periodu od 2020. do 2025. godine.

Prema toj stopi, zaključno sa 2025. godinom, ukupna količina podataka dostići će 180 zetabajta. Udeo porasta ne

čine samo nove informacije koje je potrebno sačuvati, već i replike postojećih. Glavni razlog velikog broja kopija jeste Cloud online mogućnost skladištenja, gde se podaci višestruko multipliciraju kako bi se smanjila verovatnoća oštećenja informacije u bilo kakvom smislu i obezbedilo brže dolaženje do podataka jer je time preskočen korak oporavka podatka do prvobitnog stanja. Masovno čuvanje sa sobom nosi i ogromna materijalna ulaganja, koja nisu dostupna širokim narodnim masama.

Današnji skladišni medijumi (magnetni, poluprovodnički i drugi) mogu sa odgovarajućim održavanjem da čuvaju podatke i do nekoliko decenija. Ipak, oni imaju ograničen životni vek i njihove mogućnosti vremenom degradiraju. Sve pomenuto za posledicu ostavlja neophodnost periodične provere i kontinuirani monitoring kako bi se očuvao integritet podataka koje čuvaju. Dodatna otežavajuća okolnost jeste promenljiv format sadržaja koji se menja iz generacije u generaciju jer se i procesi čitanja i upisivanja sa razvojem menjaju. Mana na koju ukazuju pojedine estimacije jeste činjenica da će skladišni centri koji su 2018. godine trošili 1% totalne energije na globalnom nivou, trošiti 3 ili 4 puta više u narednoj deceniji. Za zetabajtsku skalu koja je savremeni cilj skladištenja ovi trendovi predstavljaju ozbiljne prepreke kako u materijalnom, tako i u praktičnom smislu. Bolje rečeno, sve ukazuje na potrebu nekog novog pristupa u hijerarhiji skladištenja koga će karakterisati materijalna isplativost i kapaciteti koji će moći da prate eksponencijalni rast podataka u 21. veku [1][2].

3. DNK MOLEKUL KAO SKLADIŠNI MEDIJUM

DNK je primarni genetički materijal. Osnovni je nosilac genetičke informacije (gena) kod živih bića, sa izuzetkom pojedinih virusa kod kojih tu ulogu ima ribonukleinska kiselina (RNK). Njegova struktura je predstavljena polinukleotidnim lancem koji se sastoji od niza nukleotida. Sami nukleotidi su složene strukture koju čine azotna baza, pentozni šećer i fosfatna grupa. Govoreći o strukturi nukleotida u DNK, azotna baza je diferencirajući faktor. Ona se može pojaviti u nekoj od četiri varijante, dok su preostala dva elementa – pentozni šećer dezoksiriboza i fosfatna grupa – uvek isti. Varijante azotnih baza su:

- Adenin – A
- Guanin – G
- Timin – T
- Citozin – C

Kostur polinukleotidnog lanca čine veze uzastopnih susednih dezoksiriboza i fosfatnih grupa. Unutrašnjost polinukleotidnog lanca konstruišu veze komplementarnih azotnih baza pomoću vodoničnih veza: A-T (pirini) i G-C (pirimidini), rezultujući u četiri moguće varijacije. Dva

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Mladen Kovačević.

paralelna polinukleotidna lanca se međusobno uvijaju oko zamišljene zajedničke ose u dvojni spiralu formirajući dvostruki heliks (dvostruka spirala) [2].

3.1 Prednosti primene DNK molekula

Priroda je u svoje svrhe razvila molekule koji imaju neverovatne kapacitete skladištenja. Jedan od tih molekula jeste i DNK, molekularni depozit biološke informacije. Gram DNK koji se sastoji od 10^{21} DNK baze može da čuva 10^8 terabajta binarnih podataka (nula i jedinica). Volumetrijski pristup fizičkog što se izvrši sinteza, DNK se trajno čuva u kapsuli i time štiti od spoljašnjih uticaja. Postoje mnogi načini na koji se ovo može uraditi, podrazumevajući da se prilikom njihovog postavljanja u kapsulu ubrizgava i inertni gas ili neki drugi hemijski materijal koji podržava njegovo očuvanje. Svaka opcija čuvanja DNK mora koristiti neki unapred izabrani materijal kapsule u kojem će se čuvati. Postoji više mogućnosti skladištenja sa svojim prednostima i manama koje utiču u odabiru metode, u zavisnosti od ograničenja i prednosti koje svaka od njih nosi.

1. **Izdvajanje DNK iz biblioteke** – Kada postoji potreba da se dođe do podatka koji je skladišten u DNK, to podrazumeva da se iz čitave biblioteke DNK koji čuvaju informacije izdvoji traženi i potom pripremi za sekvenciranje. Vrlo često ovaj korak podrazumeva i pravljenje kopija molekula za različite kasnije potrebe. Kako bi se izbeglo čitanje cele biblioteke da bi se došlo

do željenog DNK molekula primenjuje se random pristup. On omogućava da se pronađe traženi podatak za čitanje bez potrebe da se prethodno prođe kroz celu biblioteku. Ova realizacija je mnogo jednostavnija u tradicionalnim skladišnim medijumima, dok je na molekularnom nivou izazovnije zbog nedostatka fizičke organizacije podataka u DNK. Jedan primer random pristupa jeste PCR (engl. polymerase chain reaction) metoda.

2. **Sekvenciranje (čitanje)** – DNK sekvenciranje je pojam koji opisuje veliki broj tehnika za detekciju redosleda baza u polinukleotidnim lancima. Ovaj korak je među prvim istraživani kada se skladištenje DNK pominje. Među prvim pokušajima DNK skladištenja se pominje metoda čitanja - Lančano završavanje (engl. chain termination sequencing). Njen tvorac Sanger njome je napravio veliku prekretnicu u ovoj oblasti i prvi put dokazao da je čitanje iz DNK izvodljivo. Od 1990-ih je aktuelna tehnologija sekvenciranja zvana Nova generacija sekvenciranja (engl. Next generation sequencing - NGS) koja je svojim karakteristikama značajno poboljšala ovaj korak. Koristi mogućnost paralelizacije kako bi povećala skalabilnost, brzinu i kvalitet prenosa podataka. NGS predstavlja čitavu skupinu različitih metoda sekvenciranja od kojih su danas dve u širokoj komercijalnoj upotrebi [5][7].

Tabela 1. Tabelarno poređenje DNK kapaciteta sa dosadašnjim pristupima na osnovu nekoliko karakteristika [3].

Device	Data retention	Storage density	Power usage (watts/gigabyte)	Access time
Hard disk	10 years	$\sim 10^{13}$	~ 0.04	7 ms
Flash memory	~ 10 years	$\sim 10^{16}$	$\sim 0.01-0.04$	5 ns
DRAM	~ 64 ms or less	$\sim 10^{13}$	A few tenths of watt	60 ns
Cellular DNA	> 100 years	$\sim 10^{19}$	$< 10^{-10}$	Slower than conventional media

5. DNK „SKRIVENO“ UPISIVANJE

Tajno upisivanje se koristi kako bi se sprečio pristup informacijama nedozvoljenim licima i njihovo nedozvoljeno korišćenje. Za realizaciju ovih ciljeva primenjuju se rešenja iz kriptografije i steganografije – naučnih disciplina koje su već vekovima aktuelne i čija se primena pronalazi u različitim oblastima.

5.1. DNK kriptografija

Mogućnost molekula DNK da skladišti, procesira i prenosi informacije je inspirisala ideju DNK kriptozastite. Zasniva se na korišćenju četiri azotne baze – A, G, T i C za sva računanja. Glavna prednost DNK računanja jeste paralelizacija DNK molekula. Matematički aspekt u kriptografiji je zamenjen za hemijski, što onemogućava razbijanje ovog vida kriptografije konvencionalnim metodama ili kvantnim računanjem. Skladišni kapaciteti su još jedan razlog zbog kojeg je fokus na DNK kriptografiji. Jedan gram DNK molekula se sastoji od 10^{21} DNK baza koje mogu sadržati do 10^8 terabajta. Gehlani i saradnici su prvi ispitivali mogućnosti kreiranja

kriptosistema koristeći DNK molekule 1999. godine. Definirali su OTP šifrovanje (engl. One Time Pad) pomoću dve tehnike: DNK supstitucije i korišćenje XOR logičke operacije na nivou bita. Budući da OTP metoda šifrovanja podrazumeva i ključ kojim se definiše pravilo šifrovanja i koje jedino može dešifrovati istu tu poruku, u slučaju sa DNK dolazi se do ideje da lanac DNK ima ulogu ključa. Bitno je pomenuti da ne postoji jedan ključ kojim se šifrue svaki deo poruke, već postoji čitava biblioteka ključeva kojima je svako od šifrovanja definisano.

Kada se radi o metodi supstitucije koraci su sledeći:

- 1) Za polazni korak uzima se binarna poruka koja je predstavljena polinukleotidnim lancem DNK dužine n i koja je podeljena na manje delove fiksne dužine.
- 2) Na jedinstven i slučajan način se vrši mapiranje nad svakim manjim delom definisane dužine binarne poruke u šifrovanu.
- 3) Svaka ponavljajuća celina je na slučajan način postavljena na poziciju u nizu, potom izolovana i na kraju klonirana kako bi se formirala biblioteka ključeva.

4) Dolazi do hibridizacije, odnosno produžavanja ključa pomoću enzima polimeraze uz praćenje koraka protokola DNK replikacije [1][4].

5.2. DNK steganografija

DNK steganografija omogućava prenos poverljivih informacija u živim organizmima sve dok su PCR prajmeri i tajni ključ poznati svakom primaocu. Ponovo, Gehlani i saradnici su prvi predložili 1999. godine metod steganografije koji uključuje i DNK. Koraci su sledeći:

- 1) Polazni sadržaj predstavljen je preko polazne sekvence DNK lanaca.
- 2) Oni se potom taguju pomoću tajnog ključa koji je takođe u formi DNK.
- 3) Polazne sekvence se mešaju sa nasumično formiranim sekvencama DNK koje su označeni kao ometači.
- 4) Ako je tajni ključ poznat primaocu, tada polazne sekvence DNK lanaca mogu da se izdvoje iz pomešanih lanaca prateći korake protokola pročišćavanja po srodnosti. Jednostruka sekvenca koja se koristi je komplementarna sekvenca i predstavlja tajni ključ [6].

6. GREŠKE PRILIKOM ŠIFROVANJA I DEŠIFROVANJA PODATAKA

Sinteza i sekvenciranje su skloni greškama. Nekoliko istraživanja do sada je pokazalo da postoji prosečna stopa greške od 1%, takvih da taj procenat pozicija u DNK neće nakon upisivanja i kasnijeg čitanja sadržati istu informaciju u njoj. Za sada je sigurno da će procesi koji se primenjuju u ova dva koraka u manjoj ili većoj meri uticati na stopu greške i da PCR metoda i korak skladištenja mogu dovesti i do brisanja podataka. Ovakve performanse nije poželjno ponuditi korisnicima. Stoga, bitno je da se naknadno implementira korak ispravljanja grešaka. U ove svrhe, postoji cela oblast u okviru kompjuterskih nauka koja se zove teorija informacija ili teorija kodovanja koja se fokusira na obezbeđivanje nepromenjenog podatka pri preuzimanju iz memorije, uprkos svim smetnjama koje se javljaju. Za razliku od klasičnih skladišnih opcija, DNK može manifestovati i brisanje ili dodavanje baza i tako otežati pravu traženu informaciju pri čitanju [8][9].

6.1. Osnove ispravljanja grešaka

Svode se na dodavanje redundantnih informacija koje povećavaju verovatnoću da se originalna informacija na kraju preuzme u celosti i nepromenjena, čak i u prisustvu grešaka ili izbrisanih podataka. Što je redundantna stopa veća, to je veća tolerancija na greške (ili gubitke). Kada se govori o redundantnosti, postoje dva osnovna tipa:

1. **Fizička redundantnost** – odnosi se na veliki broj kopija sekvenci DNK. DNK sinteza proizvodi veliki broj fizičkih kopija iste DNK sekvence.
2. **Logička redundantnost** – odnosi se na integrisanje dodatnih informacija kada se koduju biti u DNK sekvence. Iako fizička redundantnost utiče na bolju toleranciju i eliminiše uticaj manje količine grešaka iz sinteze i sekvenciranja, to ipak nije dovoljno za garanciju skladištenja bez greške sa velikom pouzdanošću. Prve metode za redukciju greške koje su u primeni danas su se prvi put pojavile 1940. godine. Svima im je zajedničko što dodaju redundantu originalnom podatku pre nego što

je sačuvaju ili transmituju kroz kanal. Prijemnici dodatnu redundantu koriste da provere da li je primljeni sadržaj konzistentan i ako nije da se rekonstruiše izvorna informacija. Sama količina redundantse koja se može dodati zavisi od šuma kom podaci mogu biti izloženi, metode koja se koristi i verovatnoće uspešnog dekodovanja koja želi da se postigne [8].

7. SADAŠNJOST I BUDUĆNOST

Sa sadašnje tačke gledišta, verovatno je da će vreme koje je potrebno da se izvrši korak čitanja i dalje biti visoko (nekoliko minuta do sati) u nekoj skorijoj budućnosti. Ipak, dokle god je količina podataka koja može istovremeno da se upisuje ili kasnije čita visoka (zahvaljujući paralelizaciji), in vitro DNK skladištenje može da bude pomoćno ili čak glavno sredstvo u komercijalnim svrhama. Iako predstoje ozbiljne prepreke koje treba da se premoste u materijalnom i drugim aspektima pomenutim u ovom odeljku, treba pomenuti da za potrebe DNK skladištenja tačnost može da se žrtvuje za brzinu izvršavanja, fizička redundantna se može značajno smanjiti. To sve omogućava dalji razvoj i poboljšanje performansi kako sinteze tako i sekvenciranja. Očekuje se da će se time troškovi smanjiti jer će biti prilagođeni većim podlogama sinteze i većim bečevima DNK. U korist tome ide i manji broj neophodnih kopija DNK sekvenci koji je potreban da se obezbedi pouzdanost čitavog sistema. Iako postoje dokazi koji ukazuju na mogućnost čitanja sadržaja iz nekoliko godina starih DNK molekula, ipak postoji mogućnost degradacije brže ili sporije u zavisnosti od uslova u kojima se nalazi. Visoke temperature, vlažnost i izloženost ultravioletnom svetlu su samo neki od njih. Danas i dalje najveći deo sinteze i sekvenciranja izvode ljudi u laboratorijskim uslovima. Biblioteke DNK treba da omoguće automatizaciju putanja do željene kapsule i skalabilnost bez značajnog ugrožavanja gustine.

DNK ima potencijala za višestruku primenu u različitim oblastima, kako danas tako i u budućnosti. Trenutno se radi na razvijanju kompjutera koji se zasnivaju na kvantnoj teoriji, teoriji koja se zasniva na modernoj fizici i objašnjava prirodu, ponašanje materije i energije na atomskom i podatomskom nivou. Kompanije kao što su Microsoft, IBM i Google ulažu velike količine novca upravo u takva istraživanja. Kada se govori o kvantnoj mehanici, ona ne dozvoljava da se podaci skladište direktno u neki medijum, nego moraju da se konvertuju u kvantne bite pre samog čina skladištenja. Zato, kada kvantni kompjuteri u budućnosti postanu komercijalno pristupačni, istraživači će jednostavno iskoristiti njihove funkcije i integrisati sa DNK. Pored kvantnih mašina ispituju se načini na koje se mogu konstruisati kognitivne mašine koje se zasnivaju na konvergenciji biološke i fizičke inteligencije, kao i biološki inspirisani roboti koji koriste DNK u svom funkcionisanju.

Za korak šifrovanja originalnog sadržaja može se iskoristiti DNK. Jednostruki i dvostruki lanci DNK se konkretno mogu koristiti za šifrovanje ne samo podataka, čak i čitavog softvera. Teži se ka tome da će sistem moći da semantički izanalizira neki šablon, na primer sliku ili zvuk, te da iz tog šablona može da izdvoji sve glavne karakteristike ili informacije iz njih [4][10].

8. ZAKLJUČAK

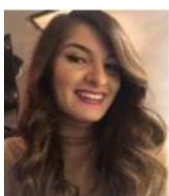
Mogućnost skladištenja podataka u DNK dokazana je kao izvodiva 80-ih godina prošlog veka i od tada su istraživanja na ovu temu stalno aktuelna, a napredak posledično uočljiv. Dalje u budućnosti, postizaće još bolje rezultate sa razvojem oblasti kompjuterskih nauka. To, između ostalog, podrazumeva uređaje za čitanje DNK koji su znatno brži od današnjih, random pristup koji će se usavršiti automatizacijom uz pomoć softvera koji su specijalno kreirani za njih.

Kako se tehnologije budu razvijale, tako će DNK skladištenje postati neizostavni deo šireg ekosistema novih kompjuterskih tehnologija koje se zasnivaju na sintezi sintetičke biologije i poluprovodničke industrije.

9. LITERATURA

- [1] V. Demidov, “*DNA Beyond Genes*”, Springer 2020.
- [2] <https://www.cs.utexas.edu/~bornholt/dnastorage-asplos16/>
- [3] P. Darshan, A. M. Kutubuddin, J. B. Mirza, S. Alaka., B. Deeptirekha, D. Manaswini, “*DNA as a digital information storage device: hope or hype?*”, Springer 2018.
- [4] Članovi DNA Data Storage alijanse, “*An introduction to DNA data storage*”, DNA data storage alliance, 2021.
- [5] “*The future of DNA data storage*”, Potomac Institute for Policy Studies, 2018.
- [6] J. E. Lauzan, J. Hall, M. Smith, “*Could DNA be the next big thing in data storage?*”, Atos Scientific Community, 2015
- [7] “*DNA-based digital storage*”, Twist Biosence, 2017.
- [8] P.Y. De Silva and G. U. Ganegoda, “*New Trends of Digital Data Storage in DNA*”, BioMed research International, 2016.
- [9] B. Carmean, L. Ceze, G. Seelig, K. Stewart, K. Strauss, M. Willsey, “*DNA Data Storage and Hybrid Molecular–Electronic Computing*”, IEEE, 2018.
- [10] M. Mondal, K. S. Ray, “*Review on DNA Cryptography*”, International Journal of Information & Computation Technology, 2019.
- [11] S. Namasudra, G. C. Deka, “*Advances of DNA computing in cryptography*”, Taylor & Francis Group, 2019.

Kratka biografija:



Andrea Josipović rođena je u Novom Sadu 1997. godine. Osnovne studije na Fakultetu Tehničkih nauka završila je 2020. godine. Master rad na istom fakultetu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Obrada signala odbranila je 2021. godine.

kontakt: andrea.josipovich@gmail.com

KONFIGURACIJA REVERZNOG PROKSIJA**CONFIGURATION OF REVERSE PROXY**Lara Mimica Kostović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljena je tehnologija reverznih proksi servera kao i konfiguracija istih. Naglasak je na njihovim osnovnim principima, mogućnostima primene, prednostima i nedostacima. U okviru rada posebno je istaknuta njihova arhitektura, kao i primena u preusmeravanju mrežnog prometa prema opterećenju. Kao primer konfiguracije i testiranja opisana je implementacija sistema za praćenje vrednosti ulaganja u kriptovalute. Prilikom implementacije korišćene su sledeće tehnologije: Node.js, Nest.js i TypeScript. Za implementaciju reverznog proksi servera korišćen je NGINX.

Ključne reči: Reverzni proksi, Server, Konfiguracija

Abstract – This paper presents the technology of reverse proxy servers as well as their configuration. The emphasis is on their basic principles, possibilities of application, advantages and disadvantages. The paper also highlights their architecture, as well as their application in Load Balancing. The implementation of a system for monitoring the value of investments in cryptocurrencies is described as an example of configuration and testing. The following technologies were used during the implementation: Node.js, Nest.js and TypeScript. NGINX was used to implement the reverse proxy server.

Keywords: Reverse proxy, Server, Configuration

1. UVOD

U prvom delu rada opisan je koncept rezervnih proksi servera. Kako bi se dodatno razjasnilo funkcionisanje rezervnog proksi sistema, sledeća poglavlja detaljno opisuju tok komunikacije između pojedinih komponenti sistema i način testiranja njegove funkcionalnosti. U drugom poglavlju opisana su osnovna načela, kao i prednosti i nedostaci reverznih proksi servera. U trećem poglavlju istaknut je detaljan opis njihovog načina rada. Nešto više o njihovoj primeni kada je u pitanju preusmeravanje mrežnog prometa prema opterećenju moći će da se pročita u četvrtom poglavlju, dok će u petom biti opisana konfiguracija, implementacija kao i mogućnosti testiranja sistema. Poslednje poglavlje obuhvata zaključak rada.

NAPOMENA:

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

2. OSNOVNA NAČELA

Reverzni proksi je termin koji opisuje način korišćenja klasičnih proksi servera u drugačijem kontekstu. Za razliku od klasičnih forward proxy servera, koji se ponašaju kao posrednici za konekcije od strane klijenta prema serveru, reverse proxy tehnologija koristi obrnuti pristup, odnosno ovi serveri se ponašaju kao posrednici za konekcije od strane servera ka klijentu, pa tako i dolazi sam naziv reverzni proksi server. Tehnologija reverznih proksi servera u današnje vreme postaje sve popularnija. Dodatni nivo sigurnosti za interne resurse, mogućnost preusmeravanja prometa prema opterećenju (engl. Load Balancing) i prikrivanje informacija o internoj organizaciji računarske infrastrukture samo su neke od njenih prednosti [1].

Budući da se reverse proxy tehnologija u svojoj osnovi velikim delom bazira na načinu rada klasičnih forward proxy servera, uvodni deo rada posvećen je upravo njima. Ukratko su opisana osnovna načela rada i razlozi njihovog korišćenja.

Klijentovo iniciranje konekcije prema serveru na Internetu predstavlja prvi korak i početak komunikacije. Upit klijenta se zatim prosleđuje odgovarajućem proksi serveru, a u zavisnosti od toga da li se radi o transparentnom proksiju ili ne, klijent može, a ne mora biti svestan njegovog postojanja.

Transparentni proksi sistemi danas su puno praktičniji i bolje prihvaćeni, budući da, osim što olakšavaju administraciju sistema, korisnicima omogućavaju ugodniji rad [1].

Proksi server zatim analizira zahtev klijenta, pa u svojoj cache bazi proverava da li postoje sadržaji koji će zadovoljiti upit. Ukoliko takvi sadržaji postoje, klijentu se vraća zatraženi sadržaj i komunikacija se ovde završava.

Ukoliko u cache bazi ne postoje zatraženi sadržaji, upit se dalje prosleđuje Internet serverima kojima je upit bio i izvorno upućen (korak 2).

Server obrađuje primljeni zahtev i nakon obrade ga vraća proksi serverima (korak 3).

Primljeni odgovor proksi zatim prosleđuje klijentu koji je inicirao upit (korak 4), pri čemu u svojoj bazi na određeno vreme kešira procesirane sadržaje (engl. Caching).

Privremeno keširanje sadržaja je jedna od najvećih prednosti korišćenja HTTP proksi servera, budući da se na taj način korisnicima može u velikoj meri povećati kvalitet usluge. Osim mogućnosti privremenog keširanja sadržaja, proksi tehnologija nudi i brojne druge prednosti kao što su proveravanje i filtriranje saobraćaja na temelju

sadržaja paketa (engl. Content Filtering), autentifikacija korisnika i sl [1].

2.1 Prednosti i nedostaci reverznih proksi servera

Jedna od najvećih prednosti korišćenja reverznih proksija je mogućnost uspostave centralne tačke pristupa svim internim serverima.

Udaljeni korisnici pristupaju proksi serveru, koji zatim njihove upite preusmerava na interne resurse. Proksi u ovom slučaju funkcioniše poput gateway-a koji pored usmeravanja saobraćaja ima bitan zadatak: unosi dodatan nivo zaštite. On kontroliše saobraćaj koji dolazi sa javne mreže, tj. Interneta.

Ukoliko se na nivou proksi servera koristi detekcija neovlašćenih aktivnosti (engl. Intrusion Detection System), omogućuje se detekcija neovlašćenih aktivnosti usmerenih prema internim sistemima, što samim tim omogućava i njihovo blokiranje.

Još jedna od prednosti korišćenja reverznih proksi servera, koju treba napomenuti, vezana je za mogućnost preusmeravanja prometa na interne sisteme prema njihovoj opterećenosti (engl. Load Balancing). Ukoliko se radi o opterećenim serverima koji svakodnevno primaju velik broj upita, ova mogućnost znatno poboljšava performanse i vreme održivosti sistema. Proksi server zavisno od opterećenja internih servera preusmerava promet tako da se ostvari što bolje vreme odziva za korisnika (engl. Response time) [1].

Budući da je proksi server zadužen za prosleđivanje svih upita prema internim serverima, ovakva konfiguracija sistema omogućava i njihovu jednostavniju zamenu pa i bezbolnije promene u Domain name system (DNS).

U slučaju kvara na nekom od internet sistema, odnosno u slučaju potrebe za promenom DNS-a, jednostavnim modifikacijama na samom proksi serveru moguće je u kratkom roku definisati novu konfiguraciju koja će odgovarati privremenom stanju, dok se ne uklone problemi.

Kao i svaka druga tehnologija, uz svoje prednosti, reverzni proksiji imaju i nedostatke.

Jedan od osnovnih nedostataka je da ukoliko dođe do kvara samog proksija, svi ostali servisi sa kojima je povezan postaju nedostupni (ovo se može rešiti uvođenjem redundantnih proksi servera).

Drugi nedostatak vezan je za sigurnosni rizik koji se javlja ukoliko neovlašćeni korisnik preuzme kontrolu nad proksi serverom. Ovaj problem dolazi još više do izražaja ukoliko je sigurnosna politika firewall-a površno implementirana, ili ukoliko interni serveri nisu adekvatno zaštićeni [1].

Upravo je iz tog razloga od važnosti voditi računa o redovnoj administraciji i instalaciji sigurnosnih delova na svim komponentama koje čine reverzni proksi sistem, kako bi se na taj način maksimalno sprečile moguće nelagodnosti.

Ukoliko se radi o Web servisu, interni server može biti otvoren za napade koji se šire putem HTTP protokola, bez obzira što se istima pristupa putem proksi servera. Kako bi se otežala mogućnost kompromitovanja internih

resursa, s obzirom na jednostavno prosleđivanje konekcija s javnog interneta prema internim serverima, bilo bi poželjno na sam proksi server ugraditi podršku za analizu sadržaja mrežnih paketa (engl. Content Filtering).

Na taj način bi bilo moguće u određenoj meri razlikovati legitimni od nelegitimnog prometa i samim tim donositi odluke o tome da li će se promet proslediti prema internim serverima ili ne.

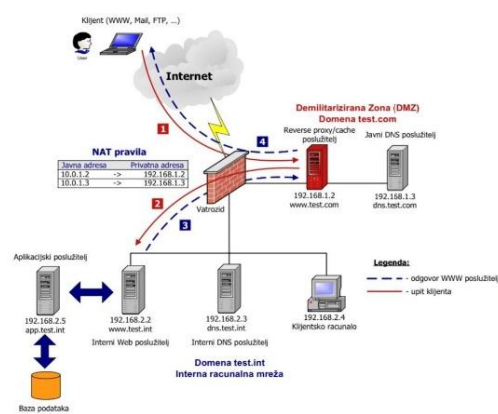
3. NAČIN RADA

U ovom poglavlju će biti opisan način rada reverznih proksi servera, osnovna načela reverzne proksi tehnologije s pripadajućim grafičkim prikazima, kao i mogućnosti njene primene u praksi.

Postoje dva osnovna modela za korišćenje servera. Jedan je vezan za osiguravanje internih servera putem proksi servisa, dok je drugi vezan za mogućnosti balansiranja mrežnog prometa.

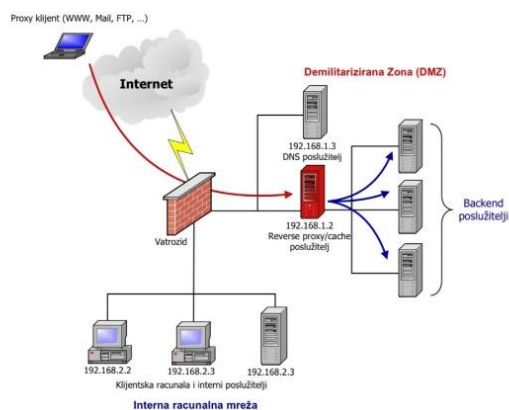
3.1 Arhitektura sistema

Na slici 1 prikazan je jedan od mogućih scenarija upotrebe RP tehnologije u svrhu zaštite internih servera, a u radu je detaljno i opisan.



Slika 1. Primer korišćenja [1]

Na slici 2 je prikazana arhitektura sa proksi i backend faktorima u DMZ zoni.



Slika 2. Primer korišćenja sa proksijem i backend faktorima u DMZ zoni [1]

3.2 Komunikacioni tok

Kako bi se omogućio ispravan rad reverznog proksi servera potrebno je definisati sledeća pravila:

- Regularno prepisivanje (engl. Regular mapping) - pravilima regularnog prepisivanja definiše se na koje će se interne servere upiti klijenata prosleđivati.
- Reverzno prepisivanje (engl. Reverse Mapping) - ovim pravilima omogućuje se prikrivanje stvarnih adresa internih backend sistema.

Ovo je vrlo važna karakteristika reverznog proksi servera, budući da upravo ona omogućuje prikrivanje interne strukture računarskog sistema i servisa. Uz definisanja pravila reverznog prepisivanja, proksi server će presretati sve odgovore internih servera pa ih modifikovati na način takav da klijentima izgleda kao da odgovor dolazi s proksija, a ne s internih servera.

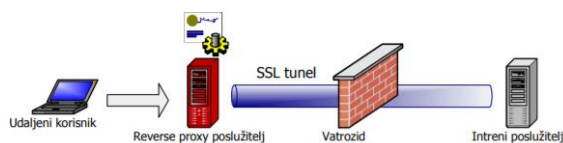
Tok komunikacije je sledeći:

1. Korisnik inicira konekciju prema serveru www.test.com
2. Javni DNS server u DMZ zoni klijentu vraća javnu IP adresu putem koje je dostupan server pod imenom www.test.com (10.0.1.2)
3. Klijent inicira konekciju prema serveru s IP adresom 10.0.1.2, koja preko statičkog prepisivanja adresa na firewall-u prosleđuje sve proksi serveru u DMZ zoni (korak 1)
4. Reverzni proksi server na temelju definisanih regularnih pravila prepisivanja otvara konekciju prema internom serveru (korak 2)
5. Interni server, nakon procesiranja upita, odgovor vraća reverznom proksi serveru u DMZ zoni (korak 3)
6. Proksi server analizira primljeni odgovor, pa ga na osnovu definisanih reverznih pravila modifikuje (ukoliko je to potrebno)
7. Proksi server klijentu vraća odgovor, pri čemu svi delovi odgovora ukazuju na poslati upit

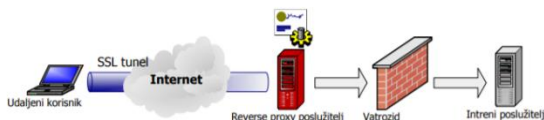
3.3 Bezbednost

Ukoliko je potrebno osigurati poverljivost podataka koji se razmenjuju između klijenta i sistema, na reverznom proksi serveru moguće je uključiti i podršku za Secure Socket Layer (SSL) protokol.

U ovakvom scenariju moguća su dva slučaja prikazana na slikama 3 i 4.



Slika 3. Enkripcija i autentifikacija saobraćaja između RP servera i internih servera [1]



Slika 4. Enkripcija i autentifikacija saobraćaja između klijenta i servera [1]

4. PREUSMERAVANJE MREŽNOG PROMETA PREMA OPTEREĆENJU

Još jedna od primena u kojoj se reverzna proksi tehnologija pokazala kao vrlo praktična jeste preusmeravanje mrežnog prometa prema opterećenju (engl. Load Balancing). U ovom slučaju proksi sistem presreće zahteve klijenata te ih u zavisnosti od opterećenja prosleđuje na jedan od internih backend servera (Slika 7) [1].

Tehnika preusmeravanja mrežnog prometa najčešće se primenjuje kod servisa koji konstantno primaju velik broj upita i gde se posebno mora voditi računa o performansama, odnosno vremenu odziva (engl. Response time).

5. KONFIGURACIJA I TESTIRANJE

U ovom delu rada opisana je implementacija reverznog proksi servera pomoću NGINX-a. Implementacija reverznog proksija je izvršena na aplikaciji za praćenje vrednosti ulaganja u kriptovalute čija je specifikacija navedena u nastavku:

Prvi deo

1. Implementirati reverzni proksi server pomoću NGINX-a

Drugi deo

1. Neophodno je kreirati entitet Investicija sa poljima Naziv (npr. Bitcoin), Skraćenica (BTC), datum, cena po jedinici (npr. 30.171,43 €), iznos (npr. 0,001), vrednost (= cena po jedinici * iznos). Takođe je potrebno implementirati CRUD (engl. Create Read Update Delete) operacije za svaku investiciju tako da korisnik može dodati investicije u svoj portfolio. Brisanje treba da bude logičko i svi podaci treba da ostanu u bazi podataka.
2. Dodati entitet Portfolio koji prikuplja sve investicije za korisnika.
3. Svakog sata potrebno je čitati vrednosti kriptovaluta iz CointMarketCap API-ja i izračunavati ukupnu vrednost investicionog portfolia (zbir svih iznosa * njihova trenutna vrednost).
4. Sačuvati izračunatu vrednost u entitetu Vrednost portfolia tako da korisnik može da prati vrednosti svog portfolia istorijski
5. Koristiti TypeScript

Treći deo

1. Koristiti HttpModule umesto fetch/axios-a, da bi se vrednosti kriptovaluta mogle sačuvati kao promenljiva koja se može posmatrati (observable)
2. Kreirati servis koji će biti subscribe-ovan na promenljivu koja će se posmatrati. Prilikom svake promene te promenljive, ovaj servis treba da uzme podatke i da ih prosledi klijentu pomoću websocket-a
3. Napraviti jednostavnu klijentsku aplikaciju koja će biti povezana sa serverom pomoću websocket-a. Ova aplikacija će prikazati najnovije vrednosti kriptovaluta koje dolaze sa servera

Prilikom implementacije korišćene su sledeće tehnologije: Node.js, Nest.js i TypeScript.

Uslovi neophodni za realizaciju implementacije su sledeći:

- Linux server
- Korisnik sa sudo privilegijama
- Linux Command-Line (CLI) ili terminal

Konfiguracija i implementacija sistema detaljno je opisana u radu u poglavlju **Proces konfiguracije i implementacije**. Nakon pomenutog poglavlja, u poglavlju **Testiranje sistema** opisana su dva načina za testiranje. Jedan od njih je svakako pristupanje log datoteci sa reverse proxy servera, gde je moguće pronaći podatke o prosleđivanju zahteva sa klijenta na interni server. Takođe, u log datotekama servera moguće je proveriti adresu s koje pristižu HTTP upiti.

6. ZAKLJUČAK

U radu je opisana tehnologija reverznog proksi servera zajedno s njenim osnovnim karakteristikama, prednostima, nedostacima, kao i mogućnostima upotrebe. Na kraju je opisan primer implementacije reverznog proksi sistema pomoću NGINX-a sa osnovnim smernicama kojih se treba pridržavati prilikom implementacije sistema ovog tipa. Takođe je analiziran i tok komunikacija između pojedinih komponenti sistema, kao i primer praćenja istog, čime se dodatno demonstrirao način rada sistema.

7. LITERATURA

- [1] Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARNet, 2003. Reverzni proksi poslužitelji
- [2] Enrique Ortiz, C. 2002. Introduction to OTA Application Provisioning
<http://developers.sun.com/techtopics/mobility/midp/articles/ota>

- [3] Sharad Chandra Agrawal 2003. Location Based Service

http://www.tcs.com/0_whitepapers/htdocs/atc/location_based_services_sep03.pdf

- [4] Marin Vuković 2006. Isporučka lokacijski specifičnog sadržaja pokretnim korisnicima, diplomski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

- [5] Bažant, Lovrek, Mikac i drugi 2003. Osnovne arhitekture mreža Element, Zagreb

- [6] (2012) Technet - Echange Server 2010. Dostopna na: <http://technet.microsoft.com/en-US/exchange/dd203064>

- [7] T. Redmond, Microsoft Exchange Server 2010 Inside Out, Microsoft Press, 2010

- [8] J. McBee, D. Elffasy, Mastering Microsoft Exchange Server 2010, Sybes, 2010

Kratka biografija



Lara Mimica Kostović rođena je 01. februara 1998. godine u Novom Sadu. Godine 2016. upisala je Fakultet tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika. Oktobra 2020. godine je diplomirala. Iste godine upisala je master studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Računarstvo i automatika, studijski program Elektronsko poslovanje. Master rad odbranila je 2021. godine.

КВАЛИТЕТ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ПОСЛОВНИМ ЗГРАДАМА**ELECTRIC POWER QUALITY OF COMMERCIAL BUILDINGS**Стефан Сатарић, Владимир Катић, Золтан Чорба, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област - ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

Кратак садржај - У овом раду је описано и анализирано мерење квалитета електричне енергије у три типичне пословне зграде у којима доминирају мали нелинеарни потрошачи, претежно кластери персоналних рачунара. Процењене су девијације струја и напона услед виших хармоника и упоређене са важећим стандардима.

Кључне речи: квалитет електричне енергије, виши хармоници, нелинеарни потрошачи, THD (укупно хармонијско изобличење).

Abstract – This paper describes the measurements of electric power quality in three typical commercial building in which small nonlinear devices, primarily PCs dominate. The total harmonic distortions of current and voltage are estimated and compared with pertaining standards.

Keywords: power quality, higher harmonics, nonlinear devices, THD (total harmonic distortion).

1. УВОД

Појам квалитета електричне енергије је врло комплексан, јер поред комерцијалног и еколошког, укључује фундаментално важан технички квалитет енергије. Основна улога ефикасног електро-енергетског система (ЕЕС) је да обезбеди константан, поуздан и економичан пренос и дистрибуцију енергије од извора и квалитетно напајање крајњих корисника. Технички квалитет, који се манифестује кроз одступање параметара квалитета електричне енергије на сабирницама потрошача, првенствено се односи на статус напонских прилика. Од примарног значаја је утицај малих једнофазних потрошача опремљених исправљачима, као што су персонални рачунари, монитори, сервери, штампачи, скенери и друга рачунарска опрема, затим аудио и ТВ апарати, пуњачи за мобилне телефоне и други електронски уређаји, који се огледа у деформацији таласног облика струје. Услед прекидачке природе рада, или нелинеарне струјно-напонске карактеристике, такви уређаји конзумирају несинусоидалну импулсну струју, што доводи до деформације мрежног напона (стварање виших хармоника, фликера, уреза у напону, као и напонског шума). Поред тога, појаве у дистрибутивној мрежи, као што су пропади или поскоци напона, пренапони или поднапони, краткотрајне осцилације и

импулсне сметње деформишу напон напајања на сабирници. Они могу да изазову погрешан рад, ресетовање или престанак рада разних потрошача, па и оних поменутих [1]. Свеукупни утицај ових појава деградира квалитет електричне енергије.

У пословним објектима налази се велики број помених, нелинеарних потрошача, па је потребно утврдити колики је њихов утицај на квалитет електричне енергије. У литератури су приказани неки резултати оваквих анализа, углавном утицај рачунарских центара [2,3], али кумулативни ефекат више оваквих потрошача веома ретко.

У раду су приказани резултати мерења у три пословна објекта у којима су доминантни нелинеарни једнофазни потрошачи. Праћење су струјно-напонске прилике, а потом анализирани спектри виших хармоника поређењем са одговарајућим стандардима.

2. СПЕЦИФИКАЦИЈА ТИПИЧНИХ ПОТРОШАЧА У ПОСЛОВНИМ ЗГРАДАМА

У Табели 1 је представљен скуп типичних једнофазних нелинеарних малих потрошача за једну канцеларију у пословним зградама [4]. Дати су износи одговарајућих номиналних струја и снага, као и укупно хармонијско изобличење струје (THDI).

Упадљива је велика дисторзија струје код већине уређаја, посебно код монитора и брзих пуњача за мобилне телефоне (чак до 207%). Међутим, када се сви они истовремено прикључе, долази до смањења THDI, односно сада је $THDI=74.7\%$ [4]. Тај ефекат примећен је и у [2] при раду великих група персоналних рачунара, а последица је делимичног поништавања хармоника (*harmonic cancellation*) и њиховог слабљења (*attenuation*). Први ефекат је резултат различитих фазних углова хармоника истог реда, који потичу од разних потрошача, па долази до њиховог међусобног поништавања. Ефекат слабљења је последица импедансе система, која за хармонике вишег реда даје већи индуктивни пад напона ($X_h=2\pi f_h L$). На слици 1 приказан је таласни облик струје и спектар струјних хармоника за монитор из Табеле 1 [4].

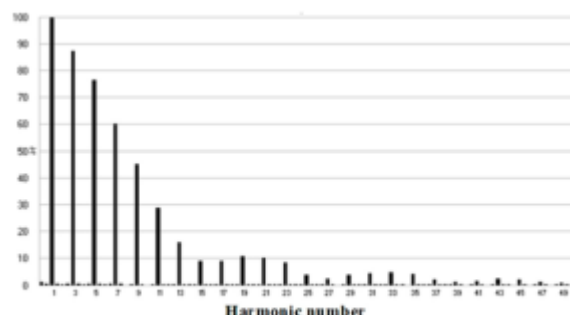
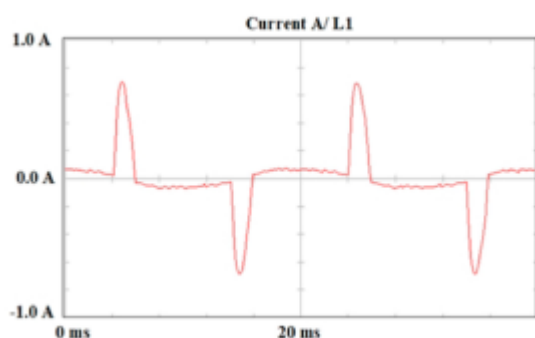
С друге стране, мала снага ових уређаја, као и помених ефекти имају за последицу да је њихов утицај на таласни облик напона у мрежи, односно на износ укупног хармонијског изобличења напона (THDU) мали. Ипак, они могу да поремете таласни облик, нарочито при врху синусоиде напона (заравњена синусоида).

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Владимир Катић, ред. проф.

Табела 1. Потрошачи у пословним зградама и њихови основни параметри [4]

Потрошач	Струја (A)	Снага (W)	THDI (%)
Пуњач за лаптоп (Laptop charger /AC power adapter, Samsung Model A10-090P1A)	1.5	90	35.3
Копир апарат (Desktop Copier Canon IR 2016)	2.5	3.6	81.3
Монитор (LCD Monitor 20 inch, LG L204WT)	1.0	45	145.3
Пуњач за мобилни (Smartphone Charger Samsung EP-TA20EWE)	0.5	0.1	207.3
Сијалица (Compact fluorescent lamp Osram 20W/865)	0.2	20	73.5
Сијалица (Fluorescent lamp type 8 Philips TLD18W830)	0.36	18	97.6
Клима уређај (Air conditioner)	4.5	1030	23.96



Сл. 1. Таласни облик струје и виши хармоници за LCD-monitor из Табеле 1 [4]

3. СТАНДАРД КВАЛИТЕТА SRPS EN 50160

Српски стандард SRPS EN 50160:2008 идентичан је са европским стандардом EN 50160:1999 [5]. Он даје главне карактеристике напона на прикључцима за напајање потрошача у нисконапонским (НН) и средњенапонским (СН) дистрибутивним системима у условима номиналног рада. Од интереса за овај рад су дозвољени нивои напонских виших хармоника за НН представљени у Табели 2.

Табела 2. SRPS EN 50160 Дозвољени нивои виших хармоника напона за НН [5].

Ред хармоника h	Хармон. изобл. U_h/U_1 (%)
3	5
5	6
7	5
9	1.5
11	3.5
13	3
15	0.5
17	2
19	1.5
21	0.5
23	1.5

4. МЕРЕЊЕ КВАЛИТЕТА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Да би се анализирао утицај потрошача у пословној згради упоређени су резултати мерења параметара квалитета електричне енергије у две факултетске зграде (Нови Сад и Зрењанин) и у пословној згради „Пупинова палата“ у Новом Саду. Због ограниченог простора, овде ће бити приказани и анализирани само измерени резултати за више хармонике напона.

Сва мерења параметара квалитета електричне енергије спроводена су складу са одредбама стандарда SRPS EN 50160:2008 [5]. Мерења су извршена у периоду од седам дана са десетоминутним усредњавањем мерених вредности, користећи мерни уређај типа С.А. 8332 В [6]. Уређај је прикључиван трофазно, са четири жице на одговарајуће разводне ормане (мерења на факултетима) или на сабирнице у трафо станици (мерење у „Пупиновој палати“). Изглед мерног инструмента са опремом приказан је на слици 2. Мерени су следећи параметри: напон и струја за све три фазе, струја нултог проводника, фреквенција, укупно и појединачно хармонијско изобличење напона и струје ($THDU$, HDI_u , $THDI$, HDI_n), снага (P , Q , S) и фактор снаге (PF , DPF).

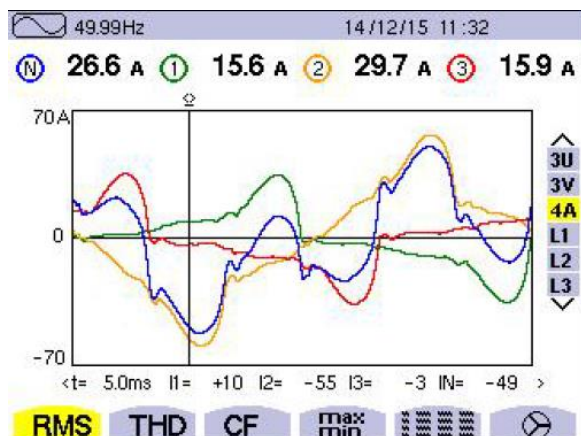


Сл. 2. Мерни инструмент С.А. 8335 Chauvin Arnoux са припадном опремом за прикључење [6]

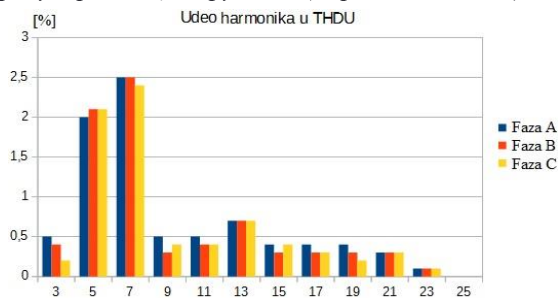
4.1. Рачунарски центар ФТН

У рачунарском центру Факултета техничких наука (ФТН) у Новом Саду распоређено је укупно 126 рачунара и 136 флуоресцентних светиљки у 6 лабораторија, ходнику и канцеларији. Мерења се константно спровode (од 2009. год., сваке године) у склопу предмета Квалитет електричне енергије, који на ФТН предаје проф. др Владимир Катић. Досадашњи резултати, од

којих су неки публиковани, показали су значајна изобличења струја, као и појаву струје кроз неутрални проводник [2,7]. На слици 3, која представља резултате мерења из 2015. год. могу се уочити ове појаве [7]. Забележене вредности THDI износе од 46% до 88%, што је изнад вредности дозвољених по IEC 61000-3-4 стандарду [2,7]. Са друге стране, измерене вредности THDU су од 1,6% до 3,3%, односно испод лимита датих у SRPS EN 50160, па је закључак да су напонске прилике очуване у довољној мери. Слика 4 приказује нивое виших хармоника све три фазе напона забележене при мерењу 2018. год.



Сл. 3. Таласни облик струја све три фазе у рачунарском центру ФТН (мерење 2015. год.) [7]

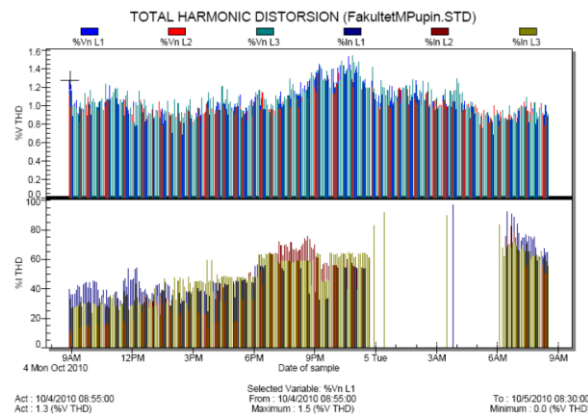


Сл. 4. Хармонијско изобличење напона рачунарског центра ФТН (мерење 2018. год.)

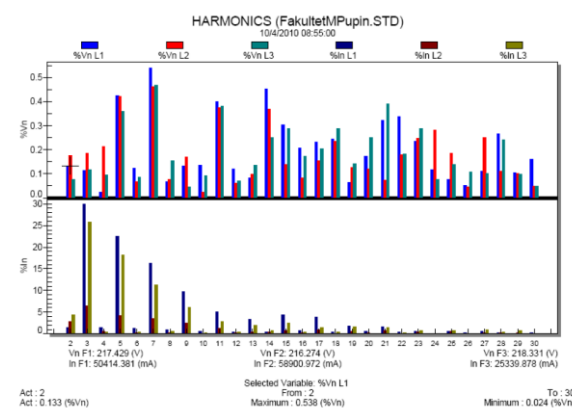
4.2. Технички факултет „Михајло Пупин“ у Зрењанину

Овде је мерење квалитета обављено у току 24 сата на сабирници прикључења свих рачунара, сервера и расвете на факултету [8]. Резултати дати на слици 5 показују да је THDU по фазама у дозвољеним границама (између 0,8% и 1,5%), док је THDI у две фазе изузетно велика и у неким тренуцима досеже чак до 80%. На слици 6 приказан је спектар напона и струје у јутарњим часовима (8:55 сати). Види се да су хармоници напона у дозвољеним границама, док су хармоници струје (3., 5., 7. и 9.) у две фазе веома велики.

Међутим, оно што је необично је да су у овим мерењима детектовани парни хармоници напона. Шта више, 14. и 18. хармоник су нивоа, који је упоредив са главним непарним хармоничима, што се види на слици 6. Ова појава је неуобичајена и не би се смела догађати, тако да су потребна додатна истраживања (или је дошло до неке грешке у публикованим резултатима мерења [8]).



Сл. 5. THDU и THDI све три фазе снимљени на Техничком факултету „Михајло Пупин“ [8]



Сл. 6. Виших хармоници напона и струје све три фазе на Техничком факултету „Михајло Пупин“ [8]

4.3. „Пупинова ралата“

У „Пупиновој палати“, у центру Новог Сада мерења су обављена на ниско-напонском изводу дистрибутивног трансформатора TS 10/0,4 kV са ког се напајају простори фирме „Континентал“ у периоду 12.-19. 01. 2021. год. Општи закључак јесте да су напонске прилике у погледу фреквенције и девијација фазних напона врло квалитетне.

Са друге стране, и овде фазне струје имају знатна хармонијска изобличења. На слици 7а) може се визуелно уочити ово изобличење, као и вредности THDI (58,6%; 33,8%; 34,9%). Ове вредности су практично у дозвољеним границама стандарда IEC 61000-3-4, који лимитира THDI на 58%. Те вредности су доста повољније у односу на два претходна случаја, што би могло да значи да је у „Пупиновој палати“ дошло до јачег испољавања ефеката поништавања и слабења, као и утицаја веће „кртости“ мреже у очувању повољних напонских прилика. То се уочава и у веома ниском хармонијском изобличењу напона (од 1,6% до 1,9%), што је приказано на слици 7б).

Ипак, неравномерно оптерећење фаза и присуство изражених триплена, условљавају значајну струју нултог вода, што може представљати проблем у контексту квалитета електричне енергије.

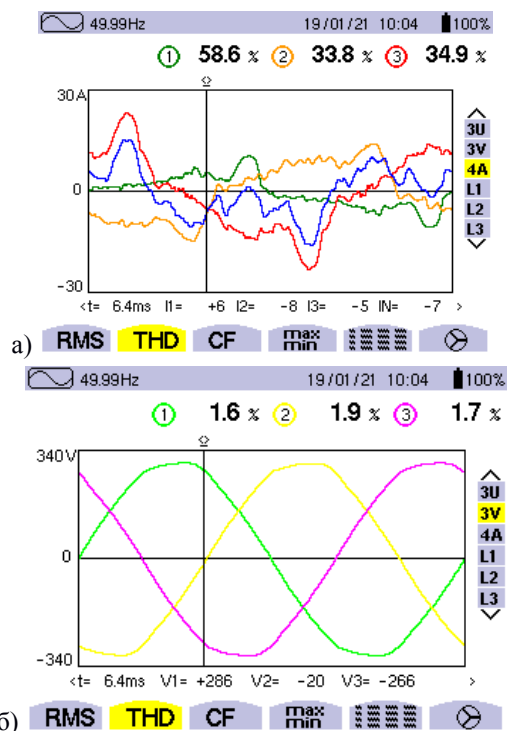
5. ПОРЕЂЕЊЕ РЕЗУЛТАТА СА СТАНДАРДОМ И ДИСКУСИЈА

Резултати показују да у сва три разматрана пословна објекта (са кластерима рачунара, осветљењем, клима уређајима, пратећом рачунарском опремом и другим електронским потрошачима) постоји изражена појава виших хармоника улазних струја, док је изобличење мрежног напона веома мало. Поређење битних хармонијских параметара у три објекта представљено је у Табели 3.

Табела 3. *Поређење резултата мерења квалитета електричне енергије у три разматрана објекта*

Објекат	THDU (%)			THDI (%)		
	A	B	C	A	B	C
Рачунарски центар ФТН	3,3	3,2	3,2	52	75	73
Технички факултет „Михајло Пупин“	4,3	2,1	3,7	85	29	72
„Пупинова палата“	1,6	1,9	1,7	58,6	38,8	34,9

Најбољи резултати су добијени у „Пупиновој палати“. Ту је присутна потрошачка опрема новије генерације, велики број рачунара, укључивши и бољу расвету просторија, што је условило мања хармонијска изобличења. Могуће је да повећање укупног броја нелинеарних потрошача доводи до већег поништавања вектора виших хармоника услед њихових фазних разлика. Према литератури [2], следи да при порасту броја ПЦ рачунара у истовременом раду долази до смањења THDI фактора, али не испод вредности, која износи око 30%. То је овде и потврђено, јер су у неким фазама добијене вредности нешто изнад 30%. Најзад, показано је да THDU фактор за исти ПЦ-кластер опада са порастом „крутости“ мреже, што одговара и закључцима из [2].



Сл. 7. а) Струје три фазе и нултог вода на дан 19.01.2021. Назначене су хармонијске дисторзије (у %); б) фазни напони и одговарајуће дисторзије

6. ЗАКЉУЧАК

Резултати мерења показују да су напонске прилике у све три посматране пословне зграде у складу са важећим стандардима, док је код струја изражено изобличење. Најнеповољнија последица је појава јаке струје нултог проводника, која је у неким случајевима упоређива са фазним струјама.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] V.A. Katić, "Kvalitet električne energije – viši harmonici", Edicija Tehničke nauke - Monografije, Br. 6, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.
- [2] S. Mujović, V.A. Katić, Z. Čorba, J. Radović, "Uticaj rada računarskog centra Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu na nivo viših harmonika u mreži", Elektroprivreda, br. 4, 2009, pp.67-82.
- [3] M.-Y. Chan, K. KF Lee and M. WK Fung, "A Case Study Survey of Harmonic Currents Generated from a Computer Centre in an Office Building", Architectural Science Review, Vol.50, No.3, 2007, pp 274-280
- [4] L. Michalec et al, "Impact of harmonic currents of nonlinear loads on power quality of a low-voltage network: Review and case study", Energies, 14, 3665, 2021
- [5] ***, Standard SRPS EN 50160-2008, „Karakteristike napona isporučene električne energije iz javnih distributivnih mreža“, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd 2008.
- [6] Chauvin Arnoux CA 8335 Power Quality Analyser, Datasheet, <https://uk.rs-online.com/web/p/power-quality-analysers/0549722>
- [7] V.A. Katić i dr., „Merenje viših harmonika na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu“, Tehnika-Elektrotehnika, God. LXX, Broj 4, 2015, pp.655-662
- [8] V. Šinik, Ž. Despotović, "Uticaj nelinearnih potrošača male snage na kvalitet električne energije", XXXIII simpozijum Energetika, Zlatibor, mart 2017.

Кратка биографија:



Стефан Сатарих рођен је у Новом Саду 1992. год. Дипломирао је на Факултету техничких наука из области електротехнике и рачунарства - Енергетска електроника и електричне машине 2018. год., а одбранио мастер рад у децембру 2021. год.



Владимир А. Катић, ред. проф. рођен је 1954. год. у Новом Саду. Дипломирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду 1978. год., а магистрирао и докторирао на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 1981. и 1991. године, респективно. Од 2002. године је редовни професор Универзитета у Новом Саду. Области интересовања су енергетска електроника, обновљиви извори електричне енергије, квалитет електричне енергије и електрична возила.



Золтан Чорба рођен је у Новом Саду 1962. године. Од 1992. године је запослен на Факултету техничких наука, где је докторирао 2016. год.. Тренутно је руководиола лабораторије за обновљиве и дистрибуиране изворе електричне енергије. Области интересовања су обновљиви извори електричне енергије, енергетска ефикасност и квалитет електричне енергије.

DER U MIKROMREŽI – SIMULACIJE U RAZNIM REŽIMIMA RADA**DER IN A MICROGRID – SIMULATIONS IN DIFFERENT MODES OF OPERATION**

Dušan Radosavčev, Vladimir Katić, Aleksandar Stanisavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu analiziran je uticaj distribuiranih elektroenergetskih resursa (DER) u mikromreži u različitim režimima rada. Simulacija je urađena u programskim paketima Matlab/Simulink i HOMER.

Ključne reči: Distribuirani elektroenergetski resursi, mikromreže, HOMER, Matlab/Simulink

Abstract – In this paper, the influence of distributed electric power resources (DER) in the microgrid in different study cases is analyzed. The simulation was done using programming packages Matlab/Simulink and HOMER.

Keywords: Distributed energy resources, microgrids, HOMER, Matlab/Simulink

1. UVOD

Mikromreže se mogu definisati kao mali lokalni distributivni sistemi, koji uključuju distribuirane elektroenergetske resurse (DER) ili distribuirane generatore (DG), kao što su mikroturbine, gorive ćelije, solarne fotonaponske (FN) elektrane, vetrogeneratore, biogasne elektrane, dizel agregati i dr., zatim sisteme za skladištenje električne energije (baterije i sl.), te kontrolisana i nekontrolisana opterećenja. One se povezuju na javnu mrežu (režim mreže), ali mogu da rade i nezavisno od nje, kao izolovane mreže (ostrvski režim). Mikromreže se mogu klasifikovati u zavisnosti od načina na koji su organizovane, pa se razlikuju AC mikromreže, DC mikromreže i hibridne AC/DC mikromreže.

DER su izvori električne energije, koji su locirani u blizini potrošača, odnosno na teritoriji potrošačkih konzuma. Oni predstavljaju decentralizovanu proizvodnju električne (i toplotne) energije i kao takvi povećavaju pouzdanost snabdevanja potrošača električnom energijom. Priključenje na distributivnu mrežu pomaže smanjivanju gubitaka u prenosnom sistemu, kao i u smanjivanju emisije štetnih materija u okolinu [1].

Distribuirani generatori (DG) se mogu podeliti na više načina: prema vrsti energenta, snazi, vrsti generatora, načinu priključenja na mrežu, brzini upravljanja, nivou učešća (prisustva u mreži) i dr.

Za simulaciju rada raznih vrsta DER u mikromreži koriste se različiti softverski alati, koji su raspoloživi i isprobani u više prilika [2-5], kao i u sklopu pojedinih mikromreža [6]. Ipak, velika dinamika DER-ova, intermitentnost rada i nepredvidivost zahtevaju daljnja istraživanja.

Cilj ovog rada jeste da ispita i da prikaz načina rada pojedinih konfiguracija mikromreža u zadatim scena-

rijama njihovog rada, a korišćenjem razvijenih modela u poznatim softverskim alatima.

2. SOFTVERSKI ALATI ZA SIMULACIJE MIKROMREŽA SA DER-OVIMA

Za simulaciju rada mikromreža u ovom radu korišćeni su programski paketi Matlab/Simulink i HOMER, koji su ukratko opisani u nastavku.

2.1. Softverski alat Matlab/Simulink

Matlab je platforma dizajnirana je posebno za inženjere i naučnike da projektuju i analiziraju inovativne sisteme i proizvode. Matlab omogućava analizu podataka, razvijanje algoritama, te kreiranje modela i aplikacija.

Simulink je okruženje blok dijagrama za simulaciju više domena i dizajn zasnovan na modelu. Podržava dizajn na nivou sistema, simulaciju, automatsko generisanje koda i kontinuirano testiranje i verifikaciju ugrađenih sistema. Simulink obezbeđuje grafički uređivač, prilagodljive biblioteke blokova i elemente za rešavanje modelovanja i simulaciju dinamičkih sistema [7].

2.2. Softverski alat HOMER

HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*) predstavlja programski paket koji se koristi širom sveta i koji predstavlja trenutno jedan od boljih programa za simulacije rada mreža sa obnovljivim izvorima. Njime se simulira rad hibridne mikromreže tokom cele godine (u svim meteorološkim uslovima), u intervalima od jednog minuta do jednog sata. Moguće je ispitivanje raznih kombinacija tipova elektroenergetskog sistema u jednom pokretanju, a zatim sortira sisteme prema promenljivoj optimizacije po izboru. Program poseduje novi algoritam optimizacije koji značajno pojednostavljuje proces projektovanja za identifikaciju opcija sa najnižim troškovima za mikromreže ili druge distribuirane sisteme električne energije. U sebi sadrži podatke o mnogo elemenata koji se koriste (invertori, foto-naponski paneli, vetrogeneratori...), ali i dozvoljava korisniku da unese svoje podatke [8]

3. MODELI MIKROMREŽE

Posmatraju se dva slučaja mikromreže, koja će biti modelovana i njihov rad simuliran u programskim paketima Matlab/Simulink i HOMER. Ove mikromreže su predstavljene na slici 1 (modelovanje u Matlab/ Simulink-u) i na slici 3 (modelovanje u HOMER-u).

3.1. Model mikromreže u Matlab/Simulinku

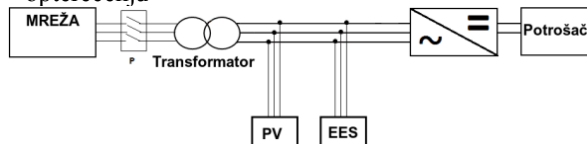
Na slici 1 prikazana je slučaj jednostavne mikromreže, koja se sastoji od kućnih potrošača napajanih iz javne

NAPOMENA:

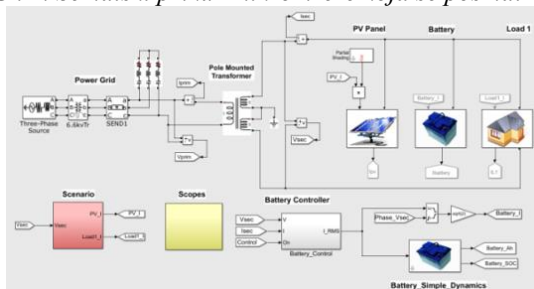
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red.prof.

mreže i/ili iz FN elektrane (PV), odnosno iz baterije (EES). Ova mreža je modelovana u programskom paketu Matlab/Simulink i sastoji se iz sledećih blokova:

- „Power Grid“ bloka, ond. distributivnu mrežu,
- „PV Panel“ bloka, koji reprezentuje FN panele,
- „Battery“ bloka, koji reprezentuje elektroenergetsko skladište, tj. bateriju,
- „Battery Controller“ bloka, koji reguliše punjenje i pražnjenje baterije i
- „Load 1“ bloka, koji predstavlja agregirana lokalna opterećenja



Sl. 1. Šematski prikaz mikromreže koja se posmatra



Sl. 2. Matlab/Simulink model mikromreže sa slike 1.

3.2. Model mikromreže u HOMERu

Na slici 3 prikazana je složenija mikromreža, koja se sastoji od kućnih potrošača, grupe DER sa FN elektranom (PV), vetroelektranom (Wind), biogasnom elektranom (Biogas), baterijom (EES) i električnim vozilom (EV), te priključkom na javnu mrežu. Na slici 4 prikazan njen model u programskom paketu HOMER. Ova mikromreža sastoji se od sledećih blokova:

- „Biogas 20kW“ bloka, tj. biogasne elektrane,
- „Grid“ bloka, koji predstavlja javnu mrežu na koju je ova mikromreža povezana,
- „Wind 5.1kW“ bloka, koji prikazuje vetroelektranu,
- „PV 20kW“ bloka, tj. fotonaponske elektrane
- „Converter“ bloka, koji predstavlja bilateralni pretvarač za vezu AC i DC sabirnice,
- „Electric Load“ bloka, što reprezentuje potrošača snage 19.98 kW u ppiku i potrošnje 165.59 kWh/dan.
- „Battery storage“ blok, koji predstavlja skladište električne energije (bateriju) i električno vozilo (opet kao bateriju), zbog nepostojanja elementa električnog vozila u programskom paketu

4. RAD MIKROMREŽE - STUDIJE SLUČAJA

Projektnim zadatkom definisani su različiti slučajevi rada obe mikromreže.

4.1. Rad mreže modelovane u Matlab/Simulinku

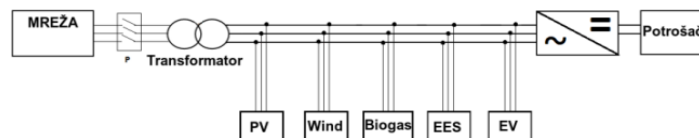
Ova mreža, prikazana na slici 1, modelovana u programskom paketu Matlab/Simulink (slika 2) razmatrana je u tri režima rada:

Prvi slučaj: FN sistem radi sa punim solarnim zračenjem. Baterija je inicijalno potpuno napunjena (SOC=100%). Potrošnja je nazivna.

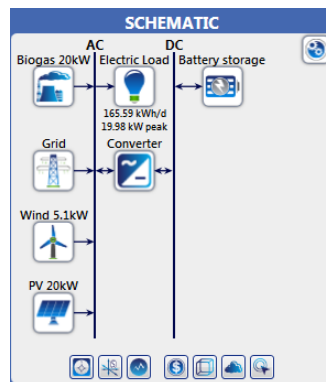
Drugi slučaj: FN sistem radi sa delimičnim nivoom solarnog zračenja (došlo je do redukcije zbog oblaka ili senčenja pa smo pretpostavili da je zračenje 70% od

vrednosti punog solarnog zračenja). Baterija je inicijalno napunjena do polovine svojih kapaciteta (SOC=50%). Potrošnja je nazivna.

Treći slučaj: FN sistem ne radi jer nema solarnog zračenja (noć). Baterija je inicijalno potpuno napunjena (SOC=100%). Potrošnja će biti redukovana na polovinu nazivne potrošnje (50%).



Sl. 3. Šematski prikaz mikromreže koja se posmatra



Sl. 4. Prikaz mikromreže posmatran u programskom paketu HOMER

4.2. Rad mreže modelovane u HOMERu

Ova mreža, prikazana na slici 3, modelovana u programskom paketu HOMER (slika 4) razmatrana je u tri režima rada:

Prvi slučaj: FN sistem radi sa punim solarnim zračenjem i radnom temperaturom $T=45^{\circ}\text{C}$. Vetroelektrana radi sa nominalnom brzinom vetra (v_n); Baterija je inicijalno napunjena (SOC=100%), Biogasna elektrana radi punim kapacitetom; Potrošnja je nazivna.

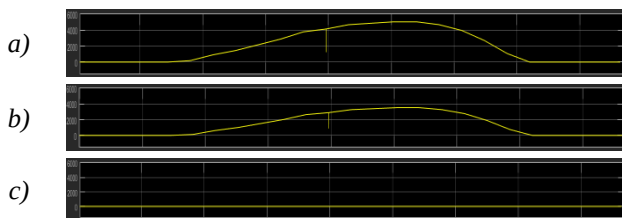
Drugi slučaj: FN sistem radi sa delimičnim nivoom solarnog zračenja (došlo je do redukcije zbog oblaka ili senčenja) na nivo od 70% nominalnog, pri čemu je radna temperatura i dalje $T=45^{\circ}\text{C}$. Vetroelektrana radi sa brzinom vetra 70% od nominalne. Baterija je inicijalno napunjena do polovine svojih kapaciteta (SOC=50%). Biogasna elektrana radi punim kapacitetom. Potrošnja je nazivna.

Treći slučaj: FN sistem ne radi jer nema solarnog zračenja (noć); Vetroelektrana radi sa nominalnom snagom. Radna temperatura je i dalje $T=45^{\circ}\text{C}$ Biogasna elektrana radi punim kapacitetom. Baterija je inicijalno potpuno napunjena (SOC=100%). Potrošnja će biti redukovana na polovinu nazivne potrošnje (50%).

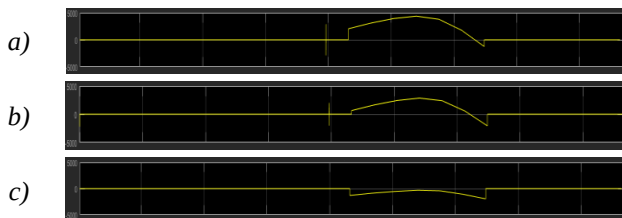
5. REZULTATI SIMULACIJA

5.1. Simulacije mreže modelovane u Matlab/Simulinku

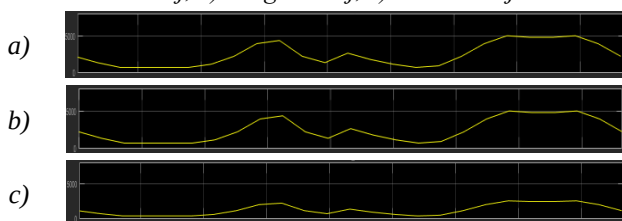
Na slikama 5 - 9 prikazani su rezultati simulacije za različite slučajeve iz projektnog zadatka za model mikromreže sa slike 2. Prikazana je promena snage pojedinih blokova u toku jednog dana (slike 5-7), odnosno stanje napunjenosti baterije (slike 8 i 9).



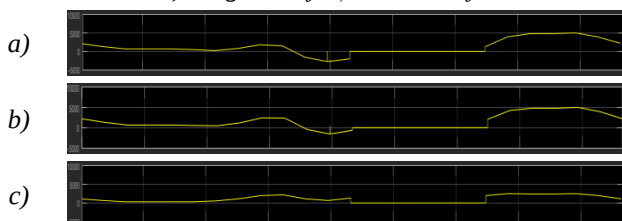
Sl. 5. Grafički prikaz proizvodnje elementa "PV": a) prvi slučaj, b) drugi slučaj, c) treći slučaj



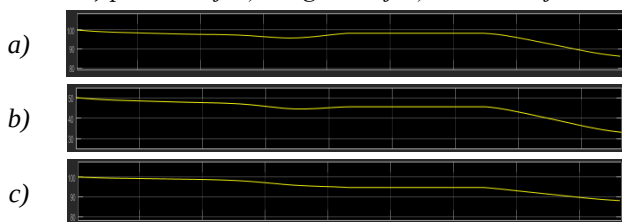
Sl. 6. Grafički prikaz izlaza transformatora: a) prvi slučaj, b) drugi slučaj, c) treći slučaj



Sl. 7. Grafički prikaz elementa "LOAD": a) prvi slučaj, b) drugi slučaj, c) treći slučaj



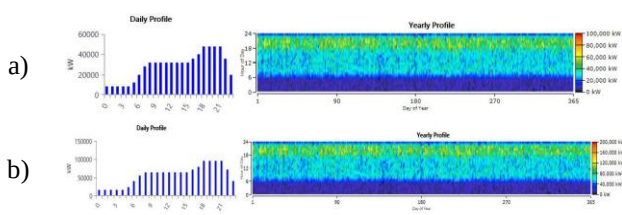
Sl. 8. Grafički prikaz kapaciteta elementa "BATTERY": a) prvi slučaj, b) drugi slučaj, c) treći slučaj



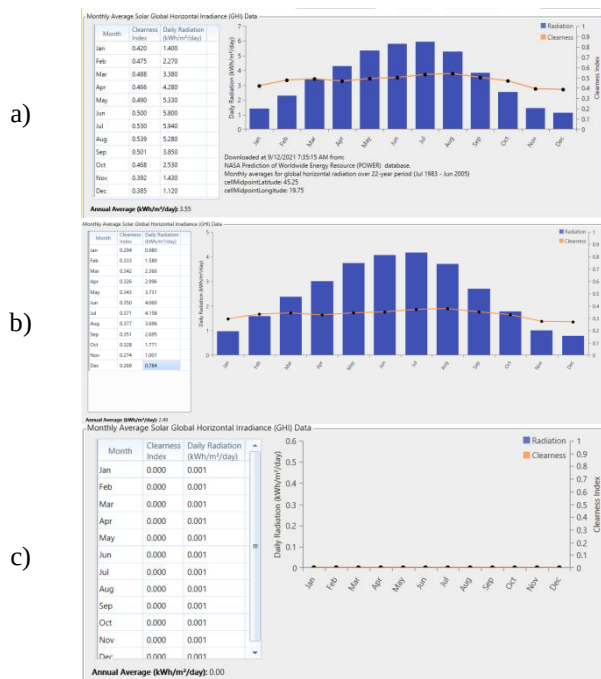
Sl. 9. Grafički prikaz parametara baterije "SOC": a) prvi slučaj, b) drugi slučaj, c) treći slučaj

5.2. Simulacije mreže modelovane u HOMERu

Na slikama 10, 11, 12, 13 i 14 prikazani su rezultati dobijeni simulacijom za različite slučajeve iz projektnog zadatka, u programskom paketu HOMER na izlazu pojedinih blokova mikromreže sa slike 4.



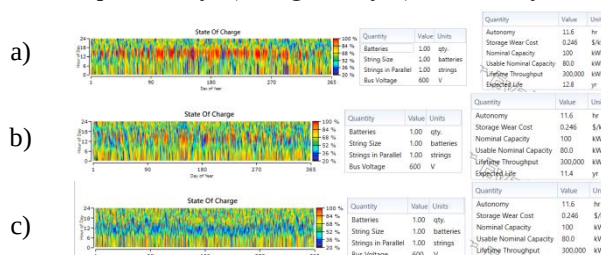
Sl. 10. Grafički prikaz podataka za potrošač: a) prvi slučaj i drugi slučaj, b) treći slučaj



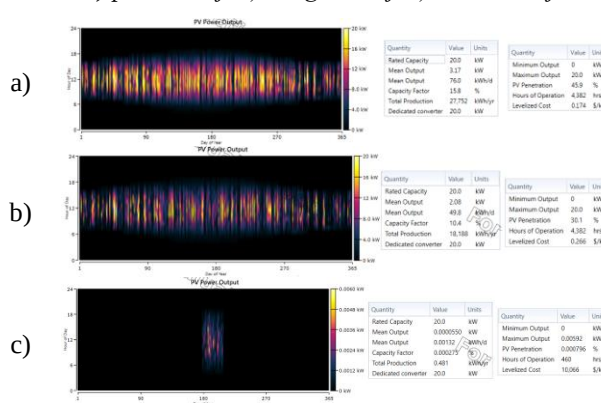
Sl. 11. Grafički prikaz podataka za zračenje: a) prvi slučaj, b) drugi slučaj, c) treći slučaj



Sl. 12. Grafički prikaz proizvodnje po komponentama: a) prvi slučaj, b) drugi slučaj, c) treći slučaj



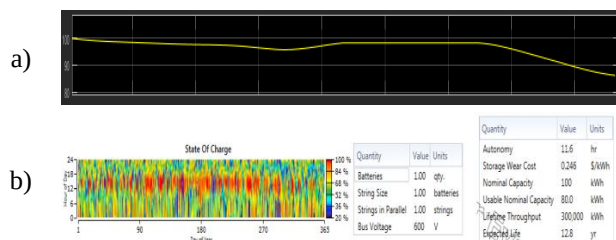
Sl. 13. Grafički prikaz rada elektroenergetskog skladišta: a) prvi slučaj, b) drugi slučaj, c) treći slučaj



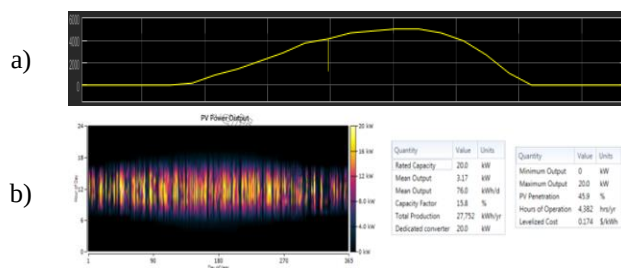
Sl. 14. Grafički i tabelarni prikaz rada FN elektrane – a) prvi slučaj, b) drugi slučaj, c) treći slučaj

6. POREĐENJE REZULTATA I DISKUSIJA

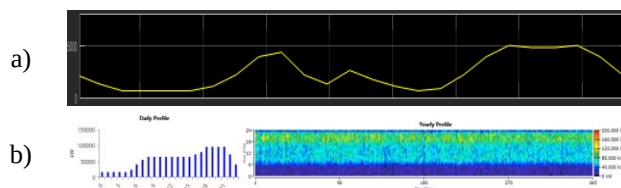
Na slikama 15, 16 i 17 prikazani su rezultati simulacija, za blokove elektroenergetskog skladišta, tj. baterije, FN elektrane i potrošača za obe mikromreže (gornja slika model u Matlab/Simulinku, a donja slika model u HOMERu). Sa slika se može uočiti da ova dva grafika izgledaju potpuno različito, kao i to da se u programskom paketu HOMER (slike 15.b, 16.b i 17.b) pored grafičkog prikaza nalazi i tabelarni prikaz, iz kojeg je moguće direktno pročitati značajne parametre ovog elementa. Takođe veoma bitna stvar je da slika 15.a dnevni dijagram potrošnje, dok slika 15.b predstavlja godišnji dijagram potrošnje.



Sl. 15. Grafički prikaz stanja napunjenosti elektroenergetskog skladišta: a) Matlab/Simulink, b) HOMER



Sl. 16. Grafički prikaz proizvodnje FN elektrane: a) Matlab/Simulink, b) HOMER



Sl. 17. Grafički prikaz podataka za potrošač - a) Matlab/Simulink, b) HOMER

7. ZAKLJUČAK

Trenutna upotreba mikromreža u svetu veoma je mala, skoro zanemarljiva, ali zahvaljujući posmatranim programskim paketima, omogućena je simulacija njihovog rada i uticaja na životnu sredinu za različite slučajeve. Programski paketi Matlab/Simulink i HOMER omogućuju adekvatno modelovanje i simulaciju različitih slučajeva rada mikromreža.

8. LITERATURA

- [1] V. Mijailović, „Distribuirani izvori energije - princip rada i eksploatacioni aspekti“, Akademski misao, Beograd, 2011.
- [2] A. Gavrilović, V. Katić, „Pregled raspoloživih softvera za solarne elektrane“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, god. 34, br.11, 2019, pp.554-557.
- [3] M. Komisar, M. Rock, V. Katić, „Model i simulacije vetrogeneratora u ATP/EMTP-u i Matlab/Simulink-u za slučaj atmosferskog pražnjenja“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, god. 34, br.11, 2019, pp. 2096-2099.
- [4] A. Rajšli, V. Katić, „Modelovanje male hidroelektrane na brani kod Novog Bečaja“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, god. 34, br.11, 2019, pp.2028-2031.
- [5] I. Pušin, V. Katić, „Modelovanje i ispitivanje biogasne elektrane – primer PIK Moravica“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, god. 34, br. 09, 2019, pp.1575-1578
- [6] S. Mihajlović, V. Katić, O. Cornea, „Modelovanje energetskih pretvarača u mikromrežama“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, god. 34, br.11, 2019, pp. 1985-1988.
- [7] <https://www.mathworks.com/help/simulink/gs/product-description.html>
- [8] <https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html>

Kratka biografija:



Dušan Radosavčev rođen je u Novom Sadu 1993. god. Osnovne studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka 2020. god., a master 2021. god. iz oblasti Elektrotehnike i računarstva.



Vladimir A. Katić rođen je 1954. god. u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su mu energetska elektronika, kvalitet električne energije, obnovljivi izvori električne energije i električna vozila.



Aleksandar M. Stanisavljević, rođen je u Beogradu 1988. god. Doktorirao ne na Univerzitetu u Novom Sadu 2019. god. gde je trenutno u zvanju docenta. Oblast interesovanja su mu integracija obnovljivih izvora energije na mrežu i kvalitet električne energije.

KORIŠĆENJE MODERNIH PREKIDAČKIH KOMPONENTI U UREĐAJIMA ENERGETSKE ELEKTRONIKE

APPLICATIONS OF MODERN SWITCHING COMPONENTS IN THE POWER ELECTRONICS DEVICES

Darko Takač, Dragan Milićević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovim radom analizirani su nedostaci i prednosti upotrebe novih generacija prekidačkih komponenti u uređajima energetske elektronike. Analiza je vršena poređenjem snimljenih talasnih oblika napona i struja poluprovodničkih komponenti izrađenih od silicijuma i silicijum karbida. Vršanjem ogleda prikazan je uticaj induktivnosti jednosmernog među kola na napon komponenti prilikom isključenja, uticaj promene otpornosti upravljačkog kola na brzinu uključenja i isključenja kao i uticaj materijala izrade komponenti na brzinu uključenja i isključenja.

Ključne reči: Silicijum, Silicijum karbid, energetska elektronika

Abstract – This paper analyzes the disadvantages and advantages of using new generations of switching components in power electronics devices. The analysis was performed by comparing the recorded voltage waveforms and currents of semiconductor components made of silicon and silicon carbide. The influence of DC bus inductance on the voltage of components during switching off, the influence of changing the resistance of the control circuit on the on and off speed as well as the influence of the component material on the on and off speed are shown.

Keywords: Silicon, Silicon carbide, power electronics

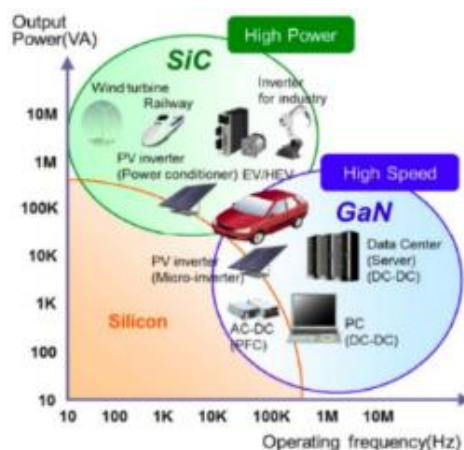
1. UVOD

Napretkom, razvojem i povećanjem standarda ljudskih života, težnjom da se što više aktivnosti automatizuje dolazilo je do razvoja energetske elektronike koja je vremenom preuzimala sve veću ulogu u svakodnevnom životu. Danas, korišćenje i rad bilo kog električnog uređaja zasnovan je na primeni određenih pretvarača električne energije čiji rad je omogućen razvojem energetske elektronike. Interes za razvoj energetske elektronike pored omogućavanja rada određenih sistema je i smanjenje gubitaka energije i povećanje energetske efikasnosti u svim granama ljudskog razvoja. Proučavanjem prekidačkih električnih kola u cilju kontrole toka električne energije, i određenih materijala za izradu poluprovodničkih komponenti koji rade u komutacionom režimu omogućen je rad sistema sa stepenom efikasnosti i do 99 %.

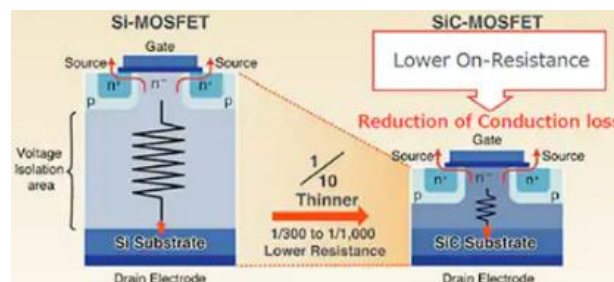
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Milićević, vanr. prof.

Primena novih materijala (SiC, GaN) prilikom izrade komponenti omogućava rad pretvarača sa većim probojnim naponom, većom gustinom struje, rad na većim prekidačkim učestanostima, nižim otporom uključenog stanja, manje gubitke, bolje odvođenje toplote što rezultuje manjim dimenzijama komponenti, slike 1 i 2 [1], [2].



Slika 1 Ograničenja primene komponenti Si-SiC-GaN [3]



Slika 2 Manja otpornost SiC u odnosu na Si [4]

1.1. Silicijum karbid- SiC

Iako se poluprovodničke komponente izrađene od silicijum karbida smatraju komponentama novije generacije, istraživanja silicijum karbida kao materijala za izradu i razvoj poluprovodničkih komponenti započeti su oko 1950. godine. Interesovanje za ovaj materijal koji predstavlja jedinjenje od 50 % silicijuma- Si (glavnog materijala za izradu poluprovodnika) i 50 % ugljenika- C postojalo je zbog mogućnosti rada u visoko-temperaturnim poluprovodničkim uređajima. Istraživanja ovog materijala su trajala i tokom 1960, 1970. i 1980. ali konkurentske tehnologije su uvek davale bolje ukupne rezultate i ako je silicijum karbid imao određene prednosti u odnosu na njih. Najveća prepreka razvoja poluprovodničkih

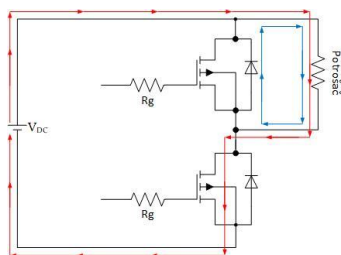
komponenti zasnovanih na silicijum karbidu jeste proizvodni proces izrade kristala. Tehnologija termičke difuzije koja se koristila za izradu komponenti omogućavala je temperaturu od 900 °C, dok je proces za izradu silicijum karbidnih kristala zahtevao temperaturu od 1500 °C do 2000 °C pri čemu su kristali ipak bili hrapavi. Razvojem tehnologije implementacije jona koja omogućava proizvodnju silicijumskih kristala na sobnoj temperaturi i njihovu aktivaciju na temperaturi od 1000 °C. omogućila je i bolju izradu silicijum karbidnih kristala. Tokom proizvodnog procesa implementacije jona silicijum karbid se zagreva na temperaturu oko 1600 °C zbog ostvarivanja snažnijih veza molekula, a hrapavost površine je prevaziđena premazivanjem grafitom. Proizvodni proces silicijum karbidnih komponenti je i dalje skuplji u odnosu na silicijumske komponente, ali ključni trenutak koji je doveo silicijum karbid ispred silicijuma je porast tržišne vrednosti elektronskih uređaja koji su energetski efikasniji. Povećana potražnja za energetski efikasnijim uređajima, iako su skuplji u odnosu na prethodne generacije uređaja, rezultovala je komercijalizacijom proizvodnje silicijum karbidnih komponenti [5], [6].

1.2. Galijum nitrid- GaN

1990 godine proizvodnjom galijum nitridnih LED dioda započeta je komercijalna primena GaN- a u izradi poluprovodničkih komponenti. U početnim fazama zbog visoke cene i odličnog rada na visokim frekvencijama GaN komponente korišćene su samo u vojne svrhe za radarske i visokobezbedonosne komunikacione sisteme. Vremenom zbog smanjenja cena, efikasnijeg rada i manjih dimenzija uređaja pronašao je primenu i u izradi električnih punjeća, audio i video uređajima, centrima za obradu i čuvanje podataka i automobilske industriji. Određene vrste GaN tranzistora koji se koriste u visokofrekventnim sistemima nemaju antiparalelne diode već imaju mogućnost reverzne provodljivosti što skraćuje vreme isključenja tranzistora i time povećava prekidačku učestanost [7], [8], [9].

2. ENERGETSKI DEO EKSPERIMENTALNE POSTAVKE

Šema postavke energetskog dela tokom vršenja oglada prikazana je na slici 3, gde se može videti jedna grana invertora na koju je priključen potrošač, a koja se napaja sa jednosmernog izvora napajanja. Na otpornike R_g koji su povezani sa upravljačkim elektrodama dovode se upravljački signali izvršavanjem upravljačkog modela na digitalnom signalnom procesoru. Paralelno vezane četiri sijalice sa užarenim vlaknom predstavljaju potrošač koji se koristi prilikom vršenja oglada.



Slika 3 Šema energetskog kola eksperimentalne postavke
Upravljanje granom invertora tokom oglada ostvareno je generisanjem PWM signala na način da se nulta vrednost

upravljačkog signala dovodi na gornju poluprovodničku komponentu i na taj način održava neprovodnom, a vrednost drugog upravljačkog signala koji zavisi od faktora ispune dovodi se na donju poluprovodničku komponentu. Ovakvim načinom upravljanja ostvaruje se rad invertorske grane koja spušta vrednost napona na potrošaču u odnosu na napon jednosmernog među kola, prema sledećoj relaciji:

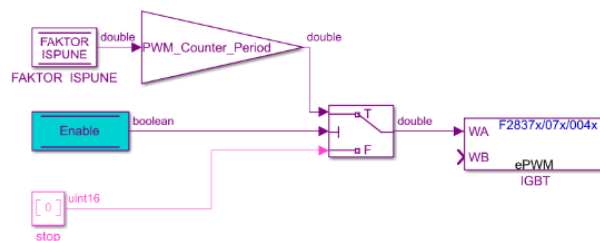
$$V_P = a \cdot V_{DC} \quad (1)$$

- V_{DC} – napon jednosmernog među kola
- a – vrednost faktora ispune
- V_P – vrednost napona na potrošaču

Tokom perioda kada provodi donja poluprovodnička komponenta invertorske grane, zatvoreno strujno kolo se ostvaruje proticanjem električne energije od pozitivnog kraja jednosmernog među kola kroz potrošač i kroz donju poluprovodničku komponentu se zatvara na negativnom kraju jednosmernog među kola, na slici 3 prikazano crvenim strelicama. Tokom perioda kada ne provodi donja poluprovodnička komponenta, strujno kolo se zatvara proticanjem električne energije koja se uskladištila u induktivnosti potrošača kroz gornju diodu i kroz potrošač, na slici 3 prikazano plavim strelicama.

3. UPRAVLJAČKI MODEL

Generisanje PWM signala ostvareno je izradom upravljačkog modela uz pomoć *Matlab- Simulink* programa, slika 4. Blokom „FAKTOR ISPUNE“ vršena je promena vrednosti faktora ispune PWM signala u granicama od „0“ do „1“. Za vrednost „0“ ostvaruje se neprovodno stanje poluprovodničkih komponenti (otvoren prekidač) tokom celog perioda prekidačke frekvencije. Za vrednost „1“ poluprovodnička komponenta održava se u provodnom stanju (zatvoren prekidač) tokom celog perioda prekidačke frekvencije. Upisivanjem vrednosti faktora ispune između „0“ i „1“ ostvaruje se provodno stanje komponenti tokom perioda prekidačke frekvencije proporcionalno upisanom broju, dok se ostatak perioda komponenta održava u neprovodnom stanju. Radom ostalih blokova upravljačkog modela, daje se kontroleru informacija o broju taktova koje je potrebno održavati na stanju logičke „1“ na PWM pinu kontrolera, a koliko taktova stanje logičke „0“ da bi se ostvario željeni faktor ispune tokom jednog perioda prekidačke frekvencije.



Slika 4 Upravljački model

4. EKSPERIMENTALNI DEO

4.1. Uticaj induktivnosti jednosmernog među kola

Različitim izvedbama jednosmernog među kola kod kojih je vršeno smanjenje dužine provodnika između invertorske grane i jednosmernog među kola i realizacijom jednosmernog među kola na štampanoj pločici, uticalo se na smanjenje ukupne induktivnosti jednosmernog među kola. Smanjenje ukupne induktivnosti jednosmernog među kola između energetskih elektroda invertorske grane i

kondenzatora u jednosmernom među kolu, utiče na smanjenje pikova napona tokom prelaznog perioda isključenja poluprovodničkih komponenti [10]. Pojava se može objasniti naponskom jednačinom kalem:

$$V_L(t) = -L \frac{di(t)}{dt} \quad (2)$$

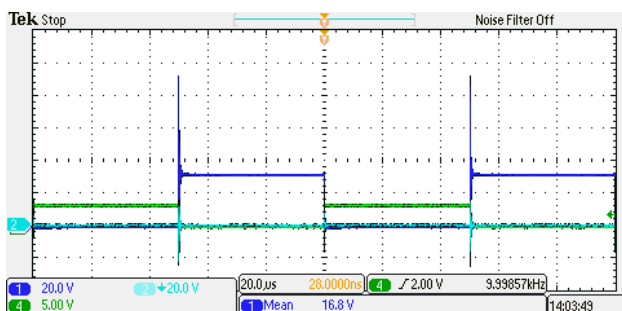
- $V_L(t)$ – indukovana elektromotorna sila u kalemu
- L – ukupna induktivnost jednosmernog među kola
- $\frac{di(t)}{dt}$ – promena struje tokom prelaznog perioda [11]

Isključenjem poluprovodničke komponente ne dolazi do trenutne promene struje u kolu, već to traje određeni period. Tokom prelaznog perioda član $\frac{di(t)}{dt}$ je različit od nule i dolazi do indukovanja napona V_L na induktivnosti L , što predstavlja pik napona koji se javlja prilikom isključenja poluprovodničke komponente. Nakon prelaznog perioda kada se struja ustali, dolazi do iščezavanja indukovnog pika napona V_L i do ustaljenja vrednosti napona koja je nametnuta naponom jednosmernog među kola.

Iz jednačine $V_L(t) = -L \frac{di(t)}{dt}$ (2)

može se videti da do smanjenje indukovnog napona V_L time i smanjenja pika napona dolazi smanjenjem induktivnosti L što se postiže smanjenjem dužine provodnika između invertorske grane i kondenzatora jednosmernog među kola. Brzina promene vrednosti struje takođe ima značajan uticaj na smanjenje pika napona, jer što je kraće vreme isključenja poluprovodničke komponente doći će do povećanja indukovnog napona. Uticaj na povećanje pika napona ima i struja koja je proticala kroz kolo pre isključenja poluprovodničke komponente. Što je vrednost struje veća doći će do većeg indukovnog napona.

Slikom 5 prikazani su snimljeni talasni oblici napona i struja komponente, vršenjem ogleda kada se silicijum karbidne komponente napajaju dužim provodnicima iz jednosmernog među kola. Može se videti pojava pikova napona koji dostižu vrednost od 170 % vrednosti napona jednosmernog među kola. Ogled je vršen pri naponu jednosmernog među kola od 33 V.

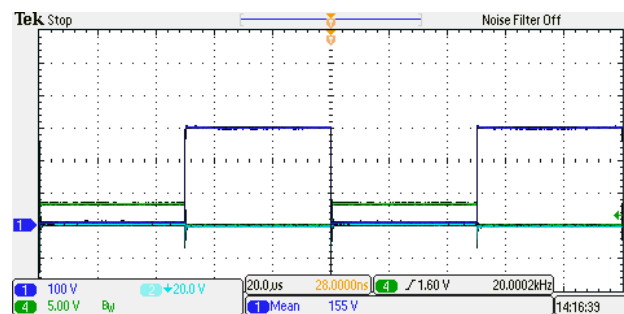


Slika 5 Uticaj induktivnosti kola na prenapon – izraženo L

U_{DS} - plava; U_{DS} - zelena; I_{DS} - s. plava

Daljim vršenjem ogleda kod kojih je vršeno skraćivanje dužine provodnika jednosmernog među kola, postizalo se postepeno smanjenje pika napona. Slikom 6 prikazano je potpuno iščezavanje pika napona što je ostvareno primenom jednosmernog među kola realizovanog na štampanoj pločici. Pločica se postavlja neposredno pored energetskih elektroda poluprovodničkih komponenti i na taj način zahteva skoro zanemarljivu dužinu provodnika za povezivanje sa invertorskom granom u poređenju sa

prvim ogledom. Ogled je vršen pri naponu jednosmernog među kola od 300 V, jer se uvidelo da nema opasnosti od pojave naponskog proboja i da bi se uslovi u kolu što više približili nominalnim vrednostima komponenti.



Slika 6 Uticaj induktivnosti kola na prenapon – smanjeno L

U_{DS} - plava; Upravljački signal- zelena; I_{DS} - s. Plava

Vršenjem ogleda sa silicijumskim komponentama nije dolazilo do izraženije pojave pikova napona.

Na ukupnu induktivnost jednosmernog među kola pored podužne induktivnosti provodnika utiče i induktivnost kondenzatora u jednosmernom među kolu, induktivnost poluprovodničkih komponenti, a dodatni uticaj imaju i ostale parazitne induktivnosti. Premeštanjem kondenzatora koji smanjuju talasnost ispravljenog napona jednosmernog među kola što bliže poluprovodničkim komponentama, utiče se na smanjenje pikova napona. Na taj način iako je ukupna induktivnost jednosmernog među kola velika, neće dolaziti do pojave naponskih pikova jer na njihovu pojavu utiče samo induktivnost između kondenzatora u jednosmernom među kolu i energetskih elektroda poluprovodničkih komponenti.

4.2. Uticaj otpornosti R_g na brzinu uključenja i isključenja poluprovodničkih komponenti

Brzina uključenja i isključenja poluprovodničke komponente zavisi od brzine punjenja i pražnjenja unutrašnjih kapacitivnosti poluprovodničkih komponenti. Napunjene kapacitivnosti omogućavaju provodno stanje komponente, a ispražnjene dovode komponentu u neprovodno stanje [12]. Kako upravljačka komponenta nema mogućnost kontrolisanja brzine uključenja i isključenja, već generiše samo dva naponska stanja 0 V za isključeno stanje i 15 V za uključeno stanje. Promenom otpornosti otpornika R_g koji se nalazi u upravljačkom kolu može se uticati na brzinu uključenja i isključenja komponenti [13]. To se može prikazati izrazima koji opisuju promenu napona na kondenzatoru tokom punjenja i pražnjenja u funkciji vremena prema sledećim izrazima respektivno:

$$U_{C_{pk}} = U_S \left(1 - e^{-\frac{t}{R_g C_{pk}}} \right) \quad (3)$$

$$U_{C_{pk}} = U_S \cdot e^{-\frac{t}{R_g C_{pk}}} \quad (4)$$

- $U_{C_{pk}}$ – vrednost napon na kondenzatoru C_{pk}
- U_S - vrednost napon upravljačkog signala
- t – vreme potrebno da se uključi ili isključi poluprovodnička komponenta
- C_{pk} - kapacitivnost poluprovodničke komponente
- R_g – otpornost otpornika R_g

- e – Ojlerov broj čija je vrednost $\approx 2,718$ [11]

Produkt otpornosti R_g i kapacitivnosti C_{pk} predstavlja vremensku konstantu kola τ kojom je određena brzina punjenja i pražnjenja kondenzatora. Kapacitivnost poluprovodničke komponente C_{pk} je određena tokom njene izrade i nije moguće uticati na njenu promenu, ali na otpornost R_g je moguće uticati fizičkom promenom otpornika. Što je otpornost R_g veća to je veća i vremenska konstanta kola što znači da je potrebno više vremena da se napuni ili isprazni kapacitivnost, sa smanjenjem otpornosti R_g smanjuje se i vremenska konstanta kao i period punjenja i pražnjenja kapacitivnosti C_{pk} .

Eksperimentalna postavka sastojala se od invertorske grane sa silicijum karbidnim komponentama, jednosmernog među kola formiranog na štampanoj pločici i primene snubber kondenzator kako bi se postigli što bolji talasni odzivi [14].

Ogled je vršen podešavanjem napona jednosmernog među kola na 300 V i promenom otpornika R_g čije su vrednosti 2 Ω , 16,5 Ω i 22 Ω . Snimani su talasni oblici napona na komponenti i upravljački signal kontrolnog sistema, slike 7 i 8.

Snimanje upravljačkog signala nije bilo moguće vršiti direktnim priključenjem diferencijale naponske sonde na upravljačku elektrodu poluprovodničke komponente jer bi se time promenila vremenska konstanta upravljačkog kola, unošenjem kapacitivnosti diferencijalne naponske sonda u upravljačko kolo. Zbog toga je tokom analize snimljenih signala uvaženo kašnjenja *gate driver* upravljačke komponente $t_{DG} = 22$ ns i kašnjenje diferencijalne naponske sonde od 12 ns.

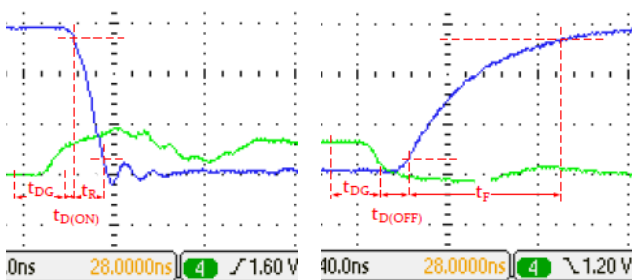
Na slikama 7 i 8 su isprekidanim crvenim linijama označeni trenuci pojave određenih signala, na osnovu kojih je određeno vreme uključenja ili isključenja komponente [12] prema sledećim relacijama respektivno:

$$t_{on} = t_{D(ON)} + t_R$$

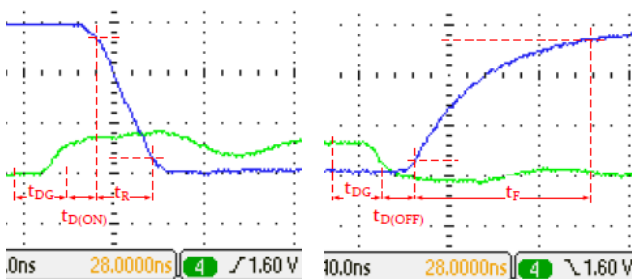
(5)

$$t_{off} = t_{D(OFF)} + t_F$$

(6)



Slika 7 Uključenje i isključenje komponente, $R_g = 2$ Ω ; U_{DS} - plava; Upravljački signal- zelena



Slika 8 Uključenje i isključenje komponente, $R_g = 22$ Ω ; U_{DS} - plava; Upravljački signal- zelena

Tabela 1 Vremena uključenje i isključenja komponente

R_g [Ω]	$t_{D(ON)}$ [ns]	t_R [ns]	t_{on} [ns]	$t_{D(OFF)}$ [ns]	t_F [ns]	t_{off} [ns]
2	5	13	18	13	67	80
16,5	13	20	33	15	69	84
22	14	25	39	15	78	93

Uticaj otpornosti R_g na osnovu snimljenih signala može se zapaziti smanjenjem nagiba naponskog signala sa povećanjem otpornosti otpornika R_g . Upoređivanjem vremena uključenja i isključenja prikazanih u tabeli 1 može se videti da se sa povećanjem otpornosti otpornika R_g povećava vreme kašnjenja komponente ($t_{D(ON)}$, $t_{D(OFF)}$) i vreme promene stanja komponente (t_R , t_F), a time i ukupno vreme uključenja i isključenja komponente.

4.3. Uticaj materijala izrade komponenti na njihovu brzinu uključenja i isključenja

Ogled poređenja karakteristika silicijuma i silicijum karbida kao materijala za izradu poluprovodničkih komponenti, vršen je na osnovu poređenja brzina uključenja i isključenja komponenti. Obe eksperimentalne postavke su napajane iz jednosmernog među kola formiranog na štampanoj pločici sa naponom od 300 V, upravljačko kolo za obe grane je isto kao i otpornost otpornika $R_g = 16,5$ Ω .

Otpornost R_g od 16,5 Ω preporučena je od strane proizvođača silicijumskih komponenti, a proizvođač silicijum karbidnih komponenti preporučuje 2 Ω , što će dovesti do njihovog usporenja. Razlog primene istog otpora otpornika R_g u oba upravljačka kola je eliminacija uticaja otpornosti R_g na promenu vremenske konstante upravljačkog kola. Na taj način dolazi do izražaja uticaj različitih kapacitivnosti i otpornosti poluprovodničkih komponenti, koje zavisi od načina izrade i vrste materijala koji se koriste za izradu komponenti.

Tokom ogleda vršeno je snimanje talasnih oblika napona poluprovodničkih komponenti i upravljačkih signala.

Tabela 2 Vremena uključenje i isključenja silicijum karbidnih i silicijumskih komponenti

	$t_{D(ON)}$ [ns]	t_R [ns]	T_{ON} [ns]	$t_{D(OFF)}$ [ns]	t_F [ns]	T_{OFF} [ns]
SiC	13	20	33	15	69	84
Si	41	45	86	122	641	763

Upoređivanjem vremena kašnjenja, promene stanja i ukupnih vremena uključenja i isključenja komponenti prikazanih tabelom 2 koja su ostvarena vršenjem ogleda, može se videti da poluprovodničke komponente izrađene od silicijum karbida brže prolaze kroz procese uključenja i isključenja.

Na osnovu toga pretpostavlja se da su kapacitivnosti i otpornosti silicijum karbidnih komponenti manje u odnosu na silicijumske komponente. Pretpostavka je donešena i na osnovu toga da se zbog šireg energetskog procepa silicijum karbidne komponente izrađuju manjih dimenzija u odnosu na silicijumske komponente iste snage.

To rezultuje manjom potrošnjom materijala, a time i manjom otpornošću komponente što direktno utiče na smanjenje upravljačke vremenske konstante i smanjenje brzine uključenja i isključenja komponenti.

5. ZAKLJUČAK

Ovim radom su prikazane određene prednosti i nedostaci upotrebe silicijum karbidnih komponenti u poređenju sa silicijumskim komponentama.

Na osnovu bržeg rada, smanjenih gubitaka i ostalih prednosti silicijum karbidnih komponenti, opravdana je njihova primena u novijim sistemima. Ali njihova primena u sistemima projektovanim za silicijumske komponente, nosi određene nedostatke u vidu pojave naponskih pikova i povećanog uticaja elektromagnetnih smetnji i parazitnih kapacitivnosti i induktivnosti što predstavlja problem njihove primene u takvim sistemima.

6. LITERATURA

- [1] <https://www.electricalindia.in/power-electronics-for-energy-efficiency/>
- [2] Ashutosh Sharma, Soon Jae Lee, Young Joo Jang and Jae Pil Jung, „SiC based Technology for High Power Electronics and Packaging Applications“, University of Seoul, Korea, 2014.
- [3] <http://grahamlab.gatech.edu/research-2/ultra-wide-band-gap-semiconductor-materials/>
- [4] <https://www.digikey.sk/en/articles/working-sic-mosfets-challenges-design-recommendations>
- [5] https://www.tel.com/museum/magazine/material/150327_interview02/index.html
- [6] https://www.ulvac.co.jp/wiki/en/sic_powerdevice_2016/
- [7] <https://www.digikey.dk/da/articles/introduction-to-gan-technology>
- [8] <https://www.power-and-beyond.com/gan-systems-2021-predictions-for-the-power-industry-a-990612/>
- [9] <https://www.powerelectronicsnews.com/10-things-to-know-about-gan/>
- [10] Andreas Giessmann, „Influence of DC-Link Inductance on Switching Performance and Power Losses“, SEMIKRON International GmbH, 2017.
- [11] Branko D. Popović, „Osnovi Elektrotehnike 2“, Akademska misao, Beograd, 2004.
- [12] Dr. Ing. Arendt Wintrich, Dr.-Ing. Ulrich Nicolai, Dr. techn. Werner Tursky, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Tobias Reimann, „Application Manual Power Semiconductors“, SEMIKRON International GmbH, 2015.

- [13] S. Tiwari, O.-M. Midtgård, T. M. Undeland, „SiC MOSFETs for Future Motor Drive Applications“, Norwegian University of Science and Technology
- [14] Motonobu Joko, Mitsubishi Electric Corp., Akiko Goto, Mitsubishi Electric Corp., Maki Hasegawa, Mitsubishi Electric Corp., Satoshi Miyahara, Mitsubishi Electric Corp., Haruki Murakami, Mitsubishi Electric Corp., „Snubber circuit to suppress the voltage ringing for SiC device“, PCIM, 2015.

KRATKA BIOGRAFIJA



Darko Takač rođen je u Somboru 1993. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva– Energetska elektronika i električne mašine, odbranio je 2020.



Dragan Milićević rođen je 1977. god. u Tuzli. U zvanje vanrednog profesora je izabran 2019. god. Oblast interesovanja su višefazne mašine, elektromotorni pogoni i obnovljivi izvori električne energije.

Zahvalnica: Ovaj rad podržan je od strane Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Departmana za energetiku elektroniku i telekomunikacije, u okviru realizacije projekta pod nazivom: "Istraživanja u oblasti energetike, elektronike, telekomunikacija i primenjenih informacionih sistema u cilju modernizacije studijskih programa".

**PREDIKCIJA CENE FINANSIJSKE AKTIVE ANALIZOM SENTIMENTA
FINANSIJSKIH TVITOVA****PRICE PREDICTION OF FINANCIAL ASSETS USING SENTIMENT ANALYSIS OF
FINANCIAL TWEETS**

Dušan Stević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je sistem za predikciju cena finansijske aktive analizom sentimenta finansijskih tvitova i vesti. Cilj razvijenog sistema je ispitivanje sledeće hipoteze: postoji korelacija između sentimenta finansijskih tvitova i cene finansijske aktive. To jest, proveramo da li će rezultati sentiment analize doprineti boljim rezultatima predikcije. Razvijeni sistem se sastoji od dva podsistema. Prvi podsistem je zadužen za sentiment analizu, dok je drugi podsistem zadužen za predikciju cena finansijske aktive. Studija slučaja izvršena je na primeru tvitova i akcija Apple korporacije u vremenskom periodu od januara 2010. godine do decembra 2020. godine. Predloženi su koraci za poboljšanje i dalji razvoj sistema.

Ključne reči: sentiment analiza, NLP, transfer učenja, DistilBERT, predikcija cena, LSTM, fintech

Abstract – This paper presents a system for predicting the prices of financial assets by analyzing the sentiment of financial tweets and news. The developed system aims to test the following hypothesis: there is a correlation between the sentiment of financial tweets and the price of financial assets. The developed system consists of two subsystems. The first subsystem is responsible for sentiment analysis, while the second subsystem is responsible for predicting the prices of financial assets. The case study was conducted on the example of tweets and stocks of Apple Corporation in the period from January 2010 to December 2020. Steps for further system improvement are discussed.

Keywords: sentiment analysis, NLP, transfer learning, DistilBERT, price prediction, LSTM, fintech

1. UVOD

Domen finansija pokazao se kao izuzetno privlačan i izazovan za primenu tehnika veštačke inteligencije. Osnovna motivacija za izradu ovog rada je produblјivanje znanja iz oblasti veštačke inteligencije u domenu finansija, ali i aplikativnost softverskog rešenja u procesu donošenja investicionih odluka. Multidisciplinarni pristup u izradi rada omogućio je primenu *state of the art* - SOTA algoritama veštačke inteligencije na polju finansija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jelena Slivka, vanredni profesor.

Rad se sastoji od tri tematske celine. Prva tematska celina bavi se problemima rudarenja i obrade podataka (engl.

data mining). Kako podaci predstavljaju sirovine za modele veštačke inteligencije posebna pažnja se posvećuje raznorodnosti podataka. Na performanse ovih modela direktno utiče kvalitet obrađenih podataka. Raznorodnost podataka, koja se ogleda u različitim izvorima i tipovima podataka, obezbeđuje da se u radu pored tradicionalnih strukturiranih tipova podataka koriste i nestrukturirani tipovi podataka. U poslednjih nekoliko godina beleži se dominantnost nestrukturiranih tipova podataka nad strukturiranim.

Eksplוזija nestrukturiranih podataka doprinela je da se u radu prilikom predikcije cene finansijske aktive pored tradicionalnih tabelarnih finansijskih izveštaja koriste i finansijski tvitovi (engl. *tweets*). Na ovaj način u radu je postignuta raznorodnost podataka koja se manifestuje u simbiozi strukturiranih (tabelarni berzanski izveštaji) i nestrukturiranih (finansijski tvitovi i vesti) podataka.

Druga tematska celina bavi se klasifikacionim problemima konkretno klasifikacijom sentimenta finansijskih tvitova i vesti. Sentiment analiza (engl. *sentiment analysis* - SA) ili ekstrakcija mišljenja i stavova (engl. *opinion mining*) za cilj ima da utvrdi da li neki tekst ima negativan, neutralan ili pozitivan prizvuk. Na donošenje investicionih odluka pored kretanja berzanskih indeksa utiče i investiciono raspoloženje javnog mnjenja. Iz tog razloga neophodno je prilikom predikcije cene finansijske aktive uključiti i analizu sentimenta finansijskih tvitova i vesti.

Treća tematska celina bavi se regresionim problemima, konkretno, pronalaženjem korelacije između kretanja cene finansijske aktive i sentimenta finansijskih tvitova. Osnovni zadatak ove celine je da ispita uticaj koji finansijski tvitovi i vesti, kao izraz javnog mnjenja, imaju na berzanska kretanja.

U nastavku rada će detaljnije biti objašnjeni različiti aspekti rešavanja problema, kao i način realizacije samog rešenja. U poglavlju 2 je napravljen pregled prethodnih radova koji se bave istom ili sličnom problematikom. Poglavlje 3 opisuje proces formiranja ciljnih skupova podataka korišćenih u daljim analizama. U poglavlju su opisani skupovi podataka o finansijskim tvitovima i kretanju cene finansijske aktive. U nastavku poglavlja predstavljen je postupak obrade sakupljenih podataka u nastojanju da se dobiju ciljni skupovi podataka. Poglavlje 4 daje osvrt na metodološke pristupe korišćene u radu. Poglavlje 5 prezentuje dobijene rezultate nakon sprovedenog istraživanja. Poglavlje 6 je zaključno poglavlje u kojem se sumarizuje celokupan rad.

2. PRETHODNA REŠENJA

U ovom poglavlju predstavljena su prethodna rešenja koja su se bavila sentiment analizom finansijskih tvitova i predikcijom cene finansijske aktive.

Autori rada [1] su predstavili model za sentiment analizu zasnovan na pravilima (engl. *rule-based approach*) – VADER (*Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner*¹). VADER se zasniva na jezičkim pravilima na osnovu kojih se određuje polaritet i intenzitet sentimenta tekstualnog sadržaja. Autori su grupisali jezička pravila u pet opštih heuristika (engl. *generalizable heuristics*) na osnovu kojih su formirali VADER model. Koristeći VADER model za sentiment analizu tvitova autori su postigli bolje rezultate od ljudskih anotatora. U radu se kao klasifikaciona metrika koristila F1 mera tačnosti. VADER model je postigao 0.96, dok su ljudski anotatori postigli 0.84 F1 mere tačnosti.

U radu [2] autori su predstavili model za sentiment analizu finansijskih tvitova zasnovan na pravilima – *TextBlob*². Kao i VADER, *TextBlob* spada u modele nenadgledanog učenja. Autori rada su izvršili ispitivanje korelacije između sentimenta finansijskih tvitova i kretanja cene akcija. *TextBlob* se zasniva na jezičkim pravilima na osnovu kojih se određuje polaritet i subjektivnost sentimenta tekstualnog sadržaja. Autori su na raspolaganju imali 15 000 javno dostupnih tvitova koji imaju tag “\$AAPL”. Za evaluaciju rešenja koristili su koeficijent korelacije. U radu koeficijent korelacije iznosi 0.611639 što nam govori da između prosečne vrednosti sentimenta i cene akcije postoji jaka pozitivna korelacija tj. objave na *Twitter*-u utiču na tržišna kretanja.

Autori rada [3] razvili su specijalizovani finansijski rečnik za potrebe sentiment analize iz domena finansija (engl. *dictionary-based approach*). Rečnik je dobio ime po autorima koji su ga kreirali – *Loughran-McDonald*. Pristup sentiment analizi baziran na rečniku podrazumeva postojanje unapred pripremljenog rečnika u kojem je dostupan polaritet reči. *Loughran-McDonald* rečnik³ je nastao kao finansijska specijalizacija *Harvard IV-4* rečnika⁴ opšte namene. Pristup sentiment analizi baziran na rečnicima spada u kategoriju nenadgledanog učenja.

U radu [4] autori su predstavili pristup sentiment analizi baziran na korpusima (engl. *corpus-based approach*). Korpus-bazirana sentiment analiza koristi prikupljene anotirane tvitove na osnovu kojih se formira korpus. Korpus-bazirana sentiment analiza spada u pristupe rukovođene podacima (engl. *data-driven approach*). Prikupljeni podaci su neformalnog karaktera i često su domen specifični. Zbog različite prirode polazišnih podataka korpusu-bazirana sentiment analiza može bolje da prepozna žargon i neformalne izraze. Pristup sentiment analizi baziran na korpusu spada u kategoriju nenadgledanog učenja.

¹ Implementacija VADER modela se može pronaći na <https://github.com/cjhutto/vaderSentiment>

² Implementacija *TextBlob* modela se može pronaći na <https://github.com/sloria/TextBlob>

³ Lista pozitivnih i negativnih reči *Loughran-McDonald* rečnika može se pronaći na <https://sraf.nd.edu/textual-analysis/resources/>

⁴ Lista pozitivnih i negativnih reči *Harvard IV-4* rečnika može se pronaći na <http://www.wjh.harvard.edu/~inquirer/homecat.htm>

Autori rada [5] su ispitivali hipotezu da li objave na *Twitter*-u imaju uticaja na finansijska tržišta. U radu je detaljno opisan postupak pretprocesiranja prikupljenih tvitova. Za potrebe sentiment analize korišćen je pristup zasnovan na mašinskom učenju (engl. *ML-based approach*) konkretno SVM (engl. *Support Vector Machine*) klasifikator. Pristupi sentiment analizi zasnovani na mašinskom učenju spadaju u nadgledano učenje. Autori su SVM model obučavali koristeći labelirane (anotirane) tvitove. Kao rezultat istraživanja potvrđena je polazna hipoteza da postoji pozitivna korelacija između objava na *Twitter*-u i tržišnih kretanja.

Rad [6] se bavi predikcijom cena akcija koristeći sentiment analizu podataka sa *Twitter*-a. U radu je opisan postupak prikupljanja i obrade podataka sa berze i *Twitter*-a. Sentiment analiza je sprovedena koristeći SVM i NB (engl. *Naive Bayes*) klasifikatore. Za evaluaciju dobijenih rezultata sentiment analize koristila se tačnost. NB je postigao tačnost od 0.80609, dok je SVM postigao tačnost od 0.79308.

Cilj rada [7] je bio da se izvrši analiza sentimenta finansijskih tvitova upotrebom neuronskih mreža. U radu su korišćene CNN (engl. *Convolutional Neural Network*), RNN (engl. *Recurrent Neural Network*) i LSTM (engl. *Long Short-Term Memory*). Pored analize sentimenta finansijskih tvitova ideja je da se izvrši i predikcija kretanja cena *Apple* korporacije u budućnosti. Rađena je komparativna analiza više modela zasnovanih na neuronskim mrežama. Metodološki se problem klasifikacije tvitova uliva u problem regresije. Kada se dobije sentiment tvitova on predstavlja dodatno obeležje za regresioni problem. Autori su na raspolaganju imali 334K javno dostupnih tvitova koji imaju cashtag “\$AAPL”. Evaluacija rešenja vršna je podelom na trening i test skup. Za potrebe evaluacije klasifikacije koristi se tačnost i F1 mera. Dok se za potrebu regresije koristi R^2 (engl. *coefficient of determination*) i MSE (engl. *mean squared error*). Doprinos ovog rada se manifestuje u komparativnom pristupu izučavanju modela i jedinstvenom pristupu disekcije realnog problema na probleme klasifikacije i regresije. Primena sveobuhvatnog metričkog sistema za evaluaciju, omogućava komparaciju različitih modela.

U radovima [8][9] autori su koristili DistilBERT model za sentiment analizu tekstualnog sadržaja iz domena finansija. DistilBERT model spada u modele zasnovane na transferu učenja (engl. *transfer learning*). DistilBERT model je pre sentiment analize fino podešen (engl. *fine-tuning*) za finansijsku terminologiju. Fino podešavanje DistilBERT modela je neophodno kako bi se generički model bolje prilagodio rešavanom problemu. Postupak finog podešavanja DistilBERT-a spada u nadgledano učenje. U oba rada DistilBERT model je postigao superiorne performanse u poređenju sa modelima mašinskog učenja.

Radovi [8][10] na sistematičan način daju komparativni pregled trenutnih modela i tehnika u oblasti sentiment analize.

3. FORMIRANJE SKUPOVA PODATAKA

Za potrebe testiranje hipoteze prikupljeni su strukturirani i nestrukturirani tipovi podataka (engl. *data mining*). Strukturirani tipovi podataka obuhvataju tabelarne

berzanske izveštaje. Nestrukturirani tipovi podataka obuhvataju dve grupe finansijskih podataka. Prvu grupu predstavljaju labelirani (anotirani) finansijski tvitovi i vesti, dok drugu grupu predstavljaju nelabelirani (neanotirani) finansijski tvitovi i vesti. Labelirani finansijski tvitovi i vesti koriste se za potrebe obučavanja algoritama nadgledanog učenja. Nelabelirani tvitovi i vesti koriste se za potrebe predikcije cena finansijske aktive.

Akvizicija labeliranih (anotiranih) finansijskih tvitova i vesti vršena je manuelno sa sajtova specijalizovanih za deponovanje skupova podataka. Prikupljeno je ukupno 6 skupova labeliranih podataka: [Apple Twitter Sentiment](#), [FinancialPhraseBank](#), [Stock Market Tweet](#), [Stock market sentiment](#), [Daily News for Stock Market Prediction](#) i [Two Sigma](#). Akvizicija nelabeliranih (neanotiranih) tvitova vršena je pomoću *Twint API-a*⁵. Listu korisnika čiji tvitovi se sakupljaju čine najeminentiji ljudi, televizijske kuće i korporacije iz sveta finansija (engl. *influencers*). Listu korisnika čiji tvitovi se sakupljaju sastavljena je manuelno na osnovu domen specifičnog znanja iz oblasti finansija.

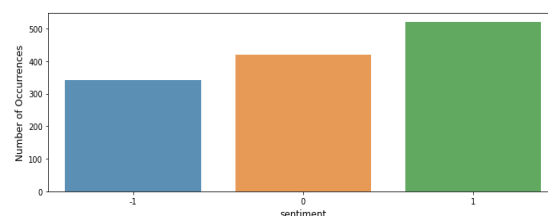
Prilikom sakupljanja tvitova, filtrirani su se samo oni tvitovi koji u sebi sadrže termine iz liste termina. Listu termina čine cashtag \$AAPL, hashtag #AAPL i mention @apple. Akvizicija tabelarnih berzanskih izveštaja vršena je pomoću *Yahoo Finance API-a*⁶. Prikupljeni su podaci o korporaciji Apple od januara 2010. godine do decembra 2020. godine.

Nakon prikupljanja podataka pristupljeno je različitim tehnikama *data wrangling-a* i pretprocesiranja podataka. Neke od korišćenih tehnika za pretprocesiranje tekstualnih podataka su⁷: eliminacija stop reči (engl. *stop word removal*), morfološka normalizacija reči upotrebom steminga ili lematizacije.

Pored pretprocesiranja tvitova, potrebno je izvršiti i pretprocesiranje numeričkih vrednosti u tabelarnim berzanskim izveštajima. Neke od korišćenih tehnika za pretprocesiranje numeričkih podataka su⁸: rukovanje nedostajućim vrednostima i autlajerima (engl. *outliers*), numerička normalizacija vrednosti atributa upotrebom standardizacije ili normalizacije. Primenjene tehnike za cilj imaju konverziju sirovih podataka u oblik pogodan za dalju analizu. Eksplorativna analiza podataka je iskorišćena za potrebe boljeg upoznavanja sa prikupljenim podacima. Slika 1 predstavlja distribuciju sentimenta finansijskih tvitova i vesti po labelama.

4. METODOLOGIJA

Nakon što su prikupljeni i obrađeni podaci, pristupilo se dizajniranju arhitekture sistema kako bismo testirali polaznu hipotezu. Kompletna arhitektura sastoji se iz dva podsistema.



Slika 1. Distribucija sentimenta tvitova po labelama

Prvi podsistem se bavi sentiment analizom. Sentiment analiza u osnovi predstavlja klasifikacioni problem. U okviru ovog podsistema korišćene su nenadgledane i nadgledane tehnike za sentiment analizu.

U okviru nenadgledanih tehnika korišćene su tehnike zasnovane na pravilima (*VADER* i *TextBlob*) i tehnike zasnovane na rečnicima (*Harvard IV-4* opšti rečnik i *Loughran-McDonald* finansijski rečnik). U okviru nadgledanih tehnika korišćene su tehnike zasnovane na ML (*Support-vector machine*, *Random forest*, *Logistic regression* i *Naive Bayes*) i tehnike zasnovane na DL (*DistilBERT*).

Da bi se prikupljeni finansijski tvitovi i vesti mogli propustiti kroz ML i DL algoritme potrebno je prvo izvršiti ekstrakciju osobina iz teksta. Postupakom vektorizacije vrši se ekstrakcije feature-a iz teksta. Za potrebe ML algoritama korišćene su dve tehnike za vektorizaciju teksta: *Bag of words* – *BOW* i *term frequency-inverse document frequency* - *TF-IDF*. Za potrebe DL algoritama korišćen je kontekstualni embedding kojim se vrši vektorizacija teksta.

Drugi podsistem bavi se predikcijom buduće cene finansijske aktive. Predikcija buduće cene finansijske aktive u osnovi predstavlja regresioni problem. Pored istorijskih podataka o kretanju cene finansijske aktive, ulaz u podsistem za predikciju cene finansijske aktive predstavljaju i anotirani finansijski tvitovi i vesti iz podsistema za sentiment analizu. Nelabelirani finansijski tvitovi i vesti nakon ulaska u podsistem za sentiment analizu postaju anotirani i kao takvi predstavljaju ulaz u podsistem za predikciju.

Ovim ulančavanjem obezbeđuje se dodatan izvor informacija prilikom predikcije cene finansijske aktive. Anotirani tvitovi se postupkom temporalne fuzije⁹ spajaju sa istorijskim podacima o kretanju cene finansijske aktive. Cilj postupka temporalne fuzije jeste da se izvrši obogaćivanje istorijskih podataka o kretanju cene finansijske aktive dodatnim izvorima informacija. Ti dodatni izvori informacija zapravo predstavljaju anotirane finansijske tvitove i vesti koji su rezultat rada podsistema za sentiment analizu.

Regresioni problem predikcije budućih cena finansijske aktive posmatra se kroz prizmu finansijskih vremenskih serija.

Zbog sekvencijalne prirode finansijskih vremenskih serija, projekcija budućih cena finansijske aktive vrši se korišćenjem tehnike klizećeg prozora (engl. *sliding window technique*) i LSTM neuronske mreže. Postupakom klizećeg prozora vrši se ekstrakcije obeležja iz vremenske serije.

⁵ Implementacija Twint API-a može se pronaći na

<https://github.com/twintproject/twint>

⁶ Implementacija Yahoo Finance API-a može se pronaći na

<https://python-yahoofinance.readthedocs.io/en/latest/api.html>

⁷ Korišćena biblioteka za postupak pretprocesiranja tekstualnog sadržaja može se pronaći na <https://www.nltk.org/howto/sentiment.html>

⁸ Korišćena biblioteka za postupak pretprocesiranja numeričkog sadržaja može se pronaći na <https://scikit-learn.org/stable/modules/preprocessing.html>

⁹ Spajanje heterogenih podataka po vremenu nastanka

5. REZULTATI I DISKUSIJA

Formiranjem arhitekture sistema može se pristupiti testiranju hipoteze. Evaluacija oba podsistema vršena je podelom odgovarajućeg skupa podataka na trening, validacioni i test skup podataka. Kao mera performansi u podsistemu za sentiment analizu koristi se tačnost. Najbolje performanse od svih korišćenih tehnika za sentiment analizu u pogledu tačnosti postigao je DistilBERT model (Tabela 1).

Tabela 1 Rezultati podsistema za sentiment analizu

Tip učenja	Pristup baziran na	Model	Tačnost
Nenadgledano	Pravilima	VADER	0.54
		TextBlob	0.49
	Rečnicima	Harvard IV-4	0.38
		Loughran-McDonald	0.57
	Korpusima	Stock market sentiment korpus	0.41
Nadgledano	ML	SVM	0.70
		RF	0.74
		LR	0.73
		NB	0.68
	DL	DistilBERT	0.89

Superiorne performanse u rešavanju različitih NLP zadataka, DistilBERT dugujem ogromnim obučavajućim skupovima podataka i transferu znanja. Za potrebe testiranja hipoteze koristila su se dva pristupa: Pearsonov koeficijent korelacije i komparacija regresionih modela. Visoke vrednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije indiciraju snažan uticaj koji javno mnjenje ima na cenu finansijske aktive.

Najviše vrednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije postigao je DistilBERT (0.88). Visoke vrednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije indiciraju da je pristup baziran na DL uspeo da detektuje povezanost između sentimenta finansijskih tvitova i tržišnih kretanja. Nakon što je detektovan klasifikator koji može najviše da doprinese poboljšanju predikcije cene finansijske aktive pristupa se ispitivanju hipoteze. Da bismo ispitali hipotezu, potrebno je da se razviju dva prediktivna LSTM modela čiji performanse će se upoređivati (Tabela 2).

Tabela 2 Rezultati podsistema za predikciju

Podaci	Model	R^2	RMSE
Berza	LSTM1	0.75	4.7447
Berza + SA	LSTM2	0.87	3.1642

Prvi LSTM je razvijen samo na osnovu istorijskih podataka sa berze, dok je drugi LSTM razvijen koristeći pored istorijskih podataka sa berze i rezultate iz podsistema za sentiment analizu. Kao mere performansi u podsistemu za predikciju koriste se koeficijent determinacije – R^2 i koren srednje kvadratne greške - RMSE. Dodavanje rezultata sentiment analize u regresioni model doprinelo je smanjenju greške regresionog modela (RMSE je pala sa 4.7447 na 3.1642) i poboljšanju prediktivnosti regresionog modela (R^2 je porastao sa 0.75 na 0.87), čime je potvrđena polazna hipoteza.

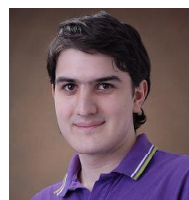
6. ZAKLJUČAK

Sprovedeno istaživanje potvrdilo je hipotezu da postoji pozitivna korelacija između sentimenta finansijskih tvitova i kretanja cene finansijske aktive. Pozitivan sentiment uslovljava rast cena finansijske aktive, dok negativan sentiment uslovljava pad cena finansijske aktive. Potvrđivanjem polazne hipoteze zaokružena je priča o predikciji cene finansijske aktive analizom sentimenta finansijskih tvitova.

7. LITERATURA

- [1] Hutto, C., & Gilbert, E. (2014, May). Vader: A parsimonious rule-based model for sentiment analysis of social media text. In *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media* (Vol. 8, No. 1).
- [2] Ao, S. (2018, July). Sentiment analysis based on financial tweets and market information. In *2018 International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP)* (pp. 321-326). IEEE.
- [3] Loughran, T., & McDonald, B. (2011). When is a liability not a liability? Textual analysis, dictionaries, and 10-Ks. *The Journal of finance*, 66(1), 35-65.
- [4] Darwich, M., Mohd, S. A., Omar, N., & Osman, N. A. (2019). Corpus-Based Techniques for Sentiment Lexicon Generation: A Review. *J. Digit. Inf. Manag.*, 17(5), 296.
- [5] Smailović, J., Grčar, M., Lavrač, N., & Žnidaršič, M. (2013, July). Predictive sentiment analysis of tweets: A stock market application. In *International workshop on human-computer interaction and knowledge discovery in complex, unstructured, big data* (pp. 77-88). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [6] Kordonis, J., Symeonidis, S., & Arampatzis, A. (2016, November). Stock price forecasting via sentiment analysis on Twitter. In *Proceedings of the 20th Pan-Hellenic Conference on Informatics* (pp. 1-6).
- [7] Chen, C. C., Huang, H. H., & Chen, H. H. (2018, April). Fine-grained analysis of financial Tweets. In *Companion Proceedings of the The Web Conference 2018* (pp. 1943-1949).
- [8] Mishev, K., Gjorgjevikj, A., Vodenska, I., Chitkushev, L. T., & Trajanov, D. (2020). Evaluation of sentiment analysis in finance: from lexicons to transformers. *IEEE Access*, 8, 131662-131682.
- [9] Dogra, V., Singh, A., Verma, S., Jhanjhi, N. Z., & Talib, M. N. (2021). Analyzing DistilBERT for Sentiment Classification of Banking Financial News. In *Intelligent Computing and Innovation on Data Science* (pp. 501-510). Springer, Singapore.
- [10] Liu, B. (2012). Sentiment analysis and opinion mining. *Synthesis lectures on human language technologies*, 5(1), 1-167.

Kratka biografija:



Dušan Stević rođen je 1991. godine. Osnovne akademske studije završio je 2020. godine na Fakultetu tehničkih nauka, na kom brani i master rad 2021. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije.

Kontakt: stevicdule@gmail.com

REŠAVANJE IGRE SUDOKU POMOĆU VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA SOLVING SUDOKU USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Jovan Bosić, *Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je pregled različitih modela veštačkih i konvolucijskih neuronskih mreža i razmatrane su prednosti upotrebe optimizacionog algoritma Adam u odnosu na neke druge optimizacione algoritme. Pomenuti modeli veštačkih neuronskih mreža primenjeni su na problem rešavanja igre Sudoku. Data je detaljna analiza obrade podataka pre obuke modela, a potom je izvršeno poređenje dobijenih rezultata.

Ključne reči: Veštačke neuronske mreže, konvolucijske neuronske mreže, Adam.

Abstract - This paper provides an overview of different models of artificial and convolutional neural networks and discusses the advantages of using the Adam optimizer over some other optimization algorithms. Proposed ANN models will be used for solving a Sudoku game. A detailed analysis of data processing before model training is given, and a comparison of the obtained results is made.

Keywords: Artificial neural networks, convolutional neural networks, Adam

1. UVOD

Cilj ovog rada jeste prikazivanje efikasnosti veštačkih neuronskih mreža (*engl. Artificial neural network - ANN*) i konvolucijskih neuronskih mreža (*engl. Convolutional neural network - CNN*) u rešavanju igre Sudoku. Teorijske osnove biće prikazane u radu, a praktična primena veštačkih neuronskih mreža implementirana je na matematičkom modelu pomoću *Colaboratory*-ja ili skraćeno *Colab* koji je proizvod kompanije *Google Research*. *Colab* omogućava bilo kome da napiše i izvrši proizvodnjom *Python* kod preko pretraživača, a posebno je pogodan za mašinsko učenje, analizu podataka i generalno obrazovanje, [1].

Rad će biti grupisan po celinama, gde će prvo biti opisana problematika pripreme podataka za formiranje modela neuronskih mreža, potom će biti dat kratak uvod u veštačke neuronske i konvolucijske mreže, dok će poslednja celina biti posvećena primeni pomenutih modela veštačke inteligencije na rešavanje igre sudoku.

2. PRIPREMA PODATAKA

Mnogi faktori utiču na uspeh mašinskog učenja (*engl. Machine learning*). Zastupljenost i kvalitet podataka su

prvi i najvažniji. Ako postoji mnogo nebitnih i suvišnih informacija, ili šuma i nepouzdanih podataka, otkrivanje karakteristika modela tokom faze obuke predstavlja težak zadatak. Približno, obrada podataka traje 70% ukupnog vremena projekta, što pokazuje koliko je faza obrade važna za bilo koji projekat mašinskog i dubokog učenja (*engl. Deep learning*). Obrada podataka je proces pretvaranja neobrađenih podataka u validan format potreban za obuku. Uopšteno, obrada se odnosi na transformacije primenjene na podatke pre unosa u algoritam. Pre same obrade neophodno je razumevanje opisa podataka gde možemo istražiti definicije i sadržaj svih promenljivih pre rada na algoritmu mašinskog učenja. Važno je znati da kvalitet ulaznih podataka odlučuje o kvalitetu izlaznih podataka. Stoga, da bi se izbegli naočigled tačni, ali zapravo pogrešni rezultati, podaci se moraju pregledati pre nego što se unesu kao ulaz u algoritam. Obrada podataka često može imati značajan uticaj na performanse generalizacije kod algoritama mašinskog učenja pod nadzorom, kao što je istaknuto u [2]. U stvarnom svetu, podaci sadrže šum, izostavljanje vrednosti i nedosledne podatke zbog velike veličine, a takođe se i podaci prikupljaju iz skupova podataka koji su prisutni u više oblika i potiču iz više izvora. Pored navedenih osobina, podaci mogu biti i redundantni, gde su određene karakteristike podataka povezane tako da nije potrebno sve njih uključiti u modeliranje, i međuzavisnosti, gde dve ili više osobina međusobno prenose važne informacije koje su nejasne ako se bilo koja od njih uključi sama, kao što je navedeno u [3].

3. VEŠTAČKE NEURONSKE MREŽE

U radu [6] napravljen je računarski model za neuronske mreže zasnovane na matematici i algoritmima koji koriste logiku praga (*eng. Threshold Logic*). Ovaj rad je uveo prvi matematički model neuronske mreže, koristeći elektronska kola. Jedinice ovog modela, jednostavni formalizovani neuroni, još uvek su standardna referenca u polju veštačkih neuronskih mreža. Neuron ovog modela naziva se Mekuloh-Pits (*McCulloch-Pitts*) neuron.

Veštačke neuronske mreže su vrsta mašinskog učenja koje se često povezuje sa dubokim učenjem. Karakteristika duboke neuronske mreže jeste da ima dva ili više skrivenih slojeva, gde su skriveni slojevi oni koje veštačka neuronska mreža sama kontroliše. S razlogom se može reći i da je većina neuronskih mreža u upotrebi zapravo oblik dubokog učenja.

Neuronske mreže koje imaju mogućnost da propagiraju podatke unazad (*engl. Backpropagation*) najčešće su mreže

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirna Kapetina

koje se sastoje od nekoliko slojeva, te se te višeslojne mreže upotrebljavaju u 80 posto slučajeva zbog svoje dokazane sposobnosti učenja i generalizacije, kao što je istaknuto u [8].

3.3. Aktivacione funkcije

Različite aktivacione funkcije koriste se za različite slučajeve, a razumevanje njihovog rada je neophodno da bi pravilno izabrali koja od njih je najbolja za određeni zadatak. Aktivaciona funkcija se primenjuje na izlaz neurona (ili sloj neurona) i transformiše ga. Takođe, aktivacione funkcije se koriste jer ako je sama funkcija aktivacije nelinearna, ona omogućava neuronskim mrežama sa obično dva ili više skrivenih slojeva da mapiraju nelinearne funkcije, kao što je navedeno u [8].

Najčešće primenjivani oblici aktivacionih funkcija su rampa funkcija (*engl. The Rectified Linear Activation Function - ReLU*) i Softmaks funkcija koja se koristi za probleme klasifikacije.

3.4. Računanje greške gubitka mreže

Glavni cilj kod rešavanja problema uz pomoć mašinskog učenja je obučiti model tokom vremena da reši određeni zadatak. Da bi se model obučio, podešavaju se vrednosti težina i drugi parametara kako bi poboljšali tačnost i pouzdanost modela. Kako bi ovo podešavanje bilo tačno, neophodno je znati grešku modela. Funkcija gubitka (*engl. Loss*), koja se takođe naziva i funkcija troškova, je mera koji kvantifikuje koliko je model pogrešan u predviđanjima.

Model poseduje softmaks aktivacionu funkciju na izlaznom sloju, što znači da kao izlaznu vrednost iz funkcije model daje raspodelu verovatnoća. Kategorična unakrsna entropija, takođe nazivana i logaritamska, eksplicitno se koristi za poređenje verovatnoća, tj. y vektora ili "očekivane, željene vrednosti", i neke predviđene distribucije ($\hat{y}$ ili "predviđanja") tj. izlaza iz softmaks funkcije, pa ima smisla koristiti unakrsnu entropiju u ovom slučaju, kao što je istaknuto u [8]. U tom slučaju gubici se računaju prema

$$L_i = - \sum_j y_{i,j} * \log(\hat{y}_{i,j}), \quad (1)$$

gde je L_i vrednost gubitka određenog uzorka, indeks i je i -ti uzorak iz skupa podataka, j je indeks kod izlaznog vektora, y je željena vrednost, a $\hat{y}$ je predviđena vrednost.

3.5. Optimizacija

Kada je neuronska mreža modelovana, sposobna za prenos podataka i sposobna da izračuna gubitak, sledeći korak je da se utvrdi kako prilagoditi težine i pristrasnosti kako bi se smanjio taj gubitak. Pronalaženje adekvatnog načina za prilagođavanje težina i pristrasnosti neurona kako bi se minimalizovao gubitak, jedan je od glavnih problema neuronskih mreža.

3.5.1. Propagiranje podataka unazad

Od objavljivanja PDP tomova 1986, [10] učenje putem propagacije unazad postalo je najpopularniji metod obuke neuronskih mreža. Razlog popularnosti jeste jednostavnost i relativna moć algoritma. Njegova moć proizilazi iz činjenice da se, za razliku od svojih prethodnika, pravila učenja perceptrona i Vidrov-Hoffovog pravila učenja, može kori-

stiti za obuku nelinearnih mreža proizvoljne povezanosti. Pošto su takve mreže često potrebne za primene u stvarnom svetu, takva procedura učenja je od velikog značaja. Osnovna ideja je stara i jednostavna; naime, definiše se funkcija gubitka i koristi se algoritam gradijentnog spusta (*engl. Gradient Descent*) da bi pronašli skup vrednosti težina koje optimizuju performanse na određenom zadatku, kao što je navedeno u [9].

Da bi se primenio pomenuti algoritam, potrebno je izračunati gradijente funkcije gubitaka po svim parametrima, koji se dalje koriste za prilagođavanje težina i pristrasnosti kako bi se gubitak smanjio, kao što je navedeno u [8]. Optimizacioni algoritam, koji je prema naučnoj literaturi najčešće primenljiv u ove svrhe je modifikovana verzija osnovnog gradijentnog algoritma i naziva se adaptivni gradijentni algoritam sa momentom (*eng. Adam - Adaptive Momentum*). Adam kao metod za efikasnu stohastičku optimizaciju zahteva samo gradijente prvog reda sa malim zahtevima za memorijom. Metod izračunava individualne stope adaptivnog učenja za različite parametre iz procena prvog i drugog momenta gradijenata. Ime Adam je izvedeno iz procene adaptivnog momenta. Metod je dizajniran da kombinuje prednosti dve veoma popularne metode: Ada-Grad, koji dobro funkcioniše sa gradijentima koji su retki (mreža ne prima dovoljno jak signal za podešavanje težina i pristrasnosti neurona), i RMSProp, koji dobro funkcioniše u online i nestacionarnim postavkama. Neke od Adamovih prednosti su da su veličine ažuriranja parametara invarijantne u odnosu na reskaliranje gradijenta, njegov korak izračunavanja je približno ograničen hiperparametrom, i radi sa retkim gradijentima.

Adam je algoritam za optimizaciju stohastičkih funkcija koje je potrebno minimizovati - ciljne funkcije (*engl. Objective functions*) zasnovan na gradijentu prvog reda i na adaptivnim procenama momenata nižeg reda. U matematičkim momentima su funkcije kvantitativne mere povezane sa oblikom grafa funkcije. Ako funkcija predstavlja masu, tada je prvi momenat centar mase, a drugi momenat rotaciona inercija. Adam je jednostavan algoritam za implementaciju, računarski je efikasan, ima male potrebe za memorijom, invarijantan je na dijagonalno skaliranje gradijenata i pogodan je za probleme koji su veliki u smislu podataka i/ili parametara. Metoda je takođe prikladna za nestacionarne ciljne funkcije i probleme sa zašumljenim i/ili retkim odnosno oskudnim gradijentima (*engl. Sparse gradients*). Hiperparametri imaju intuitivne interpretacije i obično zahtevaju malo podešavanja, kao što je navedeno u [5]. Ciljne funkcije mogu imati razne izvore šuma pored šuma nastalog tokom uzorkovanja podataka, kao što je regularizacija isključivanja neurona naznačena u radu [7]. Za rešavanje ovakvih smetnji, potrebne su efikasne tehnike stohastičke optimizacije, poput Adam-a.

4. KONVOLUCIJSKE NEURONSKE MREŽE

Neuronske mreže topologije rešetke specijalizirane za obradu podataka nazivaju se "konvolucijske neuronske mreže" (*engl. Convolutional neural network - CNN*). Predstavljaju jednu od popularnijih kategorija neuronskih mreža, posebno za rad s višedimenzionalnim podacima. Funkcionišu poput standardnih veštačkih neuronskih mreža, uz razliku da je svaka jedinica pojedinog sloja konvolucij-

ske mreže (minimalno) dvodimenzionalni filter koji obavlja operaciju konvolucije. Ovo je presudno za prepoznavanje uzoraka kod ulaznog slikovnog ili video materijala, kao što je istaknuto u [4]. Sami filteri imaju sličan, ali manji prostorni oblik u odnosu na ulazni medij te koriste zajedničke parametre radi smanjenja broja promenljivih za učenje.

4.1. Slojevi mreže

Konvolucijska neuronska mreža sadrži nekoliko gradivnih elemenata koji se nazivaju konvolucijski slojevi. Na ulazu CNN nalazi se monohromatska slika ili slika u boji, nakon čega se izmenjuju konvolucijski slojevi i slojevi sažimanja. Zatim sledi nekoliko potpuno povezanih jednodimenzionalnih slojeva poput onih u ANN, a na kraju se nalazi izlazni sloj.

4.2. Inicijalizacija težinskih vrednosti

Ispravna inicijalizacija težinskih vrednosti ključna je kod učenja vrlo dubokih neuronskih mreža te bi loša inicijalizacija mogla rezultovati problemom "nestajućeg" ili pak gradijenta koji "eksplođira". Postoji nekoliko različitih pristupa inicijalizaciji, a svaki sadrži određene komparativne prednosti i mane. Dobre rezultate u dubokim neuronskim mrežama pokazuje pravougaona nasumična inicijalizacija za koju se raščlanjuje slučajna težina matrice, a potom se pravougaona matrica koristi za inicijalizaciju težinskih vrednosti konvolucijskih neuronskih slojeva. Kako bi se izbegli problemi s nestajanjem i eksplozijom gradijenata, pristupa se nenadziranom pred-učenju slojeva koji može biti popraćen fazom nadziranog podešavanja. Da bi se ublažio problem proporcionalnosti varijanse izlaznih i ulaznih veza, pristupa se inicijalizaciji težinskih vrednosti varijansom zavisnom o broju ulaznih i izlaznih veza neurona gde su w težinske vrednosti mreže, n_{f-in} broj veza koje ulaze u neuron, a n_{f-out} broj veza koje izlaze iz neurona:

$$Var(w) = -\frac{2}{n_{f-in} + n_{f-out}} \quad (2)$$

5. PRIMENA VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA ZA REŠAVANJE IGRE SUDOKU

Sudoku je postala veoma popularna u Velikoj Britaniji 2004. godine. *Sudoku* ili *Su Doku* je Japanska reč odnosno fraza koja znači *broj mesta*. Ideja igre je krajnje jednostavna, potrebno je popuniti mrežu dimenzija 9x9 koja je podeljena u blokove 3x3 brojevima od 1 do 9 po određenim pravilima: svaki blok mora da ima sve brojeve od 1 do 9 bez ponavljanja, ali takođe i za svaki red i svaku kolonu važi isto pravilo.

Postoji mnogo algoritama pogodnih za rešavanje igre Sudoku, ali u okviru ovog rada su se razmatrale dve metode, rešavanje uz pomoć veštačkih neuronskih mreža i rešavanje uz pomoć konvolucijskih neuronskih mreža. Za implementaciju ovih algoritama korišćen je programski jezik *Python*.

Pristup pripremanja podataka za obradu kod običnih i konvolucijskih veštačkih neuronskih mreža je dosta različit. Kako obična neuronska mreža predstavljena u radu može da primi samo jednodimenzionalne nizove kao ulaz, bilo je jednostavno pripremiti podatke jer su oni već bili u formi niza dimenzija 81x1. Podaci su preuzeti sa web

stranice <https://www.kaggle.com/bryanpark/sudoku>, gde ima 1.000.000 primera rešenih i nerešenih Sudoku-a u dve kolone u formi csv fajla. Uz pomoć Python-ove biblioteke *Pandas* bilo je jednostavno pristupiti podacima.

Kada je reč o pripremi podataka za konvolucijske neuronske mreže, priča je dosta drugačija. Pošto CNN primaju podatke u matričnom obliku kao što su na primer slike, ovde je bilo potrebno predstaviti Sudoku kao matricu dimenzija 9x9x1. Poslednja dimezija označava da podaci imaju jedan kanal, kao što je to slučaj kod crno belih slika.

Takođe, potrebno je napomenuti kako je urađeno poređenje stvarnih i predviđenih vrednosti. Kod ANN predviđenje vrednosti su dimenzija 729x1 iz razloga što za svako polje u Sudoku-u kojih ima 81 mogu se naći brojevi od 1 do 9, to znači da treba ne samo predvideti tačan broj, već i tačnu poziciju. Iz ovog razloga je rešavanje igre Sudoku ne tako klasičan primer klasifikacije. Kako bi uspeali da uporedimo predviđene vrednosti sa stvarnim, koji su dimenzija 81x1, bilo je potrebno transformisati izlazni niz. To je urađeno tako što je svaka cifra u nizu predstavljena nulama i jedinicama na sledeći način: svaki od 81 brojeva je prestavljen sa 9 cifara od kojih je 8 nuli i jedna 1 koja se nalazi na poziciji koja odgovara određenom broju. Kako je za obuku CNN korišten Keras, nije bilo potrebe za ovim transformacijama na izlaznim podacima jer je bilo moguće uporediti ih u formi 81x1.

Za samu obuku i validaciju mreža korišćeno je 70% podataka odnosno 700 000, a za testiranje modela na novim podacima korišćeno je 30% odnosno 300 000 primera.

```
Predictions
[[4 4 6 1 1 7 4 4 9]
 [7 7 4 1 4 5 5 2 9]
 [5 6 9 4 4 4 4 6 7]
 [2 7 5 8 5 3 5 3 9]
 [3 4 8 2 5 4 9 1 4]
 [3 5 1 4 1 9 2 3 9]
 [7 7 5 7 6 5 5 4 6]
 [2 9 5 1 8 6 3 9 3]
 [3 5 7 6 2 6 4 6 4]]

Solved
[[6 2 4 5 1 3 7 9 8]
 [7 8 5 2 4 9 3 1 6]
 [9 1 3 7 8 6 4 5 2]
 [8 3 2 9 6 1 5 4 7]
 [5 7 9 3 2 4 8 6 1]
 [4 6 1 8 7 5 2 3 9]
 [1 4 7 6 3 2 9 8 5]
 [3 9 8 1 5 7 6 2 4]
 [2 5 6 4 9 8 1 7 3]]

Comparison
[[False False False False True False False False]
 [ True False False False True False False False]
 [False False False False False False True False]
 [False False False False False False True False]
 [False False False False False True False False]
 [False False True False False False True True True]
 [False False False False False False False False]
 [False True False True False False False False]
 [False True False False False False False False]]
```

Slika 1: Primer rešenja igre Sudoku pomoću ANN.

Kako obuka mreža zavisi mnogo kako od samih arhitektura, odnosno broja slojeva i broja neurona po slojevima, ali i od podešavanja hiperparametara kao što su parametri optimizatora, bilo je potrebno dosta testiranja i probavanja različitih pristupa. Kod ANN najbolje se pokazala arhitektura sa 3 skrivene sloja, gde prvi sloj sadrži 30 neurona, drugi 100, a treći 729. Ova arhitektura je dala tačnost od 10,6% i gubitkom od 4.359 sa trening podacima i tačnost od 10,6% i gubitkom od 1.870 sa test podacima odnosno

podacima koje ranije nije videla. Obuka je trajala 3 epohe, mreža je bila obučavana sa skupovima podataka od 64 elementa, a stopa učenja je bila 0.001. Tokom prve epohe gubitak modela je iznosio oko 80, a tokom druge epohe je krenuo da opada. Pokušano je obučavanje modela i kroz više epoha, ali nisu postignuti bolji rezultati. Na slici 1 je prikazan primer rešavanja igre Sudoku pomoću opisanog modela.

Što se tiče CNN, arhitektura je bila sledeća: korišćena su 3 konvoluciona sloja, prva dva sloja imala su 64 filtera dimenzija 3x3, dok je poslednja konvolucija imala 128 filtera dimenzija 1x1. Na kraju je dodat jedan skriveni sloj dimenzija 729x1 koji je pretvoren u matricu 81x9 radi računanja predviđenih vrednosti. Obuka je trajala 2 epohe sa skupovima podataka od po 32 jedinice. U prvoj epohi stopa učenja je bila 0.001 a u drugoj je redukovana na 0.0001. Rezultat koji je postignut je sledeći: gubitak koji je dobijen nakon testiranja je iznosio 0.3615, a tačnost je iznosila 90%. Ovo su bili ubedljivo najbolji postignuti rezultati. Primer rešene igre Sudoku pomoću ovog modela se može videti na slici 2.

```
1 game = '''
2         0 8 0 0 3 2 0 0 1
3         7 0 3 0 8 0 0 0 2
4         5 0 0 0 0 7 0 3 0
5         0 5 0 0 0 1 9 7 0
6         6 0 0 7 0 9 0 0 8
7         0 4 7 2 0 0 0 5 0
8         0 2 0 6 0 0 0 0 9
9         8 0 0 0 9 0 3 0 5
10        3 0 0 8 2 0 0 1 0
11        '''
12
13 game = solve_sudoku(game)
14
15 print('solved puzzle:\n')
16 print(game)
```

solved puzzle:

```
[[4 8 9 5 3 2 7 6 1]
 [7 1 3 4 8 6 5 9 2]
 [5 6 2 9 1 7 8 3 4]
 [2 5 8 3 4 1 9 7 6]
 [6 3 1 7 5 9 2 4 8]
 [9 4 7 2 6 8 1 5 3]
 [1 2 5 6 7 3 4 8 9]
 [8 7 6 1 9 4 3 2 5]
 [3 9 4 8 2 5 6 1 7]]
```

Slika 2: Primer rešenja igre Sudoku pomoću CNN.

6. ZAKLJUČAK

Rezultati obuke i testiranja pokazuju da uz dobro podešene hiperparametre mreže, CNN pokazuje znatno bolje rezultate u odnosu na ANN kada je u pitanju rešavanje igre Sudoku. Iako su CNN kompleksnije, optimizacija i fleksibilnost koje one pružaju su obećavajući kada govorimo o rešavanju problema kao sto je rešavanje igre Sudoku.

Interesantno bi bilo razmotriti i druge pristupe rešavanja ovoga problema uz pomoć veštačkih i konvolucijskih neuronskih mreža. Možda bi ljudski način razmišljanja i rešavanja igre, gde se rešava broj po broj, a ne cela matrica odjednom, doveo do još boljih rezultata.

7. LITERATURA

- [1] <https://research.google.com/colaboratory/faq.html>
- [2] C. M. Teng., "Correcting noisy data", *16th International Conf. on Machine Learning* 1999.
- [3] Isabelle Guyon and André Elisseeff, "An Introduction to Variable and Feature Selection", *JMLR Special Issue on Variable and Feature Selection* 2003.
- [4] Khan, Rahmani et al, "A Guide to Convolutional Neural Networks for Computer Vision", 2018.
- [5] Diederik P. Kingma and Jimmy Lei Ba, "Adam: A method for stochastic optimization", *Published as a conference paper at ICLR* 2015.
- [6] Walter Pitts and Warren McCulloch, "A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity", 1943.
- [7] Alex Krizhevsky and Ilya Sutskever and Geoffrey E. Hinton, "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks", 2012.
- [8] Harrison Kinsley and Daniel Kukiela, "Neural Networks from Scratch in Python", *Kinsley Enterprises Inc.* 2020.
- [9] Yves Chauvin and David E. Rumelhart, "Backpropagation: Theory, Architectures, and Applications", *Lawrence Erlbaum Associates* 1995.
- [10] Rumelhart and McClelland and the PDP Research Group, "Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition.", 1986.

Kratka biografija:



Jovan Bosić rođen je u Kninu 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Duboko učenje odbranio je 2021. godine. Kontakt: jovanbosic95@gmail.com

**IMPLEMENTACIJA APLIKACIJE ZA SPORTSKA KLAĐENJA PRIMENOM
ETHEREUM PLATFORME****IMPLEMENTATION OF SPORTS BETTING APPLICATION USING ETHEREUM
PLATFORM**

Igor Antolović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeno je potencijalno rešenje za decentralizovanu aplikaciju za sportsku kladionicu u okviru Ethereum blockchain mreže. Objasnjen je su teorijske osnove i navedeni izazovi koji se susreću u ovom domenu. Opisane su terminologije vezane za ovu decentralizovanu aplikaciju kao što su blockchain tehnologija, Ethereum blockchain, koncept pametnih ugovora, Oracle entiteti i Solidity jezik. Na kraju je prikazan model i opis implementacije sistema, kao i završna zaključena zapažanja.

Ključne reči: blockchain, pametni ugovori, Ethereum, dapp, Solidity, Oracle entiteti, kladionica

Abstract – This paper presents potential solution for Ethereum decentralized application (dapp) for sports betting. Theoretical explanations are given and challenges that are met in this domain are listed. Terminologies related to this dapp such as blockchain technology, Ethereum platform, smart contracts, Oracle entities and Solidity language are described. In the end, the paper represents model and proposed implementation of software and provides final considerations.

Keywords: blockchain, smart contracts, Ethereum, dapp, Solidity, Oracle entities, bookmaker

1. UVOD

Jedna od najvećih svetskih kompanija za razvoj softvera za sportsko klađenje - GammaStack, sprovela je anketu vezanu za mogućnost poboljšanja svojih usluga. Najveći deo zahteva, oko 35%, se odnosilo na implementaciju sistema integrisanih sa kriptovalutama i blockchain tehnologijom. Korisnici uvek traže brža i sigurnija rešenja za transfer novca, a blockchain tehnologija nudi dobra rešenja za ove zahteve.

Takođe, implementacijom blockchain softvera, kladionice bi mogle znatno da smanje operativne troškove vezane za tradicionalno korišćenje kreditnih kartica, uključujući i naknade za obradu elektronskih transakcija. Smanjenje troškova bi omogućilo bolje poslovanje sportskih kladionica, kao i bolje uslove za krajnje korisnike[1]. Zbog ovoga, ideja ovog rada je da pruži i analizira jednu implementaciju blockchain sistema sportske online kladionice.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Sladić, red. prof.

2. BLOCKCHAIN

Blockchain, nekad nazvan i kao „Tehnologija distribuirane glavne knjige“ (eng. Distributed Ledger Technology - DLT), skladišti transakcije digitalnih imovina (eng. digital assets) i čini njihovu istoriju nepromenljivom i transparentnom, koristeći decentralizaciju i kriptografsko heširanje (eng. cryptographic hashing). Blockchain tehnologija nudi mehanizam potvrđivanja konsenzusa kroz mrežu kompjutera koja sprovodi peer-to-peer transakcije bez potrebe za posrednikom. Svaka transakcija se validira i zajedno sa grupom drugih validiranih transakcija, se dodaje u već postojeći transakcioni lanac (eng. chain) u okviru novog bloka (eng. block). Kada se transakcija jednom doda u lanac, praktično ju je nemoguće izmeniti ili obrisati. Prvi predlog implementacije blockchain tehnologije, pojavljuje se 2008. godine, izlaskom rada pod nazivom "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" [2], čiji je autor predstavljen pod pseudonimom Satoshi Nakamoto. Nakamoto je naredne godine (2009) implementirao prvi blockchain za transakcije Bitcoin kripto valute.

2.1. Blockchain 2.0

Termin "blockchain 2.0" je nastao kako bi se napravila razlika između Bitcoin-a kao digitalne imovine i blockchain-a "kao programabilne distribuirane infrastrukture poverenja" sa dodacima novih skalabilnih karakteristika i proširivosti. Umesto da se blockchain posmatra kao mehanizam decentralizacije novca i plaćanja, blockchain 2.0 proširuje obim tehnologije kako bi omogućio decentralizaciju tržišta uopšteno. Prva ideja implementacije blockchain 2.0 tehnologije je izneta 2013. godine [3].

2.2. Pametni ugovori

Ključna inovacija u okviru Ethereum platforme je uvođenje kompjuterskih programa u blokove blockchain sistema. Ovi programi su nazvani "pametni ugovori" (eng. smart contracts). Pametni ugovori predstavljaju samo-izvršavajuće ugovore gde su uslovi i odredbe umesto rečima, napisani u nekom programskom jeziku. Kako se ovi programi pokreću na svim čvorovima blockchain mreže nezavisno, ne postoji potreba za trećom stranom koja nadgleda da li obe strane poštuju svoje obaveze navedene u ugovoru. Kompjuterski kod na blockchain-u je nepromenljiv, kao i svi podaci, što znači da ne postoji opasnost od izmene ugovora [4].

Pametne ugovore na osnovu toga da li zavise od spoljnih informacija (informacije koje dolaze spolja, van blockchain sistema) možemo podeliti na: *determinističke* (za pokretanje ovakvih ugovora nisu potrebne informacije iz

spoljašnosti sistema) i *nedeterminističke* (ovi ugovori zavise od informacija koje se ne nalaze na blockchain sistemu, već treba da dođu iz spoljašnosti sistema). Fundamentalno ograničenje pametnih ugovora predstavlja to što oni sami po sebi ne mogu da stupaju u interakciju sa podacima i sistemima koji postoje izvan njihovog originalnog blockchain okruženja što predstavlja problem pri realizaciji nedeterminističkih ugovora.

2.3. Oracle entiteti i Chainlink

Kako bi nedeterministički ugovori funkcionisali, uvode se entiteti koji se nazivaju oracles, čija je uloga da omoguće povezivanje blockchain sistema sa off-chain podacima (podacima van blockchain sistema). Zbog toga što su izolovani od spoljnih sistema, blockchain sistemi poseduju svoje najvrednije osobine kao što je snažan konsenzus o validnosti korisničkih transakcija, sprečavanje napada dvostruke potrošnje i ublažavanje zastoja u okviru mreže. Oracle entiteti zapravo predstavljaju nove delove infrastrukture blockchain okruženja, koji omogućavaju da se premosti prepreka u bezbednoj komunikaciji blockchain-a sa spoljašnjim svetom.

Pošto podaci koje oracle entiteti dostavljaju blockchain sistemima direktno određuju ishode pametnih ugovora, od ključne je važnosti da oracle mehanizam bude ispravan kako bi se ugovor izvršavao tačno onako kako se očekuje. Potpuno rešenje oracle problema zahteva decentralizaciju oracle entiteta kako bi se sprečila manipulacija podacima, netačnost i zastoji u sistemu.

Decentralizovana oracle mreža (eng. Decentralized Oracle Network - DON) kombinuje više nezavisnih operatera oracle čvorova i više pouzdanih izvora podataka kako bi se uspostavila end-to-end decentralizacija [5].

Chainlink predstavlja trenutni standard industrije za DON (Decentralized Oracle Network). Chainlink je tehnologija otvorenog koda koju je zajednički razvila velika zajednica programera. Chainlink je podržan na svim EVM kompatibilnim blockchain mrežama [6].

3. ETHEREUM

Ethereum je blockchain platforma sa sopstvenom kriptovalutom, koja se zove Ether (ETH) ili Ethereum, koja podržava rad sa pametnim ugovorima koji se definišu sopstvenim programskim jezikom platforme, koji se zove Solidity. Korisnici Ethereum blockchain-a mogu da kreiraju, objavljuju, monetizuju i koriste aplikacije na platformi, kao i da koriste svoju ETH kriptovalutu za plaćanje [7]. Decentralizovane aplikacije koje nastaju primenom pametnih ugovora na ovoj platformi se popularno nazivaju "DApps".

Uvodni rad za Ethereum je prvobitno objavljen 2013. godine od strane kanadsko-ruskog programera pod imenom Vitalik Buterin. Ethereum mreža je otpočela sa radom 30. jula 2015. godine, kada je kreiran početni (eng. genesis) blok ove blockchain mreže.

4. SOLIDITY

Solidity programski jezik se koristi za pisanje ugovora u okviru Ethereum platforme, i on se može predstaviti kao objektno orijentisan, statički pisani (tip promenljive je poznat u vreme kompajliranja) jezik visokog nivoa za implementaciju pametnih ugovora koji podseća na C++.

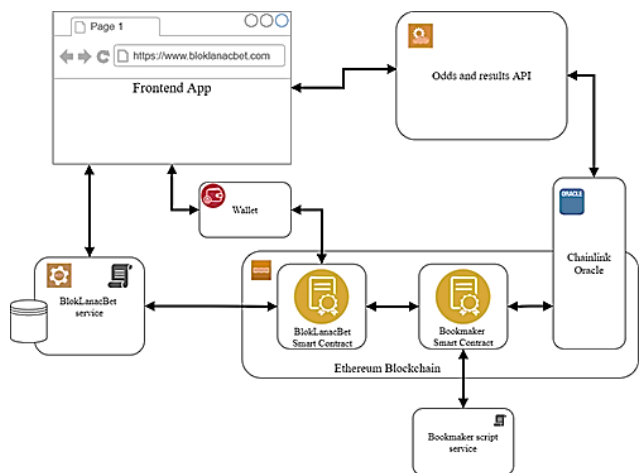
Solidity jezik podržava: nasleđivanje, biblioteke i kompleksne korisnički definisane tipove. Pametni ugovori se u ovom jeziku pišu poput klasa u standardnim objektno orijentisanim jezicima. Kao i klase, svaki ugovor ima svoja polja, koja mogu biti private i public, svoje metode (u Solidity jeziku funkcije), kao i konstruktor [8].

5. MODEL I IMPLEMENTACIJA SISTEMA

Implementirani deo sistema, koji predstavlja decentralizovanu aplikaciju - DApp, se sastoji od: *Front-end* klijentske aplikacije, *BlokLanacBet servisa* sa svojom bazom podataka, *BlokLanacBet pametnog ugovora*, *Bookmaker pametnog ugovora* i *Bookmaker script servisa*. Pored ovoga, tu su i eksterne komponente: *Wallet*, *Chainlink Oracle* i *Odds and results API* koje nisu direktno implementirane u okviru sistema, ali su korišćene da obezbede potrebne servise kako bi celokupan sistem funkcionisao.

5.1. Arhitektura sistema

Na slici 5.1 prikazana je arhitektura celokupnog sistema.



Slika 5.1 Arhitektura sistema

Ključni deo sistema predstavljaju dva pametna ugovora, *BlokLanacBet ugovor* i *Bookmaker ugovor*. Uloga *Bookmaker ugovora* je da preko *Chainlink Oracle* entiteta, od *Odds and results API*-a dobavlja podatke vezane za kvote i rezultate sportskih događaja i skladišti ih na blockchain-u. Dakle, *Bookmaker ugovor* obezbeđuje sve relevantne podatke za sportsko kladenje direktno na blockchain-u. Uloga *BlokLanacBet ugovora* je da kreira opklade, koristeći kvote koje dobija od *Bookmaker ugovora*, kao i da procesira ishode opklada, nakon što su svi relevantni događaji za konkretnu opkladu završeni, koristeći rezultate koje dobija od *Bookmaker ugovora*. Razlog zašto je odlučeno da se funkcionalnosti ovako podele, je taj što potencijalni *Bookmaker ugovor* mogu koristiti i više ovakvih kladionica, odnosno poslovnih entiteta.

Kladionice koje nemaju nameru da se bave kompleksnim procesom kalkulacija kvota, ili da brinu o tome kako da dostave ove kvote kao i rezultate na blockchain, mogle bi da plaćaju servise *Bookmaker pametnog ugovora*. Kladionice na ovaj način zarađuju na opkladama, a Bookmaker zarađuje naplaćujući svoje servise. U okviru ovog projekta, isti entitet je odgovoran za ova dva pametna ugovora, tako da konkretna *BlokLanacBet*

kladionica ne mora da plaća usluge *Bookmaker pametnom ugovoru*.

Kako se pametni ugovori ne mogu pokretati "sami od sebe", *Bookmaker script servis* služi da pokrene funkcije *Bookmaker pametnog ugovora* onda kada je to potrebno. Sve troškove transakcija potrebnih da se ove funkcije izvrše snosi Bookmaker biznis entitet, koji je u ovom slučaju isti entitet koji održava celokupni sistem.

BlokLanacBet servis predstavlja RESTful servis vezan za opklade, sa svojom bazom podataka, koji služi i za pokretanje *BlokLanacBet pametnog ugovora*. *BlokLanacBet servis* ima ulogu da: obezbedi skladištenje opklada, obezbedi dostupnost istorije opklada za svakog korisnika i pokreće funkciju za procesiranje opklada u okviru *BlokLanacBet pametnog ugovora*. Sve troškove transakcija potrebnih da se funkcija procesiranja opklade izvrši snosi BlokLanacBet biznis entitet, koji je u ovom slučaju isti entitet koji održava celokupni sistem.

Front-end klijentska aplikacija služi korisnicima da ostvare interakciju sa sistemom. Preko ove aplikacije korisnik kreira opkladu. Da bi se opklada kreirala, korisnik prvo mora da se konektuje na sistem pomoću svog kripto novčanika - *Wallet-a*. Opklada se kreira tako što korisnik bira ishode željenih sportskih događaja, a zatim unosi željeni ulog. Nakon ovoga, *Wallet* prvo proverava da li korisnik ima dovoljno sredstava da stavi uneti ulog na opkladu, a zatim predlaže cenu gasa i traži potvrdu od korisnika za konkretnu blockchain transakciju. Korisnik može da podesi cenu gasa i tek nakon potvrde transakcije u okviru *Wallet-a*, transakcija se šalje na blockchain ka *BlokLanacBet pametnom ugovoru*. Sve troškove transakcije za stavljanje opklade snosi korisnik. Takođe, putem ove aplikacije korisnik ima pristup istoriji svojih opklada.

5.2. Bookmaker pametni ugovor

Bookmaker ugovor nasleđuje ChainlinkClient ugovor, iz Chainlink biblioteke pametnih ugovora. Ovaj ugovor obezbeđuje slanje zahteva za podatke o utakmicama ka Chainlink oracle čvorovima. Ova funkcionalnost je podržana *sendChainlinkRequestTo(oracle,request,fee)* funkcijom. Da bi se ova funkcija pozvala, prvo je potrebno kreirati *Chainlink.Request* objekat, kojem se prosleđuje: *jobId*, *adresa* ugovora i *selektor funkcije* ugovora. Nakon kreiranja ovog objekta, definisani su parametri relevantni za zahtev, a to su: *HTTP metoda* koja se koristi, *Query parametri* koji se dodaju na GET zahtev, *path* parametar, koji predstavlja json path.

Preostali parametri *sendChainlinkRequestTo* funkcije, *oracle* i *fee*, kao i *jobId* se mogu pronaći na *market.link* sajtu i zavise od željenog oracle čvora (adrese oracle ugovora), kao i *job-a* za izvršavanje. *Fee* predstavlja cenu u LINK tokenima koju je potrebno platiti oracle čvoru da ispuni svoj job.

5.3. BlokLanacBet pametni ugovor

Ovaj pametni ugovor podržava sve funkcije u vezi sa opkladama, koristeći Bookmaker ugovor za potrebne podatke. BlokLanacBet ugovor koristi Bookmaker ugovor preko definicije IBookmaker interfejsa. Da bi ovo funkcionisalo, IBookmaker mora da dobije konkretnu adresu Bookmaker ugovora i ova adresa se pri kreiranju

BlokLanacBet ugovora prosleđuje njegovom konструкторu, u okviru kog se čuva u *address* polju *bookmakerContract*. Na ovaj način, svaki put kada je potrebno poslati poruku ka Bookmaker ugovoru, pomoću ove adrese je moguće kreirati IBookmaker i pozivati interfejsom definisane funkcije koje dobavljaju potrebne podatke. Pored adrese Bookmaker ugovora, u okviru konstruktora BlokLanacBet ugovora se dodeljuje vrednost i polju *owner*, koje služi da zapamti vlasnika ugovora. Ovaj podatak je bitan jer je vlasnik ugovora dužan da uplaćuje na račun ugovora kako bi ugovor mogao da isplati dobitne opklade i jedini on ima pravo da preuzima sredstva sa računa ugovora. Vlasnik može direktno da uplaćuje sredstva na račun ugovora, slanjem obične transakcije bez podataka ka adresi ugovora.

Ovu funkcionalnost obezbeđuje funkcija *receive()*. Pored *receive()* funkcije tu je i *withdraw(uint)* funkcija koja omogućava vlasniku ugovora da povuče sredstva sa računa pametnog ugovora na svoj račun. Stavljanje opklada se obavlja putem *placeBet(address gambler, Bet calldata bet)* funkcije.

Funkcija *processBetResults(address,uint)* predstavlja funkciju koja podržava procesiranje opklada. Ova funkcija se poziva onog trenutka kada su sve utakmice u okviru opklade završene. Funkcija dobavlja rezultate od Bookmaker ugovora i na osnovu logike vezane za poređenje rezultata utakmica, određuje da li je opklada dobitna ili ne. Svaka dobitna opklada se isplaćuje u okviru ove funkcije.

5.4. Truffle, deployment i testiranje ugovora

Kao blockchain DApp razvojno okruženje je korišćen *Truffle Suite* [9]. Truffle Suite je skup alata koji omogućavaju kompletan razvoj DApp aplikacija. Truffle alati koji su korišćeni u okviru ove implementacije su: *Truffle* (razvojno okruženje i framework za testiranje) i *Ganache* (lokalni blockchain za razvoj i testiranje).

Kao realna testna blockchain mreža u okviru ove implementacije je iskorišćena Kovan Testnet mreža [10]. Deployment pametnih ugovora na ovu blockchain mrežu (Kovan Testnet) se izvršava naredbom *truffle migrate --network kovan*. Nakon što je deployment izvršen, potrebno je prebaciti LINK tokene na adresu Bookmaker pametnog ugovora, kako bi mogao da plati oracle čvoru za servise koje mu obezbeđuje.

U okviru ovog framework-a, svaki test se definiše putem funkcije *it* i testovi se grupišu u okviru *contract* funkcije. Ova funkcija obezbeđuje da se nad ugovorima ponovo radi deployment na podrazumevani Ethereum klijent, u ovom slučaju Ganache blockchain, tako da se testovi unutar ove funkcije pokreću sa inicijalnim stanjem ugovora. Testovi se pokreću *truffle test* naredbom.

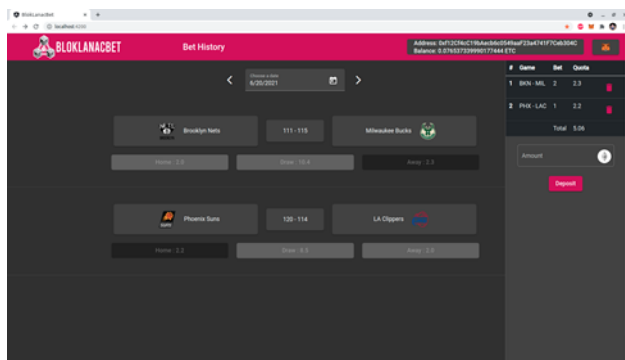
5.5. Off-Chain komponente

Zbog jednostavnosti potrebne logike, BlokLanacBet servis je realizovan pomoću jednostavnog REST API-a sa svojom NoSQL bazom podataka, koji služi isključivo za realizaciju CRUD operacija nad entitetom opklada, uz Truffle skriptu koja služi da pozove BlokLanacBet ugovor a zatim rezultate prosledi ovom REST API-u. Za implementaciju REST API-a je iskorišćen "fake REST API" koji je obezbeđen od strane json-server npm paketa

[11]. Bookmaker servis je takođe realizovan pomoću Truffle skripte koja poziva Bookmaker ugovor. Odds and Results API je implementiran pomoću istog json-server paketa koji je ranije korišćen, s tim da je odrađen i deployment ovog API-a na javni server zbog potreba Oracle čvora. Da bi Oracle čvor mogao da dostavlja podatke, API mora biti javno dostupan. Za dobijanje realnih podataka je korišćen Rapid API, koji predstavlja najveće dostupno tržište API-ja. Konkretno API koji je korišćen je API-NBA [12], koji dostavlja informacije o svim dostupnim podacima o NBA utakmicama. Razlog zašto se direktno nije mogao koristiti API-NBA, nego su podaci morali biti modifikovani, je taj što je bilo potrebno dostaviti Bookmaker pametnom ugovoru rezultate i kvote u jedinstvenom string formatu.

5.6. Front-end klijentska aplikacija

Za implementaciju front-end aplikacije je korišćen Angular framework [13]. Za komunikaciju sa blockchain-om, odnosno pametnim ugovorima, kao i konekciju ka kripto novčaniku, korišćena je web3.js biblioteka [14]. Kao kripto novčanik, koji je ujedno i gateway prilikom slanja transakcija ka blockchain-u, korišćen je MetaMask [15]. Predikcije se unose klikom na jedan od tri dugmeta ispod utakmice, nakon čega se predikcija dodaje u opkladu u okviru side panel-a, koji se pojavljuje dodavanjem prve predikcije. Ekran aplikacije je prikazan na slici 5.2.



Slika 5.2 Glavni ekran aplikacije

Nakon što je korisnik odabrao sve željene predikcije utakmica, on unosi željeni ulog u ETH kriptovaluti i klikom na dugme "Deposit" pokreće proces stavljanja opklade, odnosno poziva se metoda angular servisa, čime se otvara prozor MetaMask ekstenzije u kojem je potrebno potvrditi Ethereum transakciju. Nakon ovoga korisnik bi trebao da čeka da se utakmice završe, nakon čega će sistem pokrenuti funkciju pametnog ugovora koja će procesirati njegovu opkladu. Ukoliko je opklada dobitna korisniku se prikazuje obaveštenje o dobitku i isplaćuje mu se dobitni iznos.

6. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen predlog rešenja i implementacije za online sportsku DApp kladionicu korišćenjem Ethereum blockchain-a. U okviru rada je detaljno opisana tehnologija u kojoj je ovo rešenje implementirano i analizirane su njene prednosti kao i mane. Na osnovu ovoga, dat je predlog arhitekture jednog ovakvog sistema, kao i njegova implementacija.

Ovo rešenje uspeva da ponudi odgovore na ključne probleme koje prouzrokuju centralizovani sistemi online sportskih kladionica i njihovi sistemi za plaćanje. Spram trenutnih mogućnosti i trenutnog stanja relevantnih blockchain tehnologija, pokušano je da se ostvari što veći stepen decentralizacije sistema. Ipak, u ovom pogledu postoji veliki potencijal za napretkom. Već postoje naznake da će u skorijoj budućnosti biti implementirana rešenja koja će omogućiti da se u logiku pametnih ugovora ugrade mehanizmi koji obezbeđuju da se funkcije pametnih ugovora pokreću „same od sebe”. Ovo bi uklonilo potrebu za servisima koji su zaduženi isključivo da pokreću funkcije pametnog ugovora, čime bi se postigao veći stepen decentralizovanosti i pouzdanosti.

7. LITERATURA

- [1] Zack Jones, The Next Frontier For US Sports Betting Is Crypto And Blockchain Technology <https://www.forbes.com/sites/zackjones/2021/09/12/blockchain-adoption-the-next-frontier-for-us-sports-betting/?sh=2fcfc9274edf> (pristupljeno u oktobru 2021.)
- [2] Satoshi Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008.
- [3] Vitalik Buterin, Ethereum Whitepaper, 2013 <https://ethereum.org/en/whitepaper/>
- [4] Maksym Khudiyakov, Blockchain 2.0: Smart Contract use cases <https://www.axon.dev/blog/blockchain-2-0-smart-contract-use-cases> (pristupljeno u oktobru 2021.)
- [5] What Is a Blockchain Oracle? <https://chain.link/education/blockchain-oracles> (pristupljeno u oktobru 2021.)
- [6] Chainlink <https://chain.link/>
- [7] Jake Frankenfield, Ethereum <https://www.investopedia.com/terms/e/ethereum.asp> (pristupljeno u oktobru 2021.)
- [8] Solidity <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.9/>
- [9] Truffle Suite <https://www.trufflesuite.com/>
- [10] Kovan Testnet <https://kovan-testnet.github.io/website/>
- [11] JSON server <https://github.com/typicode/json-server>
- [12] API-NBA <https://rapidapi.com/api-sports/api-api-nba/>
- [13] Angular <https://angular.io/>
- [14] web3js <https://web3js.readthedocs.io/en/v1.5.2/>
- [15] MetaMask <https://metamask.io/>

Kratka biografija:



Igor Antolović rođen je 22.02.1996. godine u Novom Sadu. Osnovne akademske studije završio je 2019. godine. Master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranio je 2022. godine.

kontakt: antolovicigor96@gmail.com

LINEARNI SISTEM ZA PRETVARANJE ENERGIJE MORSKIH TALASA U ELEKTRIČNU ENERGIJU**LINEAR SYSTEM FOR CONVERTING THE ENERGY OF SEA WAVES INTO ELECTRICAL ENERGY**

Milena Aleksić, Boris Dumnić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu su predstavljeni osnovni tipovi uređaja za konverziju energije morskih talasa u električnu. Poseban akcenat je stavljen na engl. point absorber-e zasnovane na bovnom elementu sa linearnim generatorom, kao osnovnom delu električnog podsklopa. U radu je predstavljen matematički model linearnog sinhronog generatora sa stalnim magnetima, za potrebe simulacionog modela kreiranog u MATLAB softverskom okruženju. Nadalje je izvršena analiza odziva simulacionog modela.

Ključne reči: Obnovljivi izvori energije, energija talasa, linearni generator

Abstract – In this paper, the basic types of wave energy conversion systems are presented. Special emphasis is placed on point absorber systems based on buoy element with linear generator as main component of the electrical subsystem. Furthermore, in paper is presented the mathematical model of linear synchronous permanent magnet generator, for the purpose of simulation model created in MATLAB software environment. Also, the analysis of the simulation responses is given.

Keywords: Renewable energy sources, wave energy, linear generator

1. UVOD

Biljke i drugi organizmi zakopani ispod slojeva sedimenata i stena prošli su milenijume da bi postali naslage bogate ugljenikom, koje danas nazivamo fosilna goriva. Ova neobnovljiva goriva, koja uključuju ugalj, naftu i prirodni gas, snabdevaju oko 80% svetske energije (završno sa 2019. godinom 84%) [1].

Njihova dominantna upotreba datira još od industrijske revolucije, što za posledicu ima veliki uticaj na klimatske promene, ali i na zdravlje ljudi. Tri četvrtine globalnih emisija gasova sa efektom staklene bašte rezultat su sagorevanja fosilnih goriva. Velika zagađenost rezultira sa najmanje 5 miliona prevremenih smrti svake godine.

Kako prirodi treba više vremena da stvori nove rezerve fosilnih goriva, dolazi i do sve većeg smanjenja postojećih zaliha zbog preterane eksploatacije, što nadalje

dovodi do povećanja potražnje za alternativnim, obnovljivim izvorima energije (OIE). U poslednje dve decenije veliki napredak postignut je u oblasti obnovljive i održive energije. Međutim, potrebno je uložiti više napora kako bi se povećao udeo obnovljivih izvora u ukupnoj proizvodnji energije.

Solarna energija i energija vetra trenutno imaju najveći udeo u globalnoj proizvodnji energije, međutim postoje i drugi obnovljivi izvori koji sadrže ogroman potencijal. Tako, na primer, okean sadrži značajan energetske potencijal, čak 15-20 puta više po kvadratnom metru od Sunca i vetra [2].

Neke procene ukupnog energetske kapaciteta okeanskih talasa govore da se kreće od 8,000 TWh/godišnje do 80,000 TWh/godišnje, odnosno od 1 TW do 10 TW snage u celom okeanu [2]. Slika 1 pokazuje da je teoretski potencijal resursa energije okeana veći od trenutne globalne potražnje za električnom energijom, što ovu oblast čini veoma atraktivnom za mnoge istraživače, ali i lokalne i regionalne vlasti. S obzirom na činjenicu da više od polovine svetske populacije živi u krugu od 200 km od mora, snaga talasa ima potencijal da postane jedan od glavnih izvora energije. Pored ogromnog potencijala, energija morskih talasa je mnogo predvidljivija u poređenju sa drugim obnovljivim izvorima energije. Nažalost, doprinos energije okeana u globalnoj raspodeli energije je veoma mali, i ne očekuje se velika promena narednih godina, s obzirom da je većina tehnologija još u fazi razvoja i demonstracije.



Slika 1. Svetska potrošnja električne energije u poređenju sa potencijalom energije talasa.

Poslednjih decenija inženjeri širom sveta intenzivno rade na razvijanju velikog broja različitih WECS tehnologija

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Boris Dumnić, van. prof.

(engl. *Wave energy converters*), a koji se razvijaju spram tipa lokacije i baziraju se na drugačijim metodologijama rada. Uprkos činjenici da je mnogo različitih vrsta WECS-a patentirano, samo nekoliko njih je razvijeno i instalirano. Takođe, mnogi inženjeri ulažu velike napore kako bi smanjili troškove i povećali performanse sistema u cilju komercijalizacije ovih sistema. Ovo bi nadalje dovelo do veće energetske nezavisnosti, poboljšanog procesa dekarbonizacije, otvaranje novih radnih mesta, kao i mogućnosti stvaranje hibridnih sistema, odnosno kombinacija WECS sa drugim sistemima baziranim na obnovljivim izvorima energije.

2. UREĐAJI ZA PRETVARANJE ENERGIJE MORSKIH TALASA U ELEKTRIČNU ENERGIJU

S obzirom na to da su još u fazi razvoja, podela WECS-a može se izvršiti spram više pokazatelja. Neki od glavnih tipova WECS-a su:

- prigušivači – plutajući uređaji koji rade paralelno sa smerom talasa i hvataju energiju iz relativnog kretanja dva kraka dok talas prolazi pored njih,
- tačkasti apsorberi (engl. *point absorbers*) – plutajuće strukture koje apsorbuju energiju iz svih pravaca svojim kretanjima na/blizu vodene površine,
- oscilirajući vodeni stubovi – delimično potopljene, šuplje strukture, koji koriste zarobljen vazduh za strujanje u i iz atmosfere preko turbine,
- engl. *overtopping/terminator* uređaji – uređaji koji hvataju vodu dok talasi prodiru u rezervoar za skladištenje,
- potopljeni uređaji za razlikovanje pritiska - obično se nalaze blizu obale i pričvršćeni su za morsko dno; kretanje talasa dovodi do podizanja i pada nivoa mora iznad uređaja, izazivajući razliku pritiska u uređaju; naizmenični pritisak pumpa tečnost kroz sistem za proizvodnju električne energije,
- tehnologija izbočenih talasa - sastoji se od gumene cevi ispunjene vodom, usidrene na morsko dno u pravcu talasa, koji rade na principu promene pritiska duž cevi,
- rotirajuća masa - dva oblika rotacije se koriste za hvatanje energije kretanjem uređaja koji se uzdiže i njiše u talasima; ovo kretanje pokreće ili ekscentričnu težinu ili žiroskop uzrokuje precesiju; u oba slučaja kretanje je vezano za električni generator unutar uređaja i
- drugi uređaji – ovim su obuhvaćeni oni uređaji sa jedinstvenim i veoma različitim dizajnom u odnosu na poznatije tehnologije, kao i oni kod kojih se ne mogu utvrditi informacije o karakteristikama uređaja; na primer, talasni rotor je oblik turbine koju direktno okreću talasi; predložene su i fleksibilne strukture, pri čemu je struktura koja menja oblik/zapreminu deo sistema za preuzimanje snage [4].

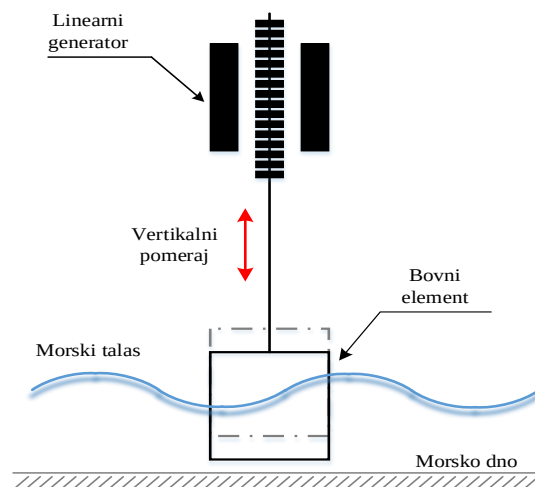
3. UREĐAJ ZA KONVERZIJU ENERGIJE MORSKIH TALASA SA LINEARNIM GENERATOROM

U radu je obrađen linearni uređaj za pretvaranje energije morskih talasa u električnu energiju. Ovaj uređaj predstavlja jedan od takozvanih *point absorber* uređaja. U literaturi, ovakvi sistemi uobičajeno su zasnovani na mehaničkom engl. *Power take-off* - PTO sistemu, i

rotacionoj ili linearnoj električnoj mašini. Predloženi uređaj koristi linearni sinhroni generator sa stalnim magnetima (engl. *Permanent Magnet Linear Generator – PMLG*), kao električni podsklop sistema [5].

Linearni uređaj za pretvaranje energije morskih talasa u električnu energiju sastoji se od električnog i mehaničkog podistema, kao što je prikazano na slici 2. Električni podsystem, kao što je već spomenuto, predstavlja PMLG koji će u nastavku biti detaljnije opisan. Translatorni deo linearnog generatora povezan je sa bovnim elementom. Pri nailasku morskog talasa, mehanički podsystem, čiji je glavni deo bovni element, vertikalno pomera translatorni deo linearnog generatora. Uloga mehaničkog podsklopa je da prihvati što veći deo energije morskih talasa i preda je električnom podsystemu. Nadalje, električni podsystem odgovarajućom kontrolom ima zadatak da mehaničku energiju pretvori u električnu.

Električni podsklop, koji predstavlja glavni fokus ovog rada, sastoji se od linearne električne mašine koja ima dva osnovna dela. Statički deo, odnosno stator, ima namotaje, dok translatorni deo koga pokreće mehanički podsystem ima stalne magnete. Princip rada odabranog PMLG-a sličan je u poređenju sa rotacionom sinhronom mašinom sa stalnim magnetima, pri čemu je osnovna razlika u linearnom kretanju magnetnog polja u odnosu na statički deo mašine. PMLG i dalje zadržava naziv „sinhroni“ usled činjenice da je talasni oblik napona na krajevima namotaja sinhronizovan sa linearnim kretanjem generatora.



Slika 2. Vertikalni linearni generator za pretvaranje energije talasa

Stalni magneti se koriste da obezbede pobudno polje u PMLG-u. Sa konstrukcione strane, izbor dizajna PMLG-a uključuje dužinu translatornog dela, broj polova i faza, veličinu vazdušnog zazora, gustinu snage, kao i izbor tipa namotaja na statoru. Broj faza nije ograničen, ali uobičajeno je da se koristi trofazni PMLG pre svega zbog činjenice da je ovakav tip električne mašine u zreloj fazi istraživanja.

Zbog mehaničkih ograničenja, ovakve električne mašine imaju veliki i promenljiv vazdušni zazor. Slično kao u električnom kolu, gde električna struja prati putanju najmanjeg otpora, tako i magnetno polje prati putanju najmanje reluktanse, odnosno magnetnog otpora. PMLG zahteva stalne magnete sa velikim koercitivnim poljem,

koje predstavlja intenzitet magnetnog polja potrebnog da se magnetizacija tog materijala smanji na nulu nakon što je magnetizacija materijala dovedena do zasićenja. Kada materijal ima veliko koercitivno polje, teže se razmagnetise, što rezultira da PMLG ima stabilna svojstva tokom vremena.

Na slici 3 prikazana je ekvivalentna šema statora. S obzirom da se u radu razmatra trofazni PMLG, ekvivalentna šema ima tri grane u kojima se redom nalazi indukovana elektromotorna sila, induktivnost i otpornost namotaja statora. Dodatno, na ekvivalentnoj šemi, modelovano je trofazno opterećenje sa otpornikom.

U priloženom modelu zanemarena je elektromagnetna sila u formulaciji diferencijalnih jednačina. Odnosno, razmatraju se struje u kolu bez uticaja koji ima na pokretni translator, pa je odgovarajući sistem diferencijalnih jednačina:

$$\frac{d}{dt} i_1 = \frac{e_1 - v_1 - i_1 R_a}{L_s} \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} i_2 = \frac{e_2 - v_2 - i_2 R_a}{L_s} \quad (2)$$

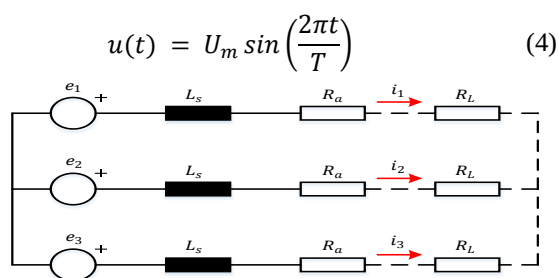
$$\frac{d}{dt} i_3 = \frac{e_3 - v_3 - i_3 R_a}{L_s} \quad (3)$$

gde su $i_{1,2,3}$ fazne struje, $e_{1,2,3}$ fazne indukovane elektromotorne sile, $v_{1,2,3}$ fazni naponi generatora, R_a otpor svake faze armaturnih kola i L_s sinhrona induktivnost u svakoj fazi.

Da bi model bio kompletan, ovim jednačinama treba dodati i jednačine promene pomeraja i brzine u vremenu.

U tabeli 1 su prikazani svi parametri generatora neophodni za modelovanje uređaja za pretvaranje energije morskih talasa u električnu. U cilju razumevanja i kvantifikovanja performansi PMLG-a, neophodan je matematički model dolaznog talasa.

U modelu se pretpostavlja da je talas sinusoidalni i da je amplituda brzine talasa (u_m), koja predstavlja maksimalnu vertikalnu brzinu talasa, 2,2 m/s, dok je perioda talasa (T) 12,6 s.



Slika 3. Ekvivalentno kolo trofaznog namotaja generatora

U modelu je uvažena masa bovnog elementa u iznosu od $M = 1000$ kg. Pri kretanju bovnog elementa, povlači (pomera) se određena količina vode. Ova pojava dovodi do izraza dodatnih masa, što je masa vode koja se pomera zajedno sa bovnim elementom kako on osciluje u vodi. Kada se formuliše dinamički model sistema bovnog elementa, masa koja se koristi jeste zbir mase bovnog elementa i dodane mase.

Dodatna masa bovnog elementa $m_r(\infty)$ u ovom radu je 289 kg. Kako se bojni element kreće u odnosu na vodu, otpor zračenja R_r , koji zavisi od geometrije bovnog

elementa i frekvencije talasa, imaće uticaj na kretanje bovnog elementa. Izračunato je da parametar R_r iznosi 16 Ns/m. Pored toga, viskozno prigušenje R_v će takođe igrati ulogu u dinamici, i za njega je izračunato da iznosi 717 Ns/m.

Tabela 1. Parametri generatora

Ime	Simbol	Vrednost	Jedinica
Broj faza	m	3	
Broj polova	p	6	
Broj proreza	q	1	
Broj navojaka po kalemu	N	82	
Broj delova statora - armatura	M_s	4	
Dužina jezgra statora	L	0,432	m
Širina statora	W_s	0,2	m
Vazdušni zazor	g_a	0,002	m
Visina magneta	h_m	0,006	m
Dozvoljena gustina fluksa u jezgru translatorskog dela	B_r	1,2	T
Koercitivno polje	H_c	905000	A/m
Otpor armature	R_a	1,5	Ω
Otpor opterećenja	R_L	7,5	Ω
Sinhrona induktivnost	L_s	0,115	H

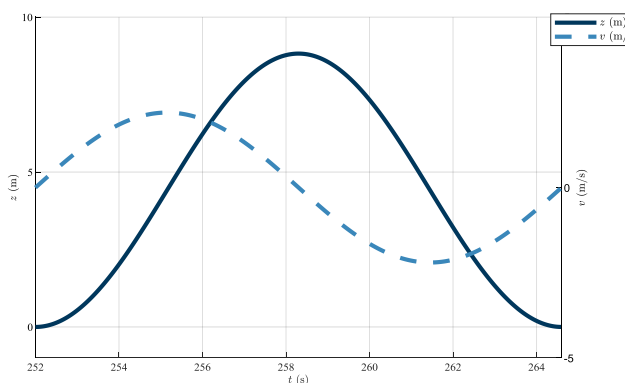
4. ANALIZA REZULTATA

Na osnovu matematičkog modela opisanog u prethodnoj glavi, kreiran je model u MATLAB softverskom okruženju korišćenjem .m skripte. Simuliran je model PMLG-a, koji ne uključuje elektromagnetnu silu. Simulacija je trajala 350 sekundi, a vremenski period od primarnog interesa u ovom radu je između 250-350 s.

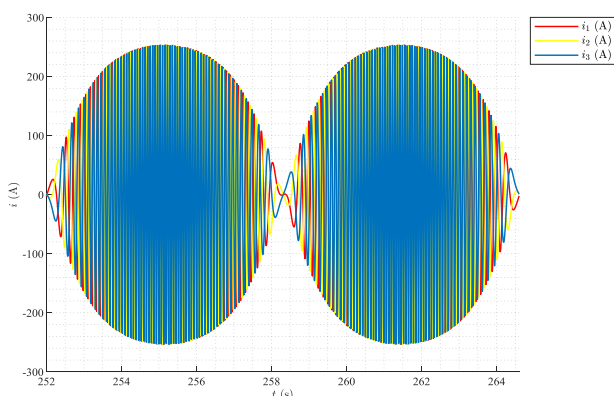
Nakon 250 s, sistem je imao dovoljno vremena da dostigne ustaljeno stanje na osnovu koga se može vršiti analiza veličina od interesa. Slike 4, 5 i 6 su skalirane, tako da je prikazan tačno jedan period u ustaljenom stanju. Pomeraj z je uvek pozitivan, dok je brzina v simetrična oko 0.

Maksimalna i minimalna vrednost pomeraja z su 8.8235 m i 0, respektivno. Brzina v ima amplitudu od 2,2 m/s, odnosno -2,2 m/s. Fazne struje su simetrične oko 0, sa amplitudom u iznosu od 253.2 A, odnosno -253.2 A. Kao što se može primetiti, vremenska konstanta električnog podsistema je mnogo manja od vremenske konstante mehaničkog podsistema (tj. pomeraj i brzina), što je i očekivano.

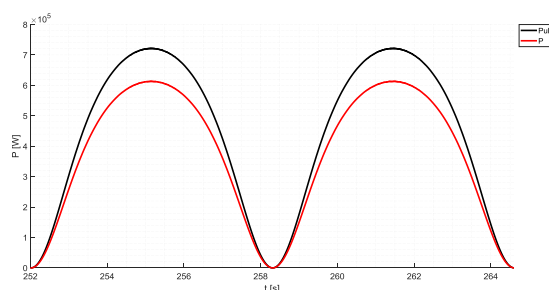
Slika 6 opisuje izlaznu snagu sistema, koja se kreće u opsegu od 0 do 613,32 kW. U stvarnosti, bez odgovarajuće kontrole, izlazna snaga bi imala i „negativne“ vrednosti, odnosno sistem bi se ponašao kao generator ili motor u zavisnosti od referentnog smera kretanja linearnog sistema. Srednja snaga predstavljenog sistema iznosi 375,90 kW.



Slika 4. Odziv pomeraja i brzine translatornog dela tokom jedne periode



Slika 5. Odziv faznih struja generatora tokom jedne periode



Slika 6. Odziv izlazne snage generatora tokom jedne periode

5. ZAKLJUČAK

Zamena fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije ima veliki uticaj na uspešno rešavanje globalnih ekoloških problema. Zaustavljanje klimatskih promena, koje mogu uzrokovati velike katastrofe, je trenutno jedan od najozbiljnijih problema sa kojim se čovečanstvo suočava,

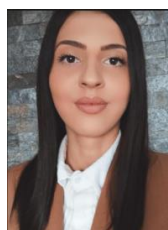
Najznačajniji način za rešavanje ovog problema je korišćenje obnovljivih izvora energije u što većem procentu. Tehnologije iskorišćavanja obnovljivih izvora energije su svakim danom ekonomski sve isplativije i konkurentnije na tržištu, što otklanja strahove da će prelazak sa fosilnih goriva imati negativan uticaj na ekonomiju.

Okeani i mora imaju neverovatan energetske potencijal koji se premalo koristi, ali napretkom tehnologije postaje moguće u sve većoj meri iskoristiti ovaj, možda, beskonačni izvor energije. Odzivi u ovom radu, dobijeni modelovanjem linearnog uređaja za konverziju energije morskih talasa, pokazuju dobre rezultate i mogućnost da se električna energija predaje u mrežu korišćenjem uređaja energetske elektronike uz odgovarajuću kontrolu. U fokusu daljeg istraživanja bila bi napredna kontrola u cilju postizanja veće energetske efikasnosti i pouzdane isporuke električne energije.

6. LITERATURA

- [1] "Overview of global energy", dostupno na <https://ourworldindata.org/energy-overview>
- [2] A. Muetze and J. G. Vining, "Ocean Wave Energy Conversion – A Survey," in Industry Application Conference, Tampa Florida, 2006, pp. 1410–1417.
- [3] J. G. Vining and A. Muetze, "Economic Factors and Incentives for Ocean Wave Energy Conversion," in Conference record of the 2007 IEEE Industry Applications Conference: forty-second IAS annual meeting ; September 23 - 27, 2007, New Orleans, Louisiana, USA, 2007, pp. 756–763.
- [4] "Wave devices", dostupni na <https://www.emec.org.uk/marine-energy/wave-devices/>
- [5] Fernando Herrera, Javier Pereda, Pablo Bravo and Felix Rojas, "Wave Energy Conversion: Overview and Control of a Permanent Magnet Linear Generator" - CHILECON 2019, October 29-31, Valparaiso, Chile

Kratka biografija:



Milena Aleksić je rođena u Valjevu 1995. god. Osnovne akademske studije je upisala na Fakultetu tehničkih nauka 2014. god, studijski program Energetika, elektronika i telekomunikacije. Diplomski rad je odbranila 2018. godine iz oblasti Elektroenergetika – Obnovljivi izvori električne energije. kontakt: milenaleksic95@gmail.com



Boris Dumnić rođen je 1976. godine. Zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka, Departmanu za energetiku, elektroniku i telekomunikacije, Katedri za energetske elektroniku i pretvarače. Oblasti interesovanja su mu električne mašine, pogoni, energetska elektronika i obnovljivi izvori električne energije.

РАЗВОЈ АПЛИКАЦИЈЕ ЗА УПРАВЉАЊЕ РЕСТОРАНОМ РАДИ ПОМОЋИ СТУДЕНТИМА У УСВАЈАЊУ ЗНАЊА ИЗ ПРЕДМЕТА СПЕЦИФИКАЦИЈА И МОДЕЛОВАЊЕ СОФТВЕРА

DEVELOPMENT OF RESTAURANT MANAGEMENT APPLICATION AS A LEARNING EXAMPLE FOR SOFTWARE SPECIFICATION AND MODELING COURSE

Лазар Јовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – Држећи вежбе на предмету Спецификација и моделовање софтвера, на другој години смера Софтверско инжењерство и информационе технологије, увиђено је да постоји потреба за пројектом који би студентима пружио увид у комплетно градиво примењено на реалан систем. Приказан је пут развоја софтвера, у који су укључени спецификација, моделовање, као и имплементација апликације која представља систем за управљање ресторана. Дијаграми који представљају UML modele система креирани су у алату Magic Draw, док је имплементација рађена у Java програмском језику, уз потребу Swing библиотеке за графички кориснички интерфејс.

Кључне речи: моделовање софтвера, спецификација софтвера, UML

Abstract – While holding exercises on the subject of Software Specification and Modeling, on the 2nd year in Software Engineering and Information Technology module, it was realized that there is a need for a project that would provide students with an insight into the complete material of subject applied to a real software system. The path of software development is presented, which includes specification, modeling, as well as the implementation of restaurant management system. Diagrams, which represent UML models of the system, were created using Magic Draw tool, while implementation was done using Java programming language and Swing library for graphical user interface.

Keywords: software modeling, software specification, UML

1. УВОД

Данас изазови развоја софтвера обухватају процес прикупљања захтева од стране клијената и корисника, дизајнирање система, преко саме имплементације до његовог одржавања и адаптације на нове праксе које су стално присутне у области софтверског инжењерства. У свим наведеним фазама најчешће учествују људи различитог искуства и из различитих области индустрије.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била проф. др. Гордана Милосављевић.

Како би сви они могли да прецизно и једноставно комуницирају потребно је користити такав језик који превазилази нејасноће природног језика. То је сврха језика за моделовање софтвера међу којима преовлађује UML (Unified Modeling Language) [1]. Након израде модела употребом UML језика, потребно је пратити добре праксе приликом имплементације система, што олакшава касније одржавање и спровођење евентуалних измена. Рад се управо бави применом горенаведеног на систем за управљање рестораном, који ће студенти на предмету Спецификација и моделовање софтвера моћи да користе приликом савладавања градива и обављања задатака који се пред њих стављају.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

2.1. Дефиниција и циљеви модела

Реалан систем представља целину интегрисану од више компоненти које се могу посматрати као независне јединице од којих је систем састављен али му заједно омогућавају да испуни своју функцију. Модел дозвољава да на јасан и ефикасан начин представимо реалан систем. Врло је важно да подразумева такву нотацију коју сви на исти начин могу тумачити. Најважнија особина модела јесте **апстракција**, без које бисмо морали да увек узимамо у обзир комплексност реалног света. Према нивоу апстракције деле се на: **дескриптивне** и **прескриптивне**. Дескриптивни се користе за боље разумевање система, документовање и остваривање добре комуникације. Прескриптивни се користе ради специфицирања како неки систем треба да се имплементира [2].

2.2. Изазови у области моделовања и спецификације софтвера

Софтверски системи испуњавају одређену пословну сврху и функцију, које су дефинисане од стране корисника на основу њихових потреба приликом употребе неког софтверског система [3]. Процес развоја софтвера креће од прикупљања доменског знања у виду корисничких захтева. Након тога, следи анализирање захтева и моделовање на основу направљених анализа. Ове две активности се спроводе инкрементално и итеративно до задовољавајућег нивоа разумевања. Следи фаза имплементације која се значајно аутоматизује добро измоделираним системом. Као крајње фазе јављају се верификација

имплементираног и одржавање система пуштеног у примену.

2.3 Врсте *UML* дијаграма

Захтеви прикупљени од корисника могу бити функционални и нефункционални. Функционални захтеви дефинишу функције које систем треба да обезбеди корисницима и другим системима који су са њим у интеракцији. Нефункционални дефинишу додатна ограничења која се постављају пред систем [2]. *UML* нуди **дијаграм случајева коришћења** као средство дефинисања функционалних захтева које систем треба да испуни. Случај коришћења (енгл. *use case*) представља функцију система којом се пружа одређена услуга. Дијаграм такође дефинише и учеснике у функционисању система. Веза између случаја коришћења и учесника се зове асоцијација. Такође, случајеви коришћења могу бити међусобно повезани везама проширивања (енг. *extend*) и укључивања (енгл. *include*).

Дијаграм активности користи се за моделовање процеса било какве врсте. Реализују се управљањем тока активности и података који чине одређени процес и то усмереним графом где су чворови различити елементи дијаграма активности повезани границама које моделују смер извршавања.

Основни елемент јесте акција која представља један корак активности (процеса) која се моделује. Свака акција је јединствено идентификована називом. Могу бити обичне и сложене, где сложене садрже више корака који се користе у оквиру главне активности. Контрола тока представља скуп грана које повезују елементе дијаграма. За сваку грану може бити везан услов њеног извршавања. Поред наведених, остали елементи дијаграма су условно извршавања, симболи за ток објеката (служе за дефинисање преноса података у оквиру моделоване активности), разделник, слање и пријем сигнала, партиције (моделују груписање акција које се врше од стране једног корисника) итд.

Постоје концептуални и имплементациони **дијаграм класа**. Концептуални имају задатак да моделују домен везан за софтвер који се развија и садрже мање детаља од имплементационих, трудећи се да ставе акценат на односе између његових делова. Имплементациони дијаграм може да садржи детаље до нивоа обележја и метода класа које ће се користити приликом имплементације, тј. налази се на нижем нивоу апстракције.

Класа је основни елемент овог дијаграма и представља шаблон за креирање објеката који чине моделовани систем. Свака класа поседује обележја и методе за које постоји дефинисан начин специфицирања. Основна веза референцирања између класа је асоцијација, одређена пре свега називом и кардиналитетом који представља број објеката са друге стране везе. Специјална врста ове везе је агрегација која моделује однос „целина-део“, док је композиција посебан тип агрегације код ког класа „део“ не може да егзистира самостално. Генерализација дефинише наслеђивање између класа, тј. моделује однос „родитељ-дете“.

Дијаграм секвенце моделује комуникацију између елемената и учесника система. Комуникација подразумева размену различитих врста порука које представљају садржај интеракције између учесника [2]. Улоге репрезентују учеснике моделованог дела комуникације. Свака улога је одређена својом животном линијом, која означава опсег времена у којем је дата улога активна, што подразумева примање и слање порука. Размена порука репрезентована је симболом активности. Постоје различити типови порука: синхроне, асинхроне, креирање објекта, ослобађање објекта. Такође, могу да се користе фрагментни, који моделују различите контроле тока (услове, петље и слично).

Дијаграм стања користи се за моделовање коначног скупа стања у којима се део система или цео систем може наћи, где је прелаз између стања инициран догађајима. Представљен је као граф чији су чворови стања, а гране су транзиције између стања. Стање описује услове у којима се објекат система налази у одређеном временском тренутку. Објекат се у сваком тренутку мора налазити у неком од стања. Транзиција моделује реакцију на догађај који изазива прелазак из једног стања у друго или повратак у полазно стање. Транзиција може имати и скуп услова који дефинишу могућност извршавања транзиције. Акција представља последицу окидања одређене транзиције или налажења објекта у конкретном стању.

3. КОРИШЋЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

3.1 *MagicDraw*

Представља визуелни *UML* алат за моделовање. Служи за анализу и дизајнирање објектно оријентисаних система и база података. *UML* тип пројекта омогућава креирање различитих врста дијаграма. Креирање дијаграма се врши на радној површини која графички представља све елементе из одговарајућих палета [4].

3.2 *Java* и *Java Swing*

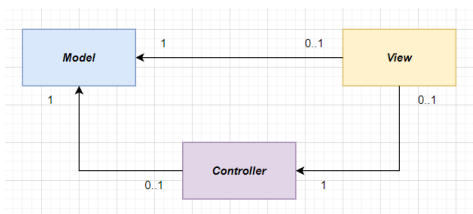
Приликом имплементације система за управљање рестораном коришћен је програмски језик *Java*, а пре свега библиотека *Swing* коришћена за реализацију графичког корисничког интерфејса (енгл. *GUI*). Подржава и *MVC* архитектуру која је примењена приликом имплементације. Контејнер је основни појам који се спомиње у раду са *Swing* библиотеком и има такву особину да може да садржи друге контејнере унутар себе. Постоје контејнери на највишем нивоу (енгл. *top-level*) који не могу бити садржани у другом контејнеру, нпр. класе *JFrame* и *JDialog*. Друге коришћене класе су *JPanel* за груписање елемената, *JButton* која представља дугме или *JTextField* за приказ поља за унос текста.

3.4 Перзистенција података

За потребе рада имплементиране су две апликације система за управљање рестораном које се разликују по начину перзистенције података.

Прва користи *MySQL* релациону базу података која је заснована на језику *SQL* за управљање подацима чуваним у табелама дефинисане базе, где се у

Употребом алијаса је могуће подешавати назив под којим ће се нека класа или њени атрибути чувати.



Слика 4.5: Коришћени MVC шаблон

Приликом имплементације поштоване су добре праксе и принципи програмирања. Један од њих је **DRY** (енгл. *Don't repeat yourself*) који подразумева да се један исти код не понавља на више места у апликацији са чим је уско везана поновна искористивост кода (енг. *reusability*). Пример наведеног огледа се у класи *PogledUtil* која садржи све методе које чине да интерфејс апликације буде конзистентан за корисника.

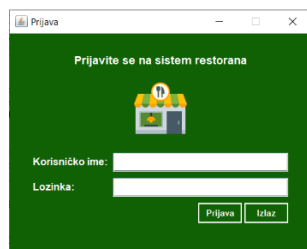
Дизајн шаблони представљају типична решења на честе проблеме који се јављају приликом имплементације софтвера. **Observer** омогућава имплементацију механизма „претплате“ где се објекти посматрачи (енгл. *observers*) региструју на промене објеката који се посматрају (енгл. *observables*). Шаблон је примењен на функционалности измене профила корисника и додавања новог јела. **Factory** омогућава креирање нових објеката без залажења у саму логику њихвоог креирања. Примењен је приликом креирања почетног прозора и менија на основу улоге пријављеног корисника.

Као што је речено, перзистенција података је имплементирана употребом *MySQL* базе података у једној, а *XStream* библиотеке за серијализацију у *XML* формат у другој верзији апликације. Употребом одговарајућег драјвера и *JDBC API*-ја се комуницира са базом података како би се одговарајући подаци добављали, креирали и брисали из система.

Такође, класа *Serijalizacija* садржи методе за учитавање и чување података у *XML* формат код апликације која користи *XStream* библиотеку.

5. ИЗГЛЕД АПЛИКАЦИЈЕ

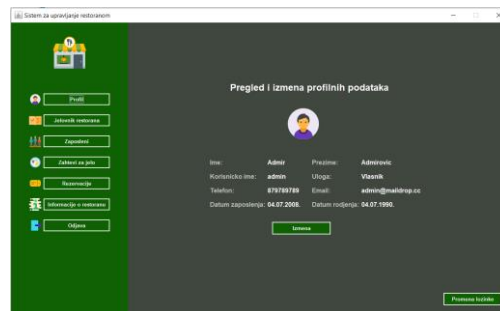
Пријава на систем подразумева уношење одговарајућег корисничког имена и лозинке корисника. Слика 5.1 приказује прозор за пријаву корисника на систем.



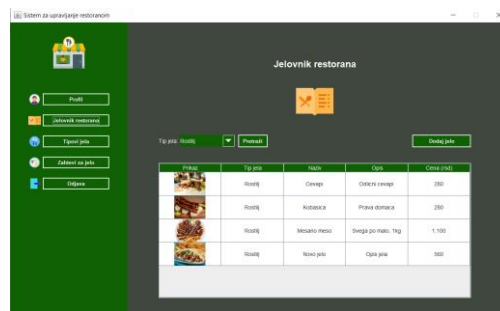
Слика 5.1: Прозор за пријаву на систем

Слика 5.2 даје приказ почетног прозора апликације власника ресторана и панел за преглед профилних података, одакле је могуће отварање дијалога за измену профилних података. Панел за преглед менија који садржи табелу са подацима свих регистрованих

јела, одакле се може приступити дијалогу за унос новог јела, дат је на Слици 5.3.



Слика 5.2: Почетни прозор и преглед профила корисника



Слика 5.3: Панел за преглед менија ресторана

5. ЗАКЉУЧАК

Задатак рада је био обрада улоге моделовања у процесу развоја софтвера, уз приказ дијаграма *UML* језика, као и имплементација на основу претходно креираних модела уз примену добрих пракси програмирања. Мотив за реализацију рада и апликације за управљање рестораном јесте креирање свеобухватног примера на основу градива на предмету Спецификација и моделовање софтвера који ће моћи да користе студенти приликом савладавања градива. Представљени су описи свих креираних дијаграма, како би се повећао степен разумевања одређених принципа моделовања. Такође, у циљу усвајања добрих начина програмирања, примењене су устаљене праксе и принципи који воде до добро одрживог и употребљивог кода.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] M. S. C. H. G. K. Martina Seidl, *UML@Classroom An Introduction to Object-Oriented Modeling*, Heidelberg, Germany: Springer, 2012.
- [2] G. Milosavljević, *Увод у моделовање софтвера*, Нови Сад: Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, 2020.
- [3] B. Unhelkar, *Software Engineering with UML*, Taylot & Francis Group, 2018.
- [4] „MagicDraw Architecture Made Simple, User Manual,“ No Magic, Inc., 2013.

Кратка биографија:

Лазар Јовић рођен је 12.1.1998. године у Сремској Митровици. Након завршетка Митровачке гимназије 2016. и дипломирања на Факултету техничких наука 2020. године, уписује мастер академске студије на смеру Рачунарство и аутоматика.

UPRAVLJANJE VETROELEKTRANOM U USLOVIMA POREMEĆAJA U MREŽI**WIND POWER PLANT CONTROL IN GRID DISTURBANCE CONDITIONS**Miljan Perić, Vladimir A. Katić, Aleksandar Stanisavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je razmatrana energija vetra. Cilj ovog rada je analiza mogućnosti upravljanja vetroelektranom u uslovima poremećaja u mreži. Za analizu su korišćeni modeli iz Matlab/Simulink-a, kao i sopstveno razvijeni. Izvršene su izvršene su simulacije različitih vrsta poremećaja, koji se dešavaju u EES i analiziran je odziv sistema.

Ključne reči: Vetroelektrane, Poremećaji u mreži, Modelovanje, Upravljanje.

Abstract – The paper discusses wind energy. Its aim is to analyze the possibilities of wind power plant management in the conditions of network disturbances. Models from Matlab/Simulink were used for the analysis, as well as self-developed ones. Simulations of different types of disturbances, which occur in the power system, were performed and the response system was analyzed.

Keywords: Wind farms, Network disturbances, Modeling, Control.

1. UVOD

Obnovljivi izvori su našli veliku primenu u proizvodnji električne energije, posebno energija Sunca, energija vetra i energija vode, koja je do sada u većoj meri iskorišćena. Oni predstavljaju rešenje za sve veće energetske potrebe čovečanstva, ali i za umanjeње štetnog uticaja korišćenja fosilnih goriva u vidu emisije gasova staklene bašte (posebno CO₂), koji se ogleda u sve evidentnijim klimatskim promenama.

Energija vetra predstavlja jednu od najbrže rastućih tehnologija iz obnovljivih izvora. U Srbiji, a naročito u Vojvodini izgrađeni su značajni kapaciteti [1]. Tehnika rada vetroelektrane bazira se na konverziji energije vetra putem vetro turbine. Kinetička energija vetra pokreće lopatice turbine i pretvara u rotaciono kretanje, pa se potom preko „spore“ osovine, multiplikatora brzine i „brze“ osovine prenosi na spregnuti električni generator. Najčešće se primenjuju sinhroni ili asinhroni (klizno-kolutni ili dvostruko napajani asinhroni generator) generatori, dok je upotreba asinhronog kaveznog generatora ređa. Priključenje na elektroenergetsku mrežu ostvaruje se uz pomoć dvostrukog pretvarača (AC/DC i DC/AC) i po potrebi indukcionog transformatora na bazi odgovarajućih pravila i procedura [2].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red. prof.

Povezivanje vetroelektrana na mrežu često odstupa od dosadašnje strukture centralizovanog sistema, jer mesto priključenja može biti i na distributivnom nivou, što zahteva specifično upravljanje samog sistema, kako zbog drugačijih tokova snaga, tako i zbog varijabilnog karaktera energije vetra. S druge strane, poremećaji u mreži mogu imati uticaj na rad vetroelektrane, jer se od nje zahteva aktivan pristup i podrška radu mreži. Uticaj kvarova i atmosferskih pražnjenja ispitivan je u ranijim radovima [3,4]. Cilj ovog rada jeste da se razmotri stanje na priključcima vetroelektrane korišćenjem standardnih softverskih alata i sopstveno razvijenog modela.

2. MODELOVANJE U MATLAB/SIMULINK-U

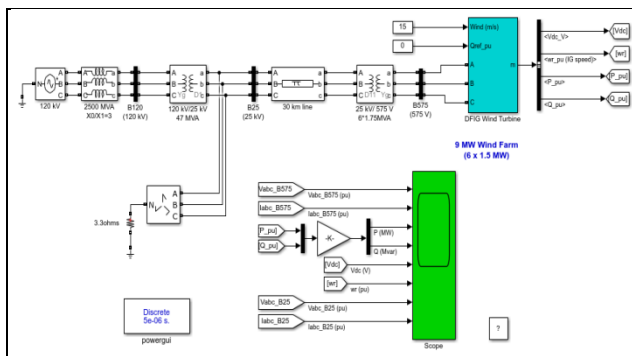
Matlab je programski jezik četvrte generacije namenjen za numeričke proračune. Za složene simulacije, ima dodatne alate, kao što je Simulink, koji se koristi za simulacije i analizu multidomena dinamičkih sistema.

U okviru samog paketa programa, nalazi se više gotovih modela iz oblasti elektroenergetike, odnosno vetroenergetike. U nastavku će biti prikazana dva ovakva modela.

2.1. Model vetroelektrane sa DFIG i njen odziv

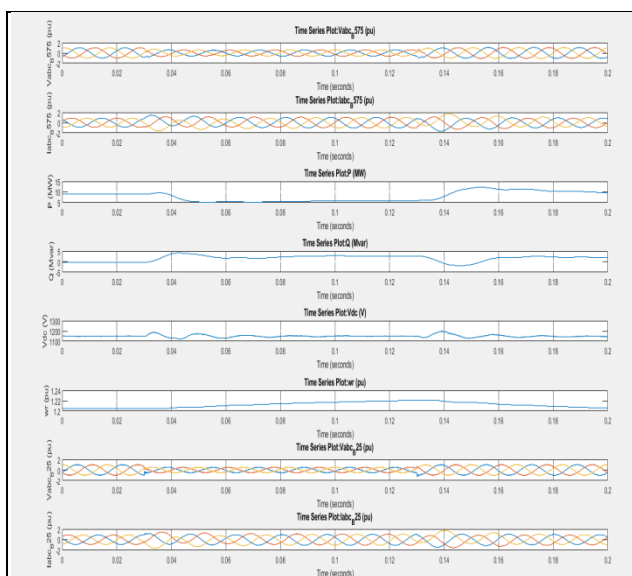
Prvi model, koji je analiziran predstavlja vetroelektranu, koju čine nekoliko jedinica dvostruko napajanog asinhronog generatora (na engl. *Doubly-Fed Induction Generator*, DFIG) ukupne snage 9 MW. Vetroelektrana se sastoji od 6 vetroturbina snage od po 1,5 MW i priključena je na 25 kV distributivnu mrežu preko transformatora, a potom dalje na 120 kV prenosni sistem. Stator generatora je priključen direktno na mrežu, dok je rotor povezan preko AC/DC/AC pretvarača. Brzina vetra je postavljena na konstantnu vrednost od 15 m/s, dok je regulacija reaktivne snage vezana za zahteve podrške radu mreže (*Grid Code*) [5].

Na slici 1 predstavljen je detaljan model vetroelektrane sa priključkom na distributivnu, odnosno prenosnu mrežu [5]. Trajanje simulacije podešeno je na 0,2 sekunde, jer pokretanjem modela učitavaju se početni uslovi tako da se sistem već nalazi u stacionarnom stanju. Prva simulacija koja je izvršena na ovom modelu je reakcija sistema na iznenadni pad amplitude napona (propad napona) kao posledica priključenja velikih motora, naglog povećanja opterećenja ili nekog trofaznog kvara (kratkog spoja) u mreži. U okviru simulacija, posmatrani su naponi i struje na sabirnici B575, što je mesto priključenja vetroelektrane i na sabirnici B25, gde je mesto priključenja na distributivnu mrežu, a koje se nalazi na udaljenosti od 30 km, kao i promena brzine generatora, te proizvodnja aktivne i reaktivne snage.



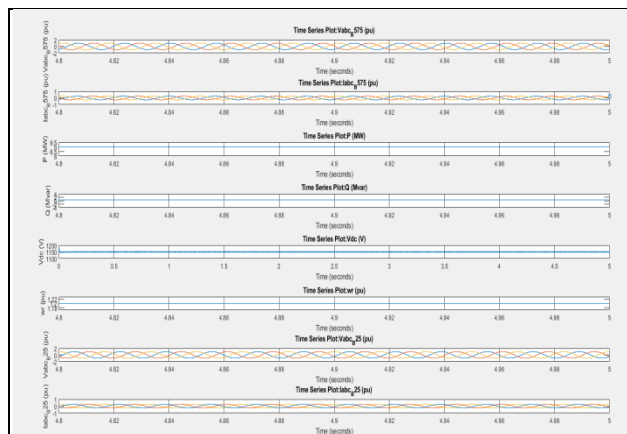
Slika 1. Model mreže sa DFIG [5]

Na slici 2 prikazan je grafički prikaz svih signala koji su praćeni, a razmatran je trofazni kratki spoj. Pre samog poremećaja, sistem je u stacionarnom stanju, proizvodnja aktivne snage 9 MW, reaktivne snage 0 MVar, naponi i struje na nominalnim vrednostima, kao i brzina obrtanja. Prva promena uočljiva je na 0,03 s kada dolazi do propada amplitude napona na 50% nominalne vrednosti. To uslovljava pad napona i na drugoj sabirnici kao i povećanje struje. Takođe, dolazi do pada proizvodnje aktivne snage i povećanje reaktivne, što je sasvim očekivano i u skladu sa zahtevima mreže tokom prolaznog kvara (*Low-Voltage Ride Through - LVRT*) u cilju podrške sistemu. Nakon 0,13 s poremećaj nestaje i sistem se ponovo vraća u prvobitno stanje.

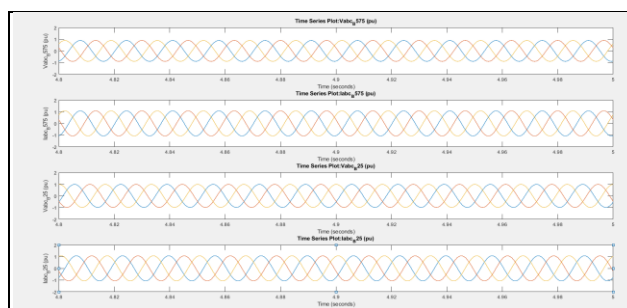


Slika 2. Odziv sistema sa DFIG

Drugi slučaj tiče situacije kada je uz vetroelektranu na sabirnici B25 priključen potrošač ili potrošačko područje snage 12 MW. Posmatra se odziv sistema sa i bez priključene vetroelektrane, odnosno njen uticaj na stabilan rad sistema. Generator je sad ograničene snage, za razliku od prethodnog slučaja. Na slici 3 i slici 4 predstavljene su promene parametara u toku vremena. Na slici 4 ima manje parametara, jer nema priključene vetroelektrane, pa izostaju njeni parametri. Na ovom primeru vidi se da postoji veće strujno naprezanje elemenata, u nekim periodima čak veće i od nominalnih vrednosti. Vidi se da njena podrška mreži, sprečava prekomerne vrednosti struje, odnosno izbegavanje ozbiljnijih posledica, koje se mogu manifestovati u vidu pogrešnog delovanja zaštite, oštećenja elementata, termičkih naprezanja i sl.



Slika 3. Odziv sistema sa vetroelektranom i potrošačem

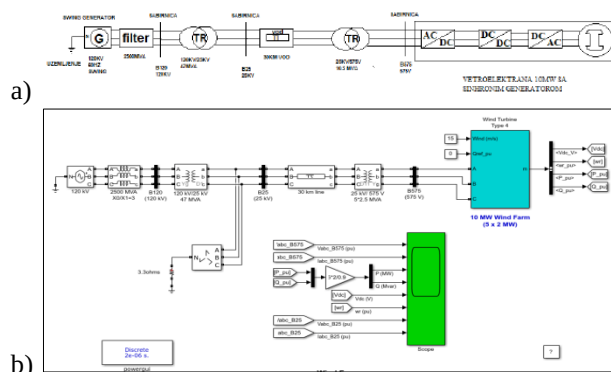


Slika 4. Odziv sistema bez vetroelektrane

2.2. Model vetroelektrane sa PMSG i njen odziv

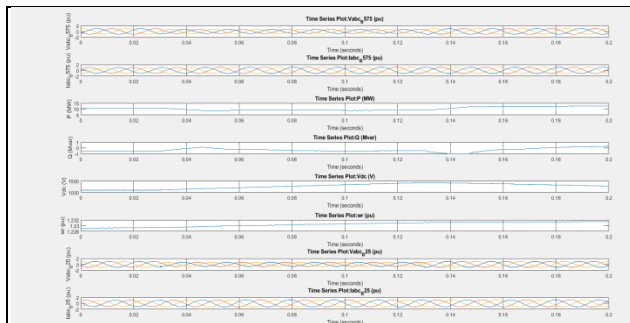
Za razliku od prethodnog modela u kom je u vetroelektrani korišćen DFIG generator, ovaj model predstavlja primer upotrebe sinhronog generatora, koji za pobudu koristi permanentne magnete (na engl. *Permanent Magnet Synchronous Generator - PMSG*). Model se sastoji od 5 vetroturbina snage 2 MW priključenih na distributivnu mrežu, kao i u prethodnom primeru. Upravljanje i priključenje ovog tipa vetrogeneratora izvršeno je primenom diodnog ispravljača, potom čopera i na kraju invertorom koji povezuje vetroelektranu sa mrežom (slika 5.a).

Na slici 5 b) prikazan je Matlab model u kom je korišćen sinhroni generator, dok je ostatak mreže sličan prethodnom [6]. To omogućava lakše poređenje rezultata dobijenih različitim izvedbama upravljanja električnim generatorima uz maksimalno iskorišćenje energije vetra. Simulacija je podešena da traje 0,2 s. Takođe, isti poremećaji će biti i praćeni i na ovom modelu. Prva simulacija tiče se propada amplitude napona u mreži.

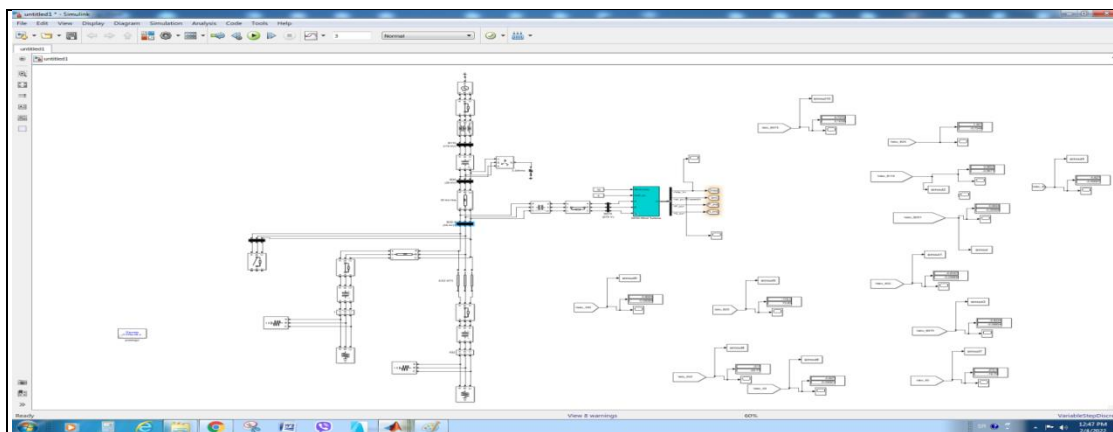


Slika 5. a) Električna šema vetroelektrane sa PMSG i b) Matlab model [6]

Na slici 6 prikazan je odziv sistema u kom je došlo do poremećaja amplitude napona u $t = 0,03$ s, odnosno pada na 0,75 r.j.. Taj poremećaj odrazio se na celokupni sistem. Došlo je do povećanja struje i aktiviran je rad upravljačkog sklopa vetroelektrane u skladu sa LVRT, što je praćeno srazmernim smanjenjem aktivne snage koju elektrana proizvodi i povećanjem reaktivne snage. Nakon prolaska poremećaja, sistem se stabilizuje i sve veličine se vraćaju na unapred predefinisane vrednosti.



Slika 6. Reakcija sistema na propad amplitude(PMSG)



Slika 7. Sopstveni model mreže i DFIG vterogeneratora

Prva simulacija izvršena je kao provera ispravnog rada zamišljenog elektroenergetskog sistema, radi testiranja naponskih nivoa, eventualnog prekida jedne od faza ili uočavanja nekog drugog problema sa blokovima. Sve naredne simulacije prate iste parametre i upoređuju dobijene talasne oblike sa prvom simulacijom koja predstavlja stacionarno stanje. Simulacije traju 3 sekunde uz podešavanje početnih uslova kako bi stacionarno stanje što pre nastalo, dok je na graficima radi bolje čitljivosti uzet jedan deo tog vremena. U parametrima su praćeni naponi na svim naponskim nivoima izraženi u relativnim jedinicama. Izvršeno je 5 simulacija: odziv bez poremećaja, tri trofazna kratka spoja na različitim lokacijama i propad napona.

Na slici 8 prikazani su rezultati prve simulacije za proveru modela. Kako su svi naponi na nominalnim vrednostima, model funkcioniše i može se dalje koristiti u simulacijama za različite scenarije rada..

Na slici 9 prikazan je programiran trofazni pad napona od 50% na 110 kV sabirnici, što je i podešeno na generatoru. Vidi se da je na drugim sabirnicama propad napona manji, jer vetroelektrana pruža podršku naponskim prilikama.

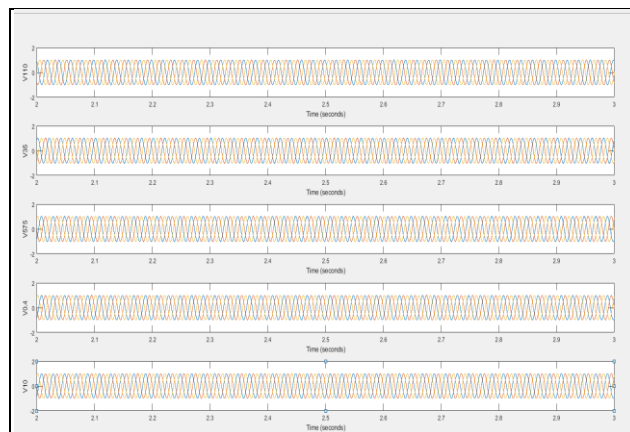
Na slici 10 prikazan je odziv na trofazni kratki spoj na 10 kV vodu, koji je simuliran za ispitivanje sistema i njegove upravljivosti. U trenutku nastanka ovog kratkog

3. SOPSTVENI MODEL I ANALIZA ODZIVA

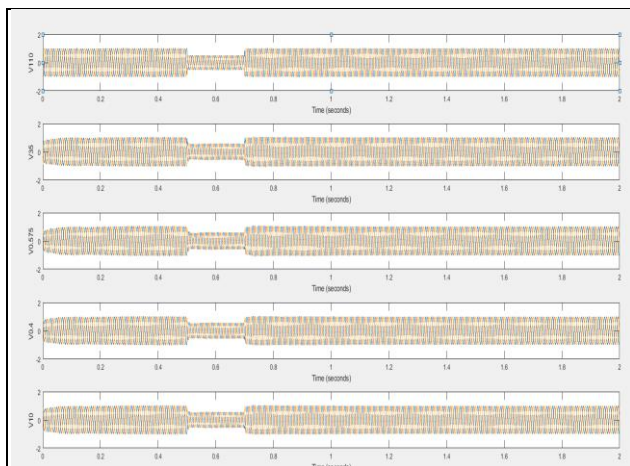
U prethodnom delu analizirani su odzivi dostupnih modela u Matlab/Simulink-u i uticaja nekih poremećaja u mreži. Kako Simulink dozvoljava kreiranje sopstvenog modela, napravljen je jedan model, koji se sastoji od vetroelektrane sa DFIG generatorima, od swing generatora, potrošača i transformatora. Svrha modela je analiza odziva sistema kakav će se sve češće sretati u praksi, tj. sa decentralizovanom proizvodnjom i priključenjem distribuiranih generatora na mrežu.

Na slici 7 predstavljen je razvijen model, koji se sastoji od prenosnog 110 kV dela, vodova i transformatora koji prilagođavaju napon zahtevima distributivne mreže i potrošača. Na 35 kV sabirnici, priključena je i vetroelektrana. Sa te sabirnice potiču tri voda, jedan je za 10 kV, drugi za domaćinstva i treći je ostavljen kao rezervni izvod u slučaju proširenja potrošnje ili iz nekog drugog razloga. Mreža je za razliku od prethodnih modela opremljena sa prekidačima koji imaju zaštitnu ulogu i za sekcionisanje delova mreže kako bi što manje potrošača trpelo zbog nekog od mogućih poremećaja.

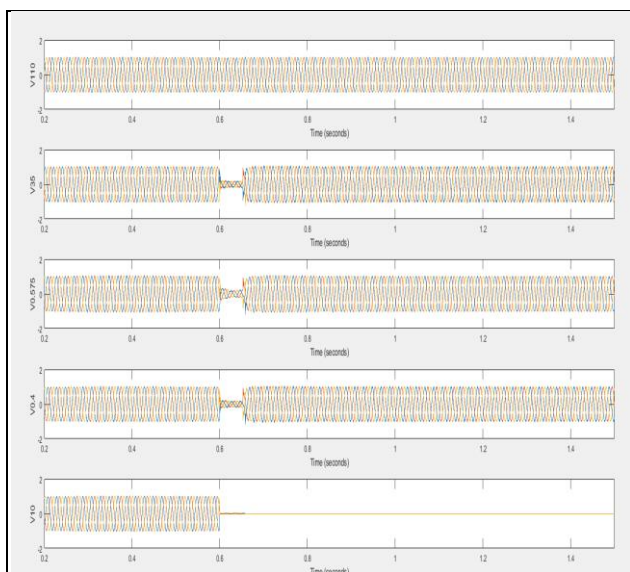
spoja, došlo je do pada napona u mreži, posebno na mestu kratkog spoja. Nakon veoma kratkog perioda, delovala je zaštita i sekcionisala vod pod kvarom tako da je on ostao bez napajanja. Ostatak mreže se nakon delovanja zaštite oporavio tako da je svim ostalim potrošačima isporučena električna energija, što je uočljivo kroz povratak napona na nominalne vrednosti. Potrošačima na sekcionisanom 10 kV vodu se obnavlja napajanje tek nakon otklanjanja kvara.



Slika 8. Sistem u normalnom pogonu



Slika 9. Reakcija sistema na pad amplitude napona



Slika 10. Odziv sistema kad postoji kratak spoj

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu trenutnog stanja u elektroenergetskim sistemima u smislu izvora koji se koriste i ekoloških zahteva, prelazak na nekonvekcionalne izvore je jedino rešenje. Pre svega, tu se misli na obnovljive izvore koji imaju nemerljivo manji uticaj na zagađenje životne sredine, ali i dosta složeniju primenu. Njihova implementacija zahteva upotrebu novih tehnologija upravljanja, jer je njihova priroda takva da ne mogu da kontinualno proizvode električnu energiju, odnosno da njihov rad je u zavisnosti od vremenskih prilika. Upotreba novih tehnologija uslova je izmene u elektroenergetskim sistemima, naročito distributivnom, gde oni postaju aktivni sistemi i time menjaju uobičajenu centralizovanu, vertikalnu strukturu, a to podrazumeva sve veću upotrebu energetske elektronike i pretvarača. Upravljačka struktura pretvarača, podrazumeva sinhronizaciju, regulaciju struje, regulaciju napona jednosmernog međukola (i regulaciju snage) i implementaciju odgovarajuće modulacione tehnike.

U Matlab/Simulink-u analizirano je upravljanje i odziv sistema. Ti sistemi pored generatora, potrošača, vodova, sadrže i vetroelektranu priključenu na mrežu. Prvi i drugi model je gotovo identičan, razlika je samo u implementaciji upravljanja vetroelektranom i tipu električnog generatora koji se koristi. U najjednostavnijem slučaju

kada su simetrične naponske prilike u mreži, na osnovu ispitivanja odziva na poremećaje, oba modela imaju sasvim zadovoljavajuće reakcije. Vetroelektrana u svakom momentu podržava sistem i obezbeđuje sigurnost i stabilnost sistema uz odgovarajući kvalitet električne energije.

Treći model, koji je samostalno razvijen i predstavljen ovde kao primer složenije mreže, daje isto tako dobre rezultate. Njegov odziv na pad amplitude swing generatora pokazuje težnju vetroelektrane da pruži podršku u svakom trenutku i da se naponske prilike vrate na nominalne vrednosti čime se obezbeđuje podrška radu mreže, odnosno da pad napona bliže vetroelektrani bude manji. Takođe, uticaj ozbiljnijih poremećaja (kvarova) na različitim mestima i njihovo sekcionisanje pokazuje da je sistem sposoban da u vrlo kratkom periodu nastavi normalan rad. Ovi primeri su pokazatelj da implementirana struktura daje sasvim zadovoljavajuće rezultate. Kada su tehnologije upravljanja u pitanju, još uvek postoji prostora za poboljšanje, pogotovo u složenijim slučajevima sa izraženom nesimetrijom.

5. LITERATURA

- [1] V. Stevanović, V. Katić, "Verifikacija potencijala vetra u Vojvodini", *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, Edicija: Tehničke nauke – Zbornici, God. 33, Br.4, 2018, pp.594-597
- [2] ***, „Pravila o radu distributivnog sistema“, EPS Distribucija, Beograd, 2017.
- [3] J. Toholj, V. Katić, A. Stanisavljević, „Modelovanje i analiza uticaja propada napona primjenom test mreža sa distribuiranim generatorima“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God. 36, Br.1, 2021, pp.123-126,
- [4] M. Komisar, M. Rock, V. Katić, „Model i simulacije vetrogeneratora u ATP/EMTP-u i Matlab/Simulink-u za slučaj atmosferskog pražnjenja“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God. 34, Br.11, 2019, pp.2096-2099.
- [5] <https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/wind-farm-dfig-detailed-model.html> (pristupljeno u februaru 2022.)
- [6] <https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/wind-farm-synchronous-generatorand-full-scale-converter-type-4-detailed-model.html> (pristupljeno u februaru 2022.)

Kratka biografija:



Miljan Perić rođen je u Loznici 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2022. god.; kontakt: miljanperic7@gmail.com



Vladimir Katić rođen je u Novom Sadu 1954. god. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. god., a od 2002 je zvanju redovnog profesora. Oblast interesovanja su energetska elektronika, obnovljivi izvori električne energije i kvalitet električne energije.



Aleksandar Stanisavljević rođen je u Beogradu 1988. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2019. god., a iste godine izabran je zvanje docenta. Oblast interesovanja su obnovljivi izvori električne energije i kvalitet električne energije.

PROŠIRENJE PODRŠKE ZA TIPOVE PODATAKA U CAMUNDA KORISNIČKIM FORMAMA**EXTENDING SUPPORT FOR DATA TYPES IN CAMUNDA USER FORMS**Nikola Brodić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisani su sistemi za upravljanje poslovnim procesima i predstavljeni su najpoznatiji. Detaljno je opisan Camunda Platform BPMS i analizirane su njegove prednosti i nedostaci. Kreirana je i opisana programska implementacija koja rešava uočene nedostatke.

Ključne reči: upravljanje poslovnim procesima, sistem za upravljanje poslovnim procesima, Camunda Platform

Abstract – This paper describes Business Process Management Systems and presents the most common ones. Camunda Platform BPMS is described in detail and its pros and cons are analyzed. Software implementation that resolves mentioned disadvantages is created and described.

Keywords: Business Process Management, Business Process Management System, Camunda Platform

1. UVOD

Upravljanje poslovnim procesima (eng. *Business Process Management*, BPM) je organizaciona disciplina koja zahteva od organizacija da sagledaju i analiziraju svoje poslovne procese i njihovo trenutno stanje kako bi uočili moguća poboljšanja.

Upravljanje poslovnim procesima podržano je od strane različitih sistema za upravljanje poslovnim procesima (eng. *Business Process Management System/Suite*, BPMS). Na tržištu je dostupan veliki broj BPM sistema, među kojima *Camunda Platform* predstavlja čest i popularan izbor.

Međutim, i pored dobrih osobina i prednosti, značajan nedostatak *Camunda* platforme predstavlja nedovoljno dobra podrška za kreiranje i generisanje korisničkih formi za unos podataka. Način kreiranja formi najprilagođeniji poslovnim korisnicima je kreiranje generisanih formi koje imaju ograničenu podršku u pogledu polja forme, tipova podataka i validacija. Stoga je ideja ovog rada analiza, ali i implementacija konkretnog rešenja kojim se mogu prevazići postojeći problemi *Camunda* formi.

2. UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA

Poslovni proces (eng. *business process*) predstavlja skup aktivnosti kojima se postiže određeni organizacioni cilj.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Zarić, vanr. prof.

Upravljanje poslovnim procesima (eng. *Business Process Management*, BPM) je metodologija za upravljanje procesima i radnim tokovima unutar neke organizacije radi povećanja efikasnosti, performansi i agilnosti u okviru svakodnevnih poslovnih aktivnosti [1]. Cilj organizacija koje primenjuju BPM je kontrola postojećih procesa i njihova kontinuirana optimizacija.

2.1. Sistemi za upravljanje poslovnim procesima

Sistemi za upravljanje poslovnim procesima (eng. *Business Process Management System/Suite*, BPMS) nude platforme i alate koji pomažu organizacijama da dizajniraju, modeluju, izvršavaju, automatizuju i unapređuju skup aktivnosti i zadataka čijim sprovođenjem se postižu organizacioni ciljevi. BPM softverski sistemi su dizajnirani da pomognu organizacijama u optimizaciji svakodnevnih poslovnih procesa radi postizanja maksimalne efikasnosti i produktivnosti [2]. Ovakva rešenja maksimizuju smanjenje troškova, obezbeđuju rast poslovanja, upravljaju zaduženjima i izvršavaju integrisanu poslovnu strategiju.

Opšta arhitektura BPM sistema obuhvata nekoliko komponenti sa jedinstvenim ulogama. *Izvršno okruženje* (eng. *Execution engine*, *Process engine*) je centralni deo sistema za upravljanje poslovnim procesima koji obezbeđuje koordinirano izvršavanje aktivnosti unutar procesa.

Osnovna namena *alata za modelovanje procesa* (eng. *Process modeling tool*) je da korisnicima omogući kreiranje i izmenu modela poslovnih procesa. *Lista radnih zadataka* (eng. *Worklist handler*) je BPMS komponenta putem koje se učesnicima procesa dodeljuju i/ili nude na izbor radni zadaci koje treba obraditi. *Alati za nadgledanje i upravljanje* (eng. *Administration and monitoring tools*) služe za upravljanje stvarima neophodnim za nesmetano funkcionisanje sistema za upravljanje poslovnim procesima.

2.2. Izbor BPM sistema

Kao što i samo ime nagoveštava, upravljanje poslovnim procesima u fokus stavlja poslovanje, umesto tehnologije. Ipak, to poslovanje treba da bude podržano adekvatnom tehnologijom. Zato je bitno odabrati sistem koji je pogodan za poslovanje, zahteva minimalno kodiranja i omogućava poslovnim korisnicima da samostalno kreiraju i upravljaju procesima uz visok stepen IT podrške, dok IT podrška treba da upravlja samim sistemom i pravima pristupa.

Trenutno je na tržištu dostupan veliki broj sistema za upravljanje poslovnim procesima, pa izbor najprikladnijeg od njih predstavlja izazov za svaku organizaciju. Ne

postoji univerzalno pravilo prema kom se BPMS može odabrati, jer nemaju sve organizacije iste zahteve i potrebe. Ništa manje bitna stavka je i budžet, jer ovi sistemi predstavljaju veliki izdatak za svaku kompaniju, s obzirom da na cenu utiče i broj zaposlenih koji će ga koristiti. Stoga je bitno da organizacije ozbiljno razmotre sve raspoložive opcije pre nego što se odluče za BPMS koji će primeniti u svom poslovanju, jer je kasnija promena sistema zahtevan i mukotrpan posao. Neki od sistema za upravljanje poslovnim procesima vredni razmatranja su: *Kissflow*, *Bizagi*, *ProcessMaker*, *Bonita* i *Camunda*.

3. CAMUNDA PLATFORM

Camunda Platform je platforma otvorenog izvornog koda razvijena u Java programskom jeziku. Dolazi sa alatima za kreiranje modela poslovnih procesa i modela odlučivanja, izvršavanje *deploy*-ovanih modela u produkciji i izvršavanje radnih zadakata od strane učesnika procesa.

Camunda je resursno nezahtevan radni okvir (eng. *lightweight framework*) koji se može koristiti kao samostalno izvršno okruženje ili se može ugraditi u namenske Java aplikacije [3]. Celokupna *Camunda* platforma sastoji se od nekoliko komponenti namenjenih različitim tipovima korisnika.

Modeler je desktop aplikacija koja omogućava programerima i poslovnim analitičarima da kreiraju i menjaju BPMN dijagrame i DMN tabele odlučivanja [3].

Fajlovi kreirani *Modeler*-om se *deploy*-uju u izvršno okruženje, tj. *Process Engine*. *Process Engine* koristi BPMN parser da pretvori BPMN 2.0 i DMN XML fajlove u Java objekte. Hardverski je nezahtevan i zauzima svega 3MB prostora na disku.

Camunda veb aplikacije uključuju sledeće alate za programere i poslovne korisnike [4]:

- REST API (skr. od **RE**presentational **S**tate **T**ransfer **A**pplication **P**rogramming **I**nterface) omogućava upotrebu *Process Engine*-a pozivanjem iz udaljene ili JavaScript aplikacije.
- *Tasklist* učesnicima procesa nudi uvid u radne zadatke koji su im dodeljeni i omogućava im da otvaraju forme u kojima treba da unesu tražene podatke i na taj način ispune svoje radne zadatke.
- *Cockpit* operatorima procesa omogućava pretragu i praćenje izvršavanja procesnih instanci, kao i vršenje intervencija u slučaju incidenata.
- *Admin* administratorima procesa omogućava upravljanje pojedinačnim korisnicima, grupama korisnika i njihovim pravima pristupa.

3.1. Arhitektura Camunda platforme

Kako je *Camunda* razvojna platforma bazirana na Javi, osnovne komponente napisane su u Java programskom jeziku. Ideja je da se Java programerima pruže alati neophodni za dizajniranje, implemetaciju i izvršavanje poslovnih i radnih procesa na Java virtuelnoj mašini (eng. *Java Virtual Machine*, JVM). Za programere koji rade u drugim programskim jezicima, *Camunda* nudi i REST API što omogućava kreiranje aplikacija koje se povezuju na udaljeno izvršno okruženje.

Camunda Platform, kao fleksibilan radni okvir, može biti *deploy*-ovan na različite načine. Tri najčešća načina su: ugrađeno izvršno okruženje, deljeno izvršno okruženje i samostalno izvršno okruženje [5]. Ugrađeno izvršno okruženje (eng. *Embedded Process Engine*) podrazumeva da se *Process Engine* dodaje kao biblioteka u proizvoljnu aplikaciju. Deljeno izvršno okruženje (eng. *Shared, Container-Managed Process Engine*) podrazumeva da se *Process Engine* pokreće unutar izvršivog kontejnera, kao što su *Servlet Container*, *Application Server* i slično. Samostalno izvršno okruženje (eng. *Standalone (Remote) Process Engine Server*) podrazumeva da se *Process Engine* nudi kao mrežni servis.

Da bi se pružilo skaliranje (eng. *scale-up*) ili smanjila mogućnost nedostupnosti sistema (eng. *fail-over*), izvršno okruženje se može distribuirati na više čvorova u klasteru. Pritom, svaka instanca izvršnog okruženja mora biti povezana na deljenu bazu podataka.

Radi opsluživanja više nezavisnih strana jednom *Camunda* instalacijom, izvršno okruženje podržava višeklijentski režim (eng. *multi-tenancy*). Konkretno su podržani sledeći modeli:

- Razdvajanje podataka na nivou tabela upotrebom različitih šema baze podataka ili različitih baza podataka
- Razdvajanje podataka na nivou redova upotrebom označavanja klijenata (eng. *tenant marker*)

Korisnici treba da odaberu model koji najbolje odgovara njihovim potrebama za razdvajanjem podataka.

3.2. Prednosti Camunda platforme

Camunda platforma nudi mnoštvo alata koji su otvorenog izvornog koda i besplatni za korišćenje, kao na primer *Camunda Modeler*.

Bez obzira što ne važi za *low-code* platformu, *Camunda* nudi prijatno korisničko iskustvo za iskusne Java programere. Iako zahteva poznavanje programiranja, platforma je jasno koncipirana i laka za korišćenje.

Još jedna prednost je što omogućava jednostavan *deployment* monolitne platforme. Organizacije su u mogućnosti da *deploy*-uju niz manjih procesa koji se bave delovima nekog velikog procesa bez potrebe za značajnim izmenama [6].

Cilj *Camunda* platforme je da istovremeno bude prihvatljiva i programerima i poslovnim korisnicima, što nije jednostavan zadatak. Da bi udovoljila programerima, *Camunda* ima veoma hardverski nezahtevno jezgro i ne uslovljava da razvoj procesa bude zasnovan isključivo na kreiranju modela. Sa druge strane, za poslovne korisnike očuvava jednostavnost upotrebe *Modeler*-a, omogućava im da jednostavno menjaju i prilagođavaju elemente aplikacije i pruža intuitivno nadgledanje u realnom vremenu putem anotacija modela [7].

3.3. Nedostaci Camunda platforme

Iako je besplatna, *Community* verzija *Camunda* platforme primamljiv izbor, mnogi alati koji sistem za upravljanje poslovnim procesima čine korisnim dodatkom poslovanju dostupni su samo kroz plaćenu, *Enterprise* verziju. Još jedna mana *Community* verzije su i visoki troškovi u slučaju potrebe za tehničkom podrškom.

Iskusni Java programeri hvale *Camunda* platformu, ali i pored toga priznaju da njena logika nije najbolje prilagođena običnim poslovnim korisnicima.

Pored opisanih nedostataka, problem *Camunda* platforme predstavlja i nedovoljno dobra podrška za kreiranje i generisanje korisničkih formi za unos podataka. Iako postoji nekoliko vrsta formi, svaka ima svoje nedostatke. Zajednička mana za neke od njih je to što ih ne mogu kreirati obični poslovni korisnici, jer zahtevaju znanje programiranja i programskih jezika. Sa tog stanovišta najbolje su generisane forme (eng. *Generated Task Forms*), međutim i one imaju neke značajne nedostatke opisane u nastavku.

Generisane forme se u *Camunda*-i generišu na osnovu metapodataka o formi (eng. *Form Data Metadata*) dostupnih u okviru BPMN 2.0 XML notacije. Metapodaci o formi predstavljaju skup *Camunda*-inih proširenja BPMN 2.0 notacije kojima je omogućeno kreiranje formi i njihovih polja u okviru BPMN 2.0 XML fajla [8]. Ti metapodaci, osim tekstualno, mogu biti i grafički kreirani i menjani upotrebom *Camunda Modeler* alata, što je preferirani i jednostavniji način iz ugla korisnika. Njegov *Properties* panel sadrži karticu *Forms* putem koje je moguće definisati željena polja forme.

Prilikom kreiranja forme, za svako polje je neophodno definisati tip. Od tipova, *Camunda* podrazumevano nudi *string*, *long*, *date*, *boolean* i *enum*. Pored tipova, za svako polje forme se mogu definisati i uslovi validnosti, odnosno validacije (eng. *validations*), i proizvoljna svojstva (eng. *properties*) u tekstualnom obliku. Dve ugrađene validacije zajedničke za sve tipove polja su *required*, kojom se zahteva da polje bude popunjeno, i *readonly*, kojom se zahteva da polje ostane ne popunjeno.

Međutim, podržani tipovi podataka i validacije nisu dovoljni za modelovanje realnih poslovnih procesa. Nedostaju tipovi podataka za razlomljene brojeve, fajlove i zadavanje vremena, kao i validacije za granularnost unete vrednosti, minimalne i maksimalne vrednosti za datum i vreme i tip fajla. Uz to, ne postoji način da se dinamički definišu stavke za izbor u okviru polja *enum* tipa, niti mogućnosti izbora više od jedne ponuđene stavke.

Iako nove verzije *Camunda* platforme redovno izlaze dva puta godišnje, unapređivanje generisanih formi se ostavlja po strani. Korisnici se putem foruma podstiču na upotrebu ugrađenih formi, iako one ne predstavljaju adekvatnu zamenu, jer nisu namenjene istim tipovima korisnika. Stoga je u studiji slučaja predstavljena implementacija uočenih nedostataka, kao praktični doprinos ovog rada.

4. STUDIJA SLUČAJA

Ideja ovog rada je analiza, ali i implementacija konkretnog rešenja kojim se mogu prevazići postojeći problemi *Camunda* formi. Kao osnova za nadogradnju i unapređenje uzete su generisane forme, jer predstavljaju jedinu vrstu formi koje se mogu kreirati direktno iz *Modeler*-a i od strane različitih tipova korisnika, koji nisu isključivo programeri. Implementacija rešenja se sastoji od *Camunda Forms Extension* Java arhive (eng. *Java ARchive*, JAR) i *Form Generator* JavaScript fajla i nalazi se na GitHub repozitorijumu sa nazivom „Camunda

Forms Extension“ [9], zajedno sa primerom upotrebe kreiranog rešenja.

Camunda Forms Extension je osmišljen kao dodatak (eng. *plugin*) za Java aplikacije napisane upotrebom *Spring Boot* radnog okvira i prvenstveno se oslanja na *Camunda Spring Boot Starter for Webapps 7.15.0* Maven zavisnost (eng. *dependency*). Sadrži implementaciju dodatnih tipova podataka i validatora koji nedostaju u osnovnoj *Camunda* biblioteci i funkcije za obradu podataka unetih putem generisanih formi. Cilj ovog dodatka je podrška šireg skupa poslovnih procesa kod kojih korisničke forme zahtevaju tipove polja koje osnovna *Camunda* biblioteka ne nudi.

Form Generator je osmišljen kao dodatak za prezentacioni sloj razvijen upotrebom HTML, CSS i JavaScript jezika. Namenjen je generisanju HTML formi na osnovu podataka definisanih u okviru *Forms* kartice u *Camunda Modeler*-u, slično kao što to radi *Camunda Tasklist*, samo za veći broj tipova polja. Sastoji se od nekoliko enkapsuliranih funkcija za generisanje HTML elemenata za unos podataka i ulazne funkcije koja za svako polje definisano u *Forms* kartici poziva neku od tih enkapsuliranih funkcija. S obzirom da je stilizacija formi neizbežna u današnje vreme, omogućeno je i definisanje CSS klase za svaki generisani HTML element, kao i izbor načina za označavanje polja forme, pa se polja mogu označiti labelama ili *placeholder*-ima.

Od dodatno podržanih tipova, *Camunda Forms Extension* sadrži *double*, *integer*, *time*, *textarea*, *radio* i *file* tipove polja. Zajedničko za ove tipove je da svaki od njih nasleđuje *SimpleFormFieldType* klasu iz osnovne *Camunda* biblioteke. Tom klasom se obezbeđuje struktura koju svaki tip mora da ispoštuje da bi *Process Engine* mogao da ga prihvati i obradi.

Tip *double* uveden je kako bi se podržao rad sa razlomljenim brojevima, odnosno brojevima sa decimalnim ciframa. Tip *integer* uveden je kako bi se podržao rad sa 32-bitnim celim brojevima, jer *Camunda* nudi podršku samo za 64-bitne cele brojeve putem *long* tipa. Za numeričke tipove *double*, *integer* i *long* kreiran je *step* validator. On omogućava definisanje i proveru granularnosti za unete numeričke vrednosti. Pored *step* validatora, obezbeđeni su i novi *min* i *max* validatori čija je namena proširena tako da, osim za numeričke, mogu da se koriste i za vrednosti koje predstavljaju datum i vreme. Tip *time* je kreiran kako bi se podržale vrednosti koje iskazuju vreme. Tipovi *textarea*, *radio* i *file* uvedeni su kako bi se podržao širi skup HTML elemenata za kreiranje formi. Kao osnova za njihovu implementaciju upotrebljen je ugrađeni tip *string*, a potom su uvedene neophodne izmene. Uvođenjem podrške za fajlove, bilo je neophodno kreirati i validacije *multiple* i *accept*. Pored toga, za sva polja *string* tipa je obezbeđen i *pattern* validator koji omogućava da se uneta tekstualna vrednost proveri zadatim regularnim izrazom.

Pored tipova i validacija, *Camunda Forms Extension* nudi i servisnu klasu nazvanu *CamundaService* koja, između ostalog, poseduje metode neophodne za pokretanje procesne instance, dobavljanje definicije generisane forme, *submit* podataka unetih kroz formu, završavanje radnog zadatka itd. U okviru ove klase kreirana je i

metoda koja omogućava dinamičko postavljanje opcija za izbor kod polja *enum* tipa.

Metoda *getFormData()* klase *CamundaService* za prosledjene identifikatore procesne instance i radnog zadatka vraća objekat koji u sebi sadrži listu polja forme (Listing 4.1). Svako polje forme sadrži konfiguraciju tog polja definisanu putem *Forms* kartice *Modeler*-a. Ta konfiguracija je u *Form Generator*-u iskorišćena za generisanje odgovarajućih HTML elemenata forme.

```
public FormDataDTO getFormData(String procInstancelId,
                                String taskId) {
    TaskFormData tfd = formService.getTaskFormData(taskId);
    List<FormField> formFields = tfd.getFormFields();
    this.setEnumValues(procInstancelId, formFields);

    return new FormDataDTO(procInstancelId, taskId, formFields);
}
```

Listing 4.1 Implementacija metode *getFormData()*

Kao što je na početku spomenuto, *Form Generator* je JavaScript fajl sa funkcijama koje generišu različite tipove HTML elemenata za kreiranje formi, a na osnovu podataka dobijenih pozivom metode *getFormData()* iz *Camunda Forms Extension* dodatka. Funkcija koju treba pozvati da bi izgenerisala polja forme nazvana je *generateFormFields()*. Kao što se može videti iz listinga 4.2, ova funkcija prima nekoliko parametara. Parametar *formId* predstavlja identifikator HTML forme u koju će se dodati izgenerisana polja. Sledeći parametar, nazvan *jsonResponse*, predstavlja listu konfiguracija svih polja forme u JSON formatu dobijenu udaljenim pozivom metode *getFormData()*. Parametar *css* omogućava zadavanje CSS klasa za stilizovanje izgenerisanih HTML elemenata. Poslednji parametar, sa nazivom *withLabels*, omogućava pozivaocu funkcije da odabere da li će se polja forme imenovati labelama ili *placeholder*-ima. Uloga ove funkcije je da prođe kroz sva dobijena polja forme, za svako od njih izgeneriše HTML element, i taj element doda u zahtevanu formu.

```
function generateFormFields(formId, jsonResponse, css = null,
                             withLabels = false) {
    let fragment = new DocumentFragment();
    jsonResponse.formFields.forEach(field => {
        let div = createFormField(field, css, withLabels);
        fragment.append(div);
    });
    document.getElementById(formId).prepend(fragment);
}
```

Listing 4.2 Implementacija funkcije *generateFormFields()*

5. ZAKLJUČAK

Upravljanje poslovnim procesima je neizostavna metodologija kod organizacija u kojima se odvija veći broj poslovnih procesa. Organizacije koje ne koriste sisteme za upravljanje poslovnim procesima suočavaju se sa problemom neefikasnog i neorganizovanog sprovođenja poslovnih aktivnosti, kao i sa nedovoljnom iskorišćenošću raspoloživih ljudi i resursa. Stoga je broj organizacija koje uvode ovu metodologiju u svoje poslovanje sve veći. U takvoj situaciji organizacije moraju da sagledaju prednosti i nedostatke dostupnih BPM sistema i odlučiti se za onaj koji najviše odgovara njihovim potrebama.

U radu je izdvojena *Camunda* platforma, kao popularan izbor koji pored plaćene nudi i besplatnu varijantu zavidnih mogućnosti. Ipak, ozbiljan nedostatak predstavlja nemogućnost kreiranja složenih generisanih formi sa raznolikim poljima, obrađen i rešen u okviru ovog rada.

Predstavljena je implementacija rešenja koje omogućava da se uočeni nedostaci prevaziđu i na taj način prošire mogućnosti platforme u pogledu kreiranja korisničkih formi. Implementacija se sastoji od *Camunda Forms Extension* Java arhive i *Form Generator* JavaScript fajla i dostupna je na javnom GitHub repozitorijumu [9].

Raznovrsnost polja forme, njihovih tipova i validacija je velika, pa ih iz tog razloga nije bilo moguće sve podržati. Implementacija je usmerena na podršku onih koji su najčešće korišćeni, kako bi se maksimizovala njegova primenljivost. To ostavlja prostor za unapređenje implementacijom preostalih polja forme, tipova podataka i validacija. Stilizacija je omogućena kroz zadavanje CSS klase, ali je mogućnost preraspoređivanja (eng. *layouting*) polja forme ograničena redosledom kojim su definisani u *Modeler*-u. Ovo takođe predstavlja oblast na kojoj bi se moglo poraditi u budućnosti, s obzirom da je preraspoređivanje gotovo neizbežno zbog sve veće primene mobilnih uređaja kako u životu, tako i u poslovanju.

6. LITERATURA

- [1] <https://www.pega.com/bpm>, pristupljeno u novembru 2021.)
- [2] <https://kissflow.com/workflow/bpm/business-process-management-systems-top-features> (pristupljeno u novembru 2021.)
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Camunda> (pristupljeno u decembru 2021.)
- [4] <https://docs.camunda.org/manual/7.15/introduction> (pristupljeno u decembru 2021.)
- [5] <https://docs.camunda.org/manual/7.15/introduction/architecture> (pristupljeno u decembru 2021.)
- [6] https://www.processmaker.com/wp-content/uploads/2020/05/Camunda_vs_ProcessMaker_Comparison.pdf (pristupljeno u decembru 2021.)
- [7] <https://www.srijan.net/resources/blog/business-process-management-camunda-workflow> (pristupljeno u decembru 2021.)
- [8] <https://docs.camunda.org/manual/7.14/user-guide/task-forms> (pristupljeno u decembru 2021.)
- [9] <https://github.com/NikolaBrodic/camunda-forms-extension> (pristupljeno u decembru 2021.)

Kratka biografija:



Nikola Brodić rođen je 28.05.1997. godine u Sremskoj Mitrovici. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu upisao je 2016. godine. Diplomirao je 18.09.2021. godine i iste godine upisao master akademske studije.

MODELOVANJE I IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA POMOĆ PRI PARKIRANJU**MODELING AND IMPLEMENTATION OF THE PARKING ASSISTANCE SYSTEM**

Mirjana Pavković, Ivan Kaštelan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljena implementacija sistema za pomoć pri parkiranju u vozilima. Opisana je implementacija algoritma za obradu ulaznih slika sa četiri kamere koji se sastoji od dva dela. Jedan deo predstavlja kalibraciju kamere, a drugi generisanje izlazne slike sa pogledom odozgo gde su korišćene različite operacije kao što su ispravljanje distorzije, transformacija perspektive i spajanje slika. Sistem takođe sadrži šest ultrasoničnih senzora pomoću kojih se proverava udaljenost prepreka u neposrednoj blizini vozila. Opisane su funkcije, moduli i softverske komponente sistema. Performanse algoritma su testirane pomoću Qt razvojnog okruženja.

Gljučne reči: sistem za pomoć pri parkiranju, ultrasonični senzori, kalibracija kamere, spajanje slika

Abstract – The paper presents the implementation of a parking assistance system in vehicles. The implementation of an algorithm for processing input images with four cameras, consisting of two parts, is briefly described. The first step is the calibration of the camera, while the next step is the generation of output images with surround view where various operations such as distortion correction, perspective transformation and image merging are used. The system also contains six ultrasonic sensors that check the distance of obstacles in the immediate vicinity of the vehicle. Functions, modules, and software components are described. Algorithm performance was tested using the Qt development environment.

Keywords: parking assistance system, ultrasonic sensors, camera calibration, perspective transformation

1. UVOD

Brzim napredovanjem tehnologije moderna vozila koriste različite napredne sisteme za pomoć vozačima (eng. *Advanced Driver Assistance System, ADAS*) sa ciljem da im omoguće što bezbedniju i udobniju vožnju. Jedan od takvih sistema jeste sistem koji pomaže vozaču pri parkiranju i tokom vožnje. Ulazni deo sistema se sastoji od senzora i senzorskih softverskih komponenti. Skup senzora čine kamere i ultrasonični senzori. Ovaj sistem se sastoji od 4 širokougaone kamere pomoću kojih se generiše slika pogleda odozgo (eng. *Top View*). Sistem takođe sadrži 6 ultrasoničnih senzora pomoću kojih se proverava udaljenost prepreka u neposrednoj blizini vozila.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Kaštelan, vanr. prof.

1.1. Pregled literature

Postoje razna rešenja generisanja slike sa pogledom odozgo koja koriste različite tehnike u koje spadaju distorzija, spajanje slika i tehnike koje se odnose na različitost boja na samoj slici. U radu [1] autori su u svom rešenju koristili geometrijsko i fotometrijsko poravnanje i sintezu složenog pogleda. U radu [2] koristi se QR kod koji se naziva Apriltag i koristi se za računanje matrice kako bi se dobio pogled iz ptičije perspektive. Veći QR kodovi su postavljeni u centar kamere na pod i služe za izračunavanje homografske matrice, a manji QR kodovi su postavljeni na mesta gde bi trebalo da se spoje susedne slike.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Implementacija čitavog projekta je rađena po AUTOSAR standardu. AUTOSAR predstavlja globalno partnerstvo vodećih kompanija u automobilske industriji koje je osnovano 2003. godine radi stvaranja standarda za izradu softvera i elektronskih komponenti [3].

2.1. Arhitektura AUTOSAR standarda

U prošlosti softver i hardver elektronskih upravljačkih jedinica (eng. *Electronic Control Unit, ECU*) bili su vrlo usko povezani. Unapređenjem sistema i razvojem tehnologije javila se potreba za razvoj elektronskih upravljačkih jedinica. Uvođenjem standardizovanog sloja (eng. *Standardized Middleware*) između softvera i hardvera je dovelo do nezavisnog razvijanja i implementacije softvera od hardvera. AUTOSAR arhitektura, prikazana na slici 1., obuhvata [3]:

- Aplikativni sloj,
- Osnovni softver (eng. *Basic Software*),
- Izvršno okruženje (eng. *Real Time Environment*),
- Mikrokontroler.

Aplikativni sloj se sastoji od softverskih komponenti (eng. *Software Component, SWC*) čija je uloga izvršavanje posebnih funkcionalnosti za koje se modelovani sistem izrađuje. Preko izvršnog okruženja, softverske komponente obavljaju interakciju sa ostatkom sistema usled čega su nezavisne od elektronske upravljačke jedinice na kojoj se izvršavaju. Osnovni softver pruža pristup resursima softverskih komponenti koji su neophodni za njihovo pravilno funkcionisanje i obuhvata: uslužni sloj, apstrakciju elektronske upravljačke jedinice, apstrakciju mikrokontrolera i kompleksne rukovaoce. Softverske komponente imaju dobro definisane priključke (eng. *ports*) pomoću kojih komuniciraju sa drugim komponentama. Kako bi se definisali podaci koji su obezbeđeni ili zahtevani od strane priključka komponente, predstavljene su AUTOSAR sprege. Sprege mogu biti [3]:



Slika 1. AUTOSAR arhitektura

- Klijent / Server (eng. *Client/Server*, C/S),
- Pošiljalac / Primalac (eng. *Sender/Receiver*, S/R).

3. KONCEPT REŠENJA

3.1. Princip rada sistema

Na ulaz u algoritam dolaze četiri slike čijim spajanjem i obradom nastaje konačna slika koja predstavlja izlaz iz sistema. Zahvaljujući ultrasoničnim senzorima su pokriveni svi pravci kretanja vozila i samim tim je smanjena opasnost od udara u neku prepreku na putu.

Tabela 1. Grafičke komponente upozorenja

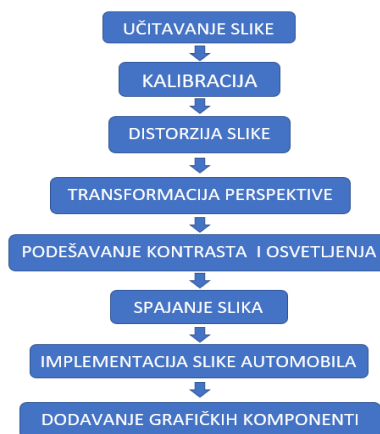
Udaljenost	Reakcija
Veća od 2 m	Bez upozorenja
Između 1 m i 2 m	Zelena boja
Između 0,5 m i 1 m	Žuta boja
Manja od 0,5 m	Crvena boja

Postoje tri senzora sa prednje strane vozila i tri senzora sa zadnje strane. Obrada podataka sa ultrasoničnih senzora podrazumeva proveru udaljenosti detektovane prepreke pomoću određenog senzora i generisanje odgovarajućeg upozorenja u slučaju unapred definisane udaljenosti prepreke. Grafičke komponente mogu biti zelene, žute ili crvene boje, a njihovo značenje je prikazano u tabeli 1.

3.2. Koraci algoritma

Pre modelovanja sistema implementiran je algoritam, čiji je blok dijagram prikazan na slici 2., gde se vrši obrada ulaznih slika sa četiri kamere kao i obrada podataka sa ultrasoničnih senzora u odnosu na udaljenost vozila od prepreke. Prvi korak predstavlja učitavanje slike koja treba da se obradi. Na samom početku obrade vrši se geometrijsko poravnanje što obuhvata kalibraciju slike. Implementirana je kalibracija zasnovana na uzorcima, a to znači da su korišćene slike na kojima se nalazi šahovska tabla, jer ima dobre rubove. Na osnovu ovih uzoraka određeni su koeficijenti koji se koriste kasnije za ispravljanje distorzije na slikama. Za sve kamere je posebno urađena kalibracija, jer kamere nemaju isto izobličenje, tako da postoje različiti koeficijenti. U narednom koraku je izvršena distorzija slike kojom se kao rezultat dobija horizontalna slika bez zakrivljenja. Na slikama koje se dobijaju sa ovih kamera postoji radijalna distorzija koja se naziva „*Barrel*” distorzija.

Nakon što je ispravljena distorzija na slici na redu je i transformacija perspektive gde se dobija pogled na sliku iz ptičije perspektive. Nakon toga sledi fotometrijsko poravnanje koje obuhvata podešavanje kontrasta i osvetljenja na slici, kako bi se uklopile boje sa sve četiri slike pre samog spajanja. Spajanje slika predstavlja preklapanje zajedničkih piksela na slikama koje su susedne. Nakon što je slika spojena naredni korak je dodavanje slike automobila na spoenu sliku. Poslednji korak obuhvata dodavanje grafičkih komponenti u zavisnosti od udaljenosti vozila od prepreke.



Slika 2. Blok dijagram algoritma

3.3. Model sistema

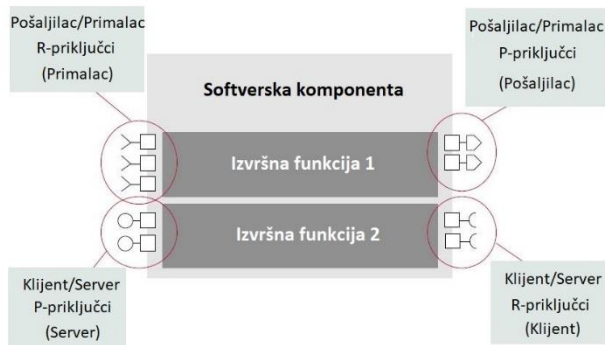
Modelovanje sistema uključuje definisanje tipova svih sprega između komponenti i određivanje tipova podataka koje komponente međusobno razmenjuju. Za svaku softversku komponentu se definiše njen tip, tipovi priključaka, broj i vrsta izvršnih funkcija (eng. *runnable*) i okidači za izvršavanje izvršnih funkcija (eng. *trigger*). Takođe nakon osmišljavanja modela i kreiranja izvršnih funkcija potrebno ih je mapirati odnosno povezati na određene zadatke (eng. *task*) koji će izvršavati. Ulazni deo sistema se sastoji od senzora i softverskih komponenti za obradu signala sa senzora koji obuhvataju šest ultrasoničnih senzora i četiri kamere, dok izlazni deo čini multimedija na koju dolazi izlazna slika koja čini četiri spojene slike.

Za razvoj softvera je korišćen *DaVinci Developer* softverski alat koji je namenjen za projektovanje arhitekture softverskih komponenti prema *AUTOSAR* standardu. Takođe korišćen je *DaVinci Configurator* softverski alat za podešavanje i generisanje sloja osnovnog softvera i izvršnog sloja. Za potrebe prevođenja

programskog koda kao i pisanja samog algoritma korišćen je softverski alat *Visual Studio* u C i C++ programskim jezicima.

4. PROGRAMSKO REŠENJE

Model sistema se sastoji od softverske komponente koja predstavlja sloj za apstrakciju hardverskih komponenti, od senzorskih i aktuatorskih softverskih komponenti i aplikativnih softverskih komponenti. Svaka od ovih softverskih komponenti sadrži izvršne funkcije koje sadrže operacije koje se pokreću na osnovu mehanizma okidača ili u određenom vremenskom periodu. Na slici 3. je prikazan šematski prikaz softverske komponente sa priključcima:



Slika 3. Softverska komponenta sa priključcima

U okviru ovih izvršnih funkcija se vrši obrada učitanih slika koje se dobijaju sa kamera koje se nalaze na vozilu. Učitane slike su zakrivljene (eng. *Fish-eye*) i potrebno ih je ispraviti. Za obradu slika korišćena je *OpenCV* (eng. *Open Source Computer Vision*) biblioteka napisana u C++ programskom jeziku.

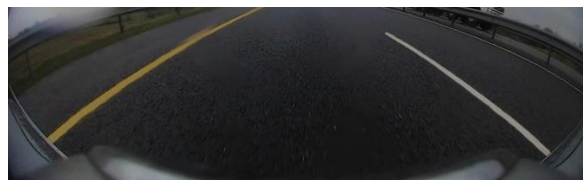
Prvi korak je kalibracija kamere koja predstavlja proces estimacije parametara kamere. Na početku je potrebno generisati matricu (1) gde su f_x i f_y fokalne dužine po x-osi i y-osi, a c_x i c_y su koordinate optičkog centra na slici.

$$\begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Sledeći korak je metoda *getOptimalNewCameraMatrix*. Sada kada postoji matrica kao i koeficijenti distorzije, pre same metode koja uklanja distorziju slike koristi se ova metoda kako bi uklonila crne piksele koji su višak na slici kada na primer postoji radijalna distorzija. Nakon toga se koristi *undistort* metoda koja uklanja distorziju slike. Primer ulaza u metodu je slika 4., a primer izlaza je slika 5. Kao ulazne parametre prima koeficijente distorzije, korigovanu matricu dobijenu prethodnom metodom i na izlazu daje sliku bez distorzije. Za svaku sliku su različiti: matrica i koeficijenti distorzije, jer sa svaku kameru postoji različit ugao vidnog polja. Nakon uklanjanja distorzije sa slike red je da se uradi transformacija perspektive. Potrebno je odrediti četiri početne koordinate na slici i četiri koordinate na osnovu kojih želimo da promenimo perspektivu slike. U sklopu *OpenCV* biblioteke se nalazi metoda *getPerspectiveTransform* koja prima kao parametre ove koordinate i računa 3x3 matricu perspektive koju koristi metoda *warpPerspective* i transformiše početnu sliku u željenu perspektivu.

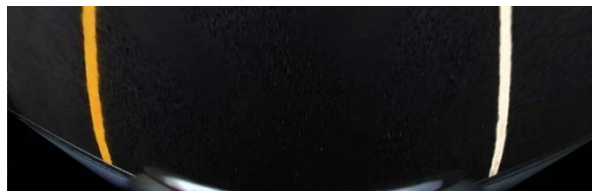


Slika 4. Zakrivljena slika sa prednje kamere



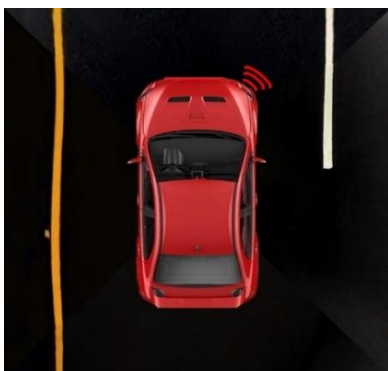
Slika 5. Slika bez distorzije

Sledeći korak je promena osvetljenja i kontrasta na slici. Inicijalizuju se parametri alfa i beta. Parametar alfa određuje jačinu kontrasta, a beta jačinu osvetljenja na slici. Kako bi ovo bilo uspešno izvršeno potrebno je proći kroz svaki piksel na slici. Pošto su ovde u pitanju BGR slike, postoje 3 vrednosti po svakom pikselu (plava, zelena i crvena), a potrebno je pristupiti svakom pikselu pojedinačno. Što su manji parametri alfa i beta, biće manji kontrast i manja osvetljenost. Takođe, koristi se i gama korekcija koja smanjuje efekte saturacije koji se pojavljuju na slici upotrebom različitih vrednosti alfa i beta parametara. Rezultat ovog koraka je prikazan na slici 6.



Slika 6. Promena perspektive i promena kontrasta i osvetljenja na slici sa prednje kamere

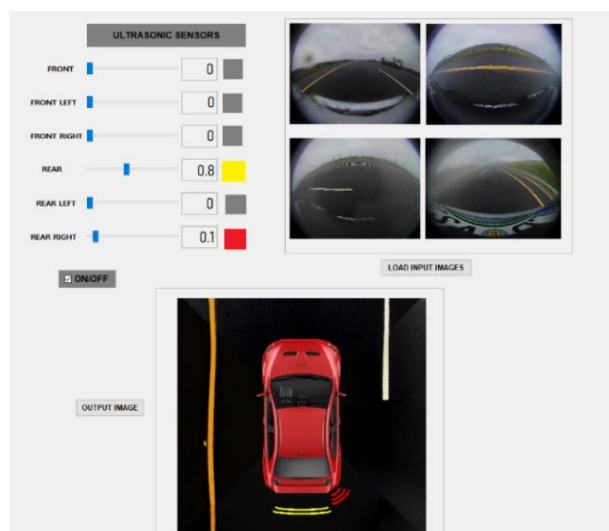
Obradene slike su dimenzija 370x960 (sa prednje i zadnje kamere) i 960x370 (sa leve i desne kamere). Zbog datih dimenzija formirana je nova slika dimenzije 960x960. Svaka slika ima površinu koja se preklapa sa susednom slikom, zato je potrebno proći kroz svaki piksel kako bi se odredila granica na kojoj se spajaju dve susedne slike. Nakon što se spoje slike, potrebno je dodati i sliku automobila. Pošto slike nisu potpuno iste boje, potrebno ih je dodatno obraditi kako bi se videla što manja razlika prilikom spajanja. Nasumično su birani pikseli od obe slike koje se porede i izvršeno je oduzimanje piksela po njegovim vrednostima (B, G i R). Na kraju se računa srednja vrednost razlika vrednosti piksela kako bi se dobila što približnija boja piksela koja se ne razlikuje od piksela na susednoj slici. U zavisnosti od udaljenosti vozila od prepreke na slici će se pojavljivati grafičke komponente različite boje. Za iscrtavanje linija na slici korišćena je ugrađena funkcija *ellipse* koja se nalazi u sklopu *OpenCV* biblioteke. Primer rezultata ovog koraka je prikazan na slici 7.



Slika 7. Izlazna slika kada je aktiviran prednji desni senzor

5. TESTIRANJE I REZULTATI

Kada je modelovanje završeno i programski kod implementiran u izvršne funkcije, izvršeno je testiranje čitavog sistema pomoću Qt grafičkog okruženja.



Slika 8. Grafičko okruženje za korisnika

Na slici 8 se nalazi aplikacija za testiranje rada sistema u Qt grafičkom okruženju. Pomeranjem horizontalnih slajdera može da se simulira udaljenost vozila od prepreke. Kao što je već napomenuto ranije na izlazu iz sistema može da se vidi slika automobila sa grafičkim komponentama određene boje (crvena, zelena ili žuta). U gornjem levom uglu na slici se nalaze slajderi koji predstavljaju ultrasonične senzore u sistemu. Pored slajdera tu se nalazi i labela u kojoj se ispisuje udaljenost, kao i labela koja prikazuje boju u zavisnosti od udaljenosti.

U prvom koraku potrebno je učitati ulazne fotografije pritiskom na taster *LOAD INPUT IMAGES*. Nakon toga, potrebno je pomeranjem slajdera simulirati poziciju prepreke kako bi se testirao sistem. Nakon toga potrebno je pritisnuti taster *OUTPUT IMAGE* i na izlaz dolazi spojena slika sa grafičkim komponentama u skladu sa parametrima koji su podešeni ranije. Kao što može da se vidi na slici 8 aktivirani su senzori sa zadnje strane pomeranjem slajdera za senzor u sredini i za senzor sa desne strane vozila. Pretpostavlja se da je prepreka udaljena od senzora u sredini 0.8 m (grafička komponenta je žute boje), a 0.1 m od desnog senzora sa zadnje strane vozila (grafička komponenta je crvene boje).

Tabela 2. Testni slučajevi

Testni slučaj	Prednji senzor	Prednji levi senzor	Prednji desni senzor	Zadnji senzor	Zadnji levi senzor	Zadnji desni senzor	Vreme izvršavanja algoritma
1.	Aktivan	/	/	/	/	/	6.13s
2.	Aktivan	Aktivan	/	/	/	/	6.19s
3.	Aktivan	Aktivan	Aktivan	/	/	/	6.49s
4.	/	/	/	Aktivan	Aktivan	Aktivan	6.45s
5.	/	/	/	Aktivan	/	/	6.15s
6.	/	/	/	Aktivan	Aktivan	/	6.24s
7.	/	/	/	Aktivan	/	Aktivan	6.21s

U tabeli 2 može se videti prikaz različitog vremena izvršavanja algoritma u zavisnosti od toga koliko ultrasoničnih senzora je aktivirano. Povećavanjem broja aktiviranih senzora, izvršavanje algoritma će duže trajati.

6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada predstavljeno je jedno od mogućih rešenja za generisanje slike sa pogledom odozgo i na prostor oko vozila simulirajući rad šest ultrasoničnih senzora i primajući podatke sa četiri kamere u skladu sa AUTOSAR standardom što omogućuje jednostavniju implementaciju u veće sisteme. Ovaj rad bi se mogao unaprediti primenom nekih dodatnih koraka kako bi se skroz uklonili vidljivi nedostaci. Ti koraci uključuju generisanje preciznijeg procesa kalibracije kako se na ulaznim slikama nakon toga ne bi primetile horizontalne i vertikalne devijacije. Takođe celo rešenje bi se moglo unaprediti tako što bi umesto slika na izlazu iz sistema postojao video zapis koji prikazuje kretanje vozila u realnom vremenu, kao i prostor oko njega. Naravno, to bi povećalo kompleksnost sistema zbog dodavanja novih softverskih i hardverskih komponenti što bi dovelo do porasta cene i količine vremena potrebnih za realizaciju sistema. Poboljšanje kvaliteta ovog sistema kao i sam sistem sa kamerama i ultrasoničnim senzorima dovodi bezbednost za vozače na viši nivo čemu se svakako i teži.

7. LITERATURA

- [1] B. Zhang, V. Appia, I. Pekkucuksen, A. U. Batur, P. Shastry, S. Liu, S. Sivasankaran, K. Chitnis, "A surround view camera solution for embedded systems," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, Columbus, OH, USA, 2014, pp. 676-681.
- [2] W. Yong, Q. Chen, "A Robust Method for Detecting Parking Areas in Both Indoor and Outdoor Environments", Sensors 18, no. 6: 1903, 2018.
- [3] AUTOSAR, <https://www.vector.com/int/en/known-how/autosar/autosar-classic/#c100477> (pristupljeno 10.02.2022.)

Kratka biografija:



Mirjana Pavković rođena je u Somboru 1997. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Automatika i upravljanje sistemima obranila je 2020. godine
kontakt:
pavkovicmirjana@hotmail.com



Ivan Kaštelan rođen je u Beogradu, 1985. godine. Doktorsku disertaciju na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarska tehnika i računarske komunikacije odbranio je 2014. godine. Kontakt: ivan.kastelan@rt-rk.uns.ac.rs

KLIJENTSKA APLIKACIJA ZA PRISTUP ETHEREUM PLATFORMI**CLIENT APPLICATION FOR THE ETHEREUM PLATFORM**Marko Jurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisani su osnovni principi distribuiranih sistema, razvoj blokčejn tehnologija kroz tri faze, pojam Ethereum platforme, kao i arhitektura klijenata za pristup Ethereum mreži. Predstavljeno je rešenje u vidu implementacije promene na Ethereum klijentu kao posledice zahteva Ethereum zajednice za ažuriranje Ethereum platforme.

Ključne reči: distribuirani sistemi, blokčejn, pametni ugovori

Abstract – This work describes fundamental principles of distributed systems, evolution of blockchain technologies through three phases, Ethereum platform and client architecture for accessing Ethereum. Presented solution is an implementation of a change in Ethereum client which is caused by a request from Ethereum community to update Ethereum platform.

Keywords: distributed systems, blockchain, smart contracts

1. UVOD

U savremenom svetu, finansijske institucije i dalje više ili manje funkcionišu kao centralizovani sistemi.

Centralizacija se odnosi na centralnu tačku kontrole koja se u slučaju finansija odnosi na bankarske institucije. Istorijski gledano, centralizacija u finansijama je bila poželjna kao održavač stabilnosti u globalnim finansijskim procesima za koju se smatralo da je sigurnija i stabilnija od ličnog upravljanja [9].

Pod tim podrazumevamo da pojedine korake u proceduri može da radi samo jedan autoritet ili institucija, što može da predstavlja veliki problem u vidu poverenja i performansi. Ukoliko želimo da pošaljemo novac sa jednog računa na drugi, u centralizovanom sistemu postoji nešto što je između, a to je u ovom slučaju banka. Bez posredstva banke kao treće strane nemoguće je izvršiti transakciju, a njeni korisnici su u obavezi da veruju da će sa njihovim sredstvima i podacima biti sve u redu.

Budući da banke kao centralne tačke ovakvih sistema čuvaju resurse i lične podatke svojih korisnika, postavlja se pitanje koliko je zapravo moguće verovati takvom sistemu. Takođe, jedan od problema sa stanovišta bezbednosti jeste što u centralizovanom sistemu imamo jedinstvenu tačku otkaza.

Decentralizovane finansije su oblik finansiranja koji se ne oslanja na centralne finansijske posrednike kao što su

brokerske kuće, berze ili banke, već umesto toga koristi blokčejn tehnologiju. Blokčejn tehnologija kreće od pretpostavke da svi učesnici u sistemu imaju pravo da dobiju sve informacije i da učestvuju u svakom koraku donošenja odluka. To se radi upotrebom raznih konsensus algoritama. Baza podataka u blokčejn tehnologiji je jednostruko povezan lanac blokova u kojem se sadrže transakcije. Svaki blok sadrži vezu sa prethodnim blokom i na taj način su povezani u lanac. Povezivanje se izvršava pomoću kriptografije i zato je praktično nemoguće izmeniti već postojeći blok. Umesto korišćenja centralnog entiteta za upravljanje blokčejnom, ova tehnologija koristi *Peer to peer* mrežu u kojoj računari međusobno dele podatke direktno bez potrebe za centralnim serverom. Kada novi član sistema (čvor) pristupi mreži, dobija kopiju blokčejna tako da može da učestvuje u verifikaciji blokova. To što svako može da preuzme kompletnu istoriju svih transakcija i da kontroliše pravljenje novih blokova čini ovaj sistem istinski decentralizovanim. Takođe, u ovakvim sistemima vrlo je teško doći do otkaza, jer čak i da otkazu pojedini čvorovi, ostatak čvorova u mreži može da održava normalan rad sistema. Računi u banci, kao i drugi tajni centralizovani podaci su često meta napada i dešava se da bivaju hakovani. Ukoliko bi neko hteo da hakuje blokčejn, morao bi da hakuje čitav lanac blokova što je praktično nemoguće. Jedna od najpopularnijih platformi koja koristi blokčejn tehnologiju je *Ethereum*.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Distribuirani sistem je skup autonomnih računara povezanih na mrežu posredstvom mrežnog i distributivnog posredničkog programa koji omogućava računarima da koordiniraju svoje aktivnosti i dele resurse sistema tako da korisnici sistem percipiraju kao jedinstven, integrisani računarski objekat. Komponente distribuiranog sistema komuniciraju i koordiniraju svoje akcije prenošenjem poruka. Međusobno komuniciranje se vrši radi postizanja zajedničkog cilja. Distribuirani sistemi imaju nekoliko ključnih karakteristika. Skalabilnost se ogleda u tome kako distribuirani sistem podnosi rast sa povećanjem broja korisnika sistema. Distribuirani sistem se uglavnom skalira dodavanjem više čvorova u mrežu. Još jedna karakteristika predstavlja nedostatak "globalnog sata". U distribuiranom sistemu postoji mnogo sistema i svaki sistem ima svoj sat. Svaki sat na svakom sistemu radi različitom brzinom što može da dovede do problema sa sinhronizacijom čvorova. U distribuiranom sistemskom softveru, hardveru ili mreži uvek se može dogoditi otkazivanje. Sistem mora biti projektovan na takav način da je dostupan čak i kada nešto otkaze. Transparentnost se ogleda u tome da krajnji ko-

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Sladić, red. prof.

risnik vidi distribuirani sistem kao jednu računsku jedinicu, a ne kao njegove osnovne delove. Krajnji korisnik dakle nije upoznat od kojih čvorova se sistem sastoji, tako da nije ni svestan koji čvor mu obezbeđuje podatke [1].

Tehnologija distribuirane knjige (*Distributed Ledger Technology – DLT*) je digitalni sistem za evidentiranje transakcija različitih dobara u kojem se transakcije i njihovi detalji beleže na više mesta istovremeno. Za razliku od tradicionalnih baza podataka, distribuirane knjige nemaju centralno skladište podataka ili administrativnu funkciju. U distribuiranoj knjizi svaki čvor obrađuje i verifikuje sve podatke, zapisivajući na taj način svaku stavku i stvarajući konsenzus o njenoj verodostojnosti. Tako svaki čvor replicira i čuva identičnu kopiju glavne knjige i samostalno se ažurira. Distribuirana knjiga se može koristiti za evidentiranje statičkih podataka kao što je registar ali i dinamičkih podataka kao što su finansijske transakcije. *DLT* koristi kriptografiju za sigurno skladištenje podataka, kriptografskih potpisa i ključeva kako bi omogućio pristup samo ovlašćenim korisnicima. Tehnologija takođe stvara nepromenljivu bazu podataka, što znači da se informacije, nakon što se sačuvaju, ne mogu izbrisati i bilo koje ažuriranje se trajno beleži [7].

Važno je napomenuti da koncept distribuirane knjige nije nov. *DLT* ima svoju najraniju istoriju još u Rimskom carstvu koje je imalo takav bankarski sistem da je omogućavalo ljudima da učestvuju u transakcijama sa drugim regionima carstva. Dalja otkrića su došla u obliku papirnih čekova što je dovelo do poboljšanja u ažuriranju i evidentiranju transakcija. Ali upotreba *DLT-a* bila je sputana zbog dileme koja je postala poznata kao problem vizantijskih generala (*Byzantine generals problem*) koja govori o više generala koji vode svoje armije i strateški su pozicionirani izvan neprijateljske teritorije. Generali moraju komunicirati sa glasnicima kako bi sklopili zajednički sporazum oko započinjanja napada. Da bi napad bio uspešan, potrebno je da svi generali napadnu u isto vreme. Međutim, šta bi se dešavalo ako su neki generali ili glasnici izdajnici? Dilemu su opisali Lamport, Sostak i Pis u svom radu iz 1982.

Interesovanje za tehnologiju distribuirane knjige značajno je poraslo u deceniji nakon lansiranja bitcoina, kriptovalute pokrenute tehnologijom blokčejna koja je prva pokazala da ta tehnologija ne samo da funkcioniše, već da može da se povećava i ostane sigurna. Misteriozni pronalazač Bitcoina, pod pseudonimom Satoši Nakamoto, opisao je blokčejn u knjizi za Bitcoin. U najranijim fazama, blokčejn je postavio osnovnu premisu o zajedničkoj javnoj knjizi koja podržava mrežu kriptovaluta. Satošijeva ideja je bila da blokčejn sadrži blokove transakcija koji iznose 1MB. Bitcoin je obezbedio ubedljiv protokol konsenzusa, nazvan dokaz rada (*Proof of Work*), za rešavanje problema vizantijskih generala. Dokaz rada predstavlja algoritam osmišljen tako da ukoliko učesnik u mreži (čvor) želi da verifikuje novi blok, mora da reši kompleksan matematički zadatak. Rešavanjem ovog zadatka troši se određena količina električne energije što ima za cilj da smanji verovatnoću da čvor koji verifikuje bude maliciozan time što se ne isplati trošiti toliko resursa za hakovanje blokčejna koje je samo po sebi veoma teško. Proces verifikacije blokova se takođe popularno naziva rudarenje (*Mining*), jer čvor koji

uspe da napravi novi blok biva nagrađen određenom količinom kriptovalute. U ovoj fazi kriptovalute su toliko bile u fokusu, da je bila praktično zanemarena činjenica da blokčejn tehnologija može da se koristi i za druge potrebe. Naravno, kako je vreme prolazilo, programeri su počeli da veruju da blokčejn može učiniti više od pukog dokumentovanja transakcija. Osnivači *Ethereuma* su imali ideju da bi imovina i ugovori o poverenju takođe mogli imati koristi od upravljanja blokčejnom. Na ovaj način, *Ethereum* predstavlja drugu generaciju blokčejn tehnologije. Glavna inovacija koju je *Ethereum* doneo bili su pametni ugovori (*Smart Contracts*). Obično se ugovorima u uobičajenom poslovnom svetu upravlja između dva odvojena entiteta. Međutim, pametni ugovori su oni koji u blokčejnu upravljaju samim sobom. Pokreće ih događaj poput prolaska datuma isteka ili postizanja određene ciljane cene. Kao odgovor, pametni ugovor upravlja sam, prilagođavajući se po potrebi, bez uticaja spoljnih subjekata [4].

Trenutno se svet i dalje nalazi u procesu odgonetavanja svih potencijala pametnih ugovora. Jedan od glavnih izazova sa kojima se blokčejn suočava jeste skaliranje. Dakle, dok su prve dve faze razvoja blokčejna bile izuzetne kada je reč o inovacijama, treća se suočava i sa rešavanjem postojećih problema. Problemi sa uskim grlom javljaju se jer previše ljudi pokušava da izvrši transakciju a premalo je prostora za to na blokčejnu. Blokčejn projekti treće generacije osmišljeni su tako da tehnologija automatski rešava probleme skaliranja ukoliko se pojave. Još jedno pitanje koje blokčejn projekti treće generacije rešavaju je interoperabilnost. Na isti način kao što ne možemo napuniti bateriju jednog mobilnog telefona koristeći punjač telefona drugog proizvođača, prve dve iteracije blokčejna (Bitcoin i Ethereum) ne mogu međusobno komunicirati. Iako ovo možda ne zvuči kao velika stvar, interoperabilnost je zapravo ključna za napredak industrije. Svet se oslanja na kolaboraciju i sisteme u kojima se informacije i podaci mogu razmenjivati na različitim platformama. Projekti poput *Cardano-a* i *Polkadot-a* uveli su funkcije interoperabilnosti u svoj blokčejn od početka, što znači da mogu normalno sarađivati i sa drugim blokčejnovima. Sa poboljšanjima iz generacije u generaciju, nije preterano optimistično verovati da će u nekoj bližjoj budućnosti doći do sveopšteg usvajanja blokčejn tehnologije.

3. ETHEREUM

Iz perspektive računarstva, *Ethereum* je deterministička, ali praktično neograničena mašina stanja, globalno dostupnog svima i virtuelne mašine koja primenjuje promene na to stanje. Iz praktičnije perspektive, *Ethereum* je globalno decentralizovana platforma otvorenog koda čija svrha nije samo da bude platna mreža u kojoj se koristi digitalna valuta *Ether*, već i mreža koja izvršava programe koji se zovu pametni ugovori. Kao i u bitcoin mreži, čvorovi koji verifikuju blokove (majneri) dobijaju nagradu. Svaka operacija koja je potrebna da bi se izvršila transakcija ili pametni ugovor zahteva plaćanje u vidu gasa. Gas predstavlja jedinicu u kojoj je izražena količina računarskog napora koji je potreban za izvršavanje nekeodređene operacije. Zato je bitno koliko se gasa troši pri izvršavanju pametnih ugovora, jer što su ugovori

složeniji cena je veća. Naknade za gas se plaćaju u matičnoj valuti *Ethereuma* – eteru [8].

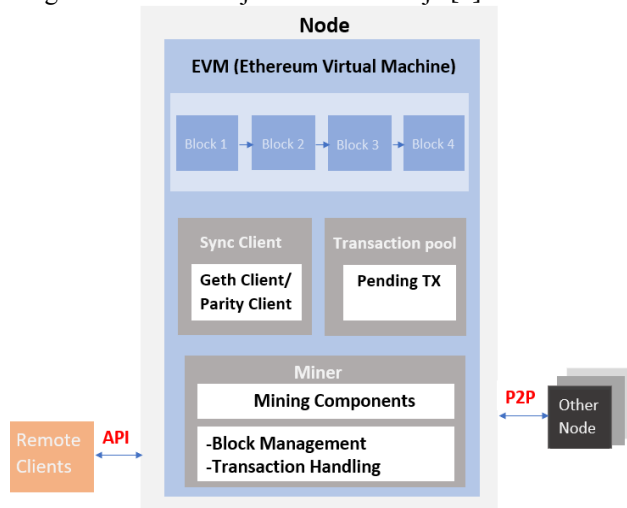
Ethereum klijent je softverska aplikacija koja implementira *Ethereum* specifikaciju i komunicira preko *Peer to Peer* mreže sa drugim *Ethereum* klijentima. Različiti klijenti međusobno komuniciraju ako su u skladu sa referentnom specifikacijom i standardizovanim komunikacionim protokolima. Iako su ovi različiti klijenti implementirani u različitim programskim jezicima, svi oni govore istim protokolom i slede ista pravila. *Ethereum* je definisan formalnom specifikacijom koja se naziva Žuta knjiga (*Yellow paper*).

Ethereumova žuta knjiga dokumentovana je na papiru i napisana je kao kombinacija Engleskog jezika i matematičke formalne specifikacije. Ona definiše standardno ponašanje *Ethereum* klijenta. Žuta knjiga se periodično ažurira ukoliko se zajednica usaglasila da su potrebne promene na *Ethereumu*. Kao rezultat jasnih formalnih specifikacija *Ethereuma*, postoji niz nezavisno razvijenih, ali ipak interoperabilnih, softverskih implementacija *Ethereum* klijenta. Od pomenutih različitih klijent implementacija u različitim programskim jezicima, dve najpoznatije su: *Geth* - napisan u *Go* (*Golang*) jeziku i *Parity* napisan u *Rust* jeziku [2].

Klijentski softver koji je pokrenut na *Ethereum* mreži naziva se čvor (*Node*). Postoje različiti tipovi čvorova koji različito konzumiraju podatke: *Light*, *Full* i *Archive*. *Full Node* (Potpun čvor): čuva ceo blokčejn, učestvuje u validaciji blokova, verifikuje sve blokove i stanja. Iz njega se mogu izvesti sva stanja. Na usluzi je mreži i pruža podatke na zahtev drugih klijenata. *Light Node* (Nepotpun čvor): čuva zaglavlje lanca i sve ostale podatke zahteva od drugih čvorova, validira podatke u odnosu na stanje u zaglavlju blokova. Koristan za uređaje niskog kapaciteta, kao što su mobilni telefoni koji ne mogu skladištiti gigabajte blokčejn podataka. *Archive Node* (Arhivski čvor): čuva sve što se čuva u punom čvoru i pravi arhivu istorijata svih stanja. Koristan je ukoliko je potrebno dobiti informaciju o stanju na računu na nekom određenom bloku. Takođe postoje posebni tipova klijenata, *Remote Client*-i (Udaljeni klijenti), koji nemaju mogućnost skladištenja blokčejna niti validiranja transakcija. Pristup blokčejnu im omogućuju *Full* klijenti kojima u potpunosti veruju ali na taj način gube garancije anonimnosti [3]. Ovakvi klijenti nude funkcionalnost digitalnog novčanika pomoću kojeg mogu da se iniciraju transakcije. Najpoznatiji digitalni novčanik koji koristi *Ethereum* platformu je *Metamask*.

Postoji nekoliko ključnih arhitekturnih komponenti *Ethereum* klijenta. *Ethereum* virtuelna mašina (*Ethereum Virtual Machine* - *EVM*) predstavlja deo *Ethereum*-a koji upravlja razvojem i izvršavanjem pametnih ugovora. Na apstraktnijem nivou, *EVM* koji radi na *Ethereum* blokčejnu može se zamisliti kao globalni decentralizovani računar koji sadrži milione izvršnih objekata od kojih svaki ima svoje stalno skladište podataka. Zadatak *EVM*-a jeste da ažurira stanje *Ethereum*-a računanjem izmena važećih stanja kao rezultat izvršavanja koda pametnih ugovora. Pametni ugovori predstavljaju programe koji se obično pišu u višim programskim jezicima kao što je *Solidity*, a koji se potom kompajliraju u bajtkodove koje *EVM* može da razume. Oni se izvršavaju kao niz opkodova (*opcodes*),

tj *EVM* mašinskih instrukcija. Transakcije se pomoću *Peer to Peer* (*P2P*) sloja propagiraju do ostalih komšijskih čvorova. *Miner* komponenta opisuje kreiranje i majnovanje (rudarenje) blokova. Poput bitkoina, kao algoritam za postizanje konsenzusa, *Ethereum* koristi dokaz o radu. Mesto gde se skupljaju sve transakcije pre nego što uđu u majning proces naziva se *Transaction pool*. To je globalni skup kojeg svi klijenti međusobno dele tako da bi svaki klijent trebao da poseduje identičan skup transakcija u datom momentu. Putem *API*-ja, čvorovi su u mogućnosti da komuniciraju sa *remote* klijentima kao što su digitalni novčanici koji su u mogućnosti da iniciraju nove transakcije [2].



Slika 1. Arhitektura Ethereum klijenta

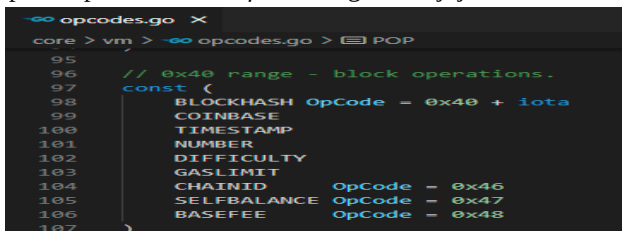
Hard Fork jeste radikalna promena protokola koja čini da čvorovi koji koriste najnovije verzije blokčejna više ne prihvataju starije verzije blokčejna. Dodavanje novog pravila u kodu stvara situaciju takvu da jedna putanja sledi novi, ažurirani blokčejn, a druga putanja nastavlja po starim pravilima. Čvorovi koji nisu ažurirani će vrlo brzo dobijati blokove koje neće moći da interpretiraju tako da će i oni morati da se ažuriraju ukoliko žele da nastave aktivno da učestvuju na mreži [5]. Radikalne promene ne mogu tek tako da se izvršavaju i postoji detaljna analiza pre samih njihovih implementacija. Sve počinje od predloga za poboljšanja u *Ethereum*-u. Analogno Bitkoinovim *BIP*-ovima, postoji *Ethereum Improvement Proposal* (*EIP*). *EIP* predstavlja posebno dizajniran dokument koji *Ethereum* zajednici opisuje novu funkcionalnost ili nešto što je potrebno izmeniti u postojećem sistemu.

4. KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE I ALATI

Go-Ethereum (*Geth*) predstavlja implementaciju koju aktivno razvija *Ethereum* fondacija, koja predstavlja "oficijelnu" implementaciju *Ethereum* klijenta. Obično svaki *Ethereum* blokčejn ima svoju *Geth* implementaciju. U praktičnom smislu *Geth* predstavlja interfejs komandne linije za pokretanje potpunog čvora implementiranog u *Go* jeziku. Instaliranjem i pokretanjem *Geth*-a može se započeti učestvovanje na *Ethereum* mreži i postoje sledeće mogućnosti: rudarenje (majnovanje) kriptovalute *Ether* validiranjem transakcija, prenošenje sredstava sa jedne adrese na drugu, kreiranje pametnih ugovora, istraživanje istorije blokova, kao i mnoge druge. Za skladištenje potpune kopije *Ethereum* blokčejna potrebno je imati najmanje 300 GB prostora na disku [6].

5. ARHITEKTURA PREDLOŽENOG REŠENJA

Svaka velika promena koja se usvoji na *Ethereum* protokolu obavezuje *Ethereum* klijente da ažuriraju svoje implementacije sa ciljem da nastave da rade na mreži. *London Hard Fork* predstavlja jednu od najvećih promena na mreži koja se dogodila nakon bloka 12 965 000 i sadrži skup od pet *EIP*-ova. Usvajanje ovih predloga značilo je da se u velikoj meri menja način procesuiranja transakcija. Ranije, svako ko je inicirao transakciju morao je rudarima priložiti *Gas fee* odnosno naknadu za gas. Međutim, dešavalo se da ove naknade mogu da narastu kada je velika gužva na mreži, tj kad veliki broj ljudi šalje transakcije u sličnom vremenskom periodu. U ovakvim situacijama desavalo se da majneri biraju transakcije koje su imale veći *Gas fee* što je dovodilo do toga da mnogi drugi korisnici dugo čekaju na overu transakcija. *EIP 1559* menja ovaj mehanizam tako što je uvedena osnovna naknada za svaku transakciju, *base fee*, koja biva "spaljena" umesto da ide rudarima. Cilj je zadržati mrežu na oko 50% korišćenja, što bi značilo da ako upotreba mreže počne da premašuje 50% kapaciteta, *base fee* se automatski povećava. Obrnuto, kako korišćenje mreže pada ispod 50%, *base fee* se blago smanjuje.



Slika 2. Dodavanje BASEFEE opcode-a

Predstavljeno rešenje pokazuje implementaciju promene u arhitekturi *Ethereum Geth* klijenta specificirane *EIP-om 3198*. *EIP 3198* predstavlja deo implementacije *London hard fork-a* i usko je povezan sa pomenutim *EIP-om 1559*. Specifikacija izmena za *EIP 3198* zahtevala je dodavanje novog opcode-a koji *Ethereum* virtuelnoj mašini daje mogućnost da pristupi base fee vrednosti bloka sa kojim u tom trenutku operiše.



Slika 3. Provera konfiguracije *Ethereum* blokčejna

Na slici br. 3 vidi se način prelaska na novu konfiguraciju izazvanom *Hard Fork-om*. Kao što je napomenuto, prelazak treba da se dogodi nakon određenog bloka. Promena mora biti spremna, ali dok se blok sa rednim brojem predviđenim za novu konfiguraciju ne pojavi, sistem nastavlja da radi po starom.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je evolucija blokčejn tehnologija od samog početka pa sve do danas. Prikazane su prednosti

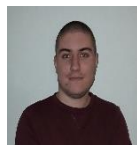
koje ovakvi sistemi imaju u odnosu na današnje koji su i dalje mahom centralizovani. Ekspanzijom interneta se proporcionalno povećao i broj malicioznih pokušaja krađa, kompromitacija podataka i slično. Tehnologija blokčejna osim što nudi rešenja za takve probleme, ne zahteva od korisnika lične informacije kako bi mogli da učestvuju u digitalnim transakcijama. Sam fokus bio je na *Ethereum* platformi kao i arhitekturi njenih klijenata. Predstavljena je najpopularnija implementacija *Ethereum* klijenta – *Go Ethereum(Geth)*.

Blokčejn tehnologija je i dalje u fazi razvoja i bori se sa problemima kao što je skalabilnost. Potrebno je pronaći odgovore na što veći broj korisnika koji će se priključivati blokčejn mrežama. Takođe, nastavlja se potraga i za idealnim konsenzus algoritmima. Interoperabilnost je još jedna komponenta koju treba imati u vidu jer je potrebno obezbediti komunikaciju između različitih mreža, a različiti modeli često prave dodatne probleme u komunikaciji. Budućnost samog *Ethereum* protokola je teško predvideti, ali ono što je sigurno jeste da je njegov doprinos blokčejn tehnologijama već sad enorman. *Ethereum* će nastaviti svoj razvoj paralelno sa ostalim blokčejn platformama koje će vremenom biti sve mnogobrojnije. Ono što je evidentno je da će primena ovih tehnologija rasti u godinama koje su pred nama.

7. LITERATURA

- [1] Tanenbaum, A.S. and Van Steen, M, Distributed systems: principles and paradigms. Third Edition, Februar 2022.
- [2] Andreas M. Antonopoulos, Gavin Wood, Mastering Ethereum, <https://github.com/ethereumbook/ethereumbook>, Februar 2022
- [3] Nodes and Clients, <https://ethereum.org/en/developers/docs/nodes-and-clients>, Februar 2022
- [4] Blockchain Generations, <https://www.investopedia.com/tech/blockchain-technologys-three-generations>, Februar 2022.
- [5] Hard Fork, <https://www.investopedia.com/terms/h/hard-fork.asp>, Februar 2022
- [6] Geth Implementation, <https://github.com/ethereum/go-ethereum>, Februar 2022
- [7] Distributed Ledger <https://searchcio.techtarget.com/definition/distributedledger>, Februar 2022.
- [8] Ethereum Gas <https://ethereum.org/en/developers/docs/gas/>, Februar 2022.
- [9] Centralized, Decentralized and Distributed systems <https://www.geeksforgeeks.org/comparison-centralized-decentralized-and-distributed-systems/>, Februar 2022

Kratka biografija:



Marko Jurić rođen je u Novom Sadu 1995. godine. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2014. godine. Osnovne akademske studije završio je 2018. godine.

NEZAMENJIVI TOKENI U DECENTRALIZOVANIM SISTEMIMA**NON-FUNGIBLE TOKENS IN DECENTRALIZED SYSTEMS**

Dragan Dulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je arhitektura sistema pomoću kojeg se kreiraju nezamenjivi tokeni, koji omogućavaju dokazivanje vlasništva nad digitalnim predmetima. Takođe su opisani osnovni koncepti centralizovanih i decentralizovanih sistema i raznih blokčejn tehnologija na kojima se nezamenjivi tokeni zasnivaju.

Ključne reči: *Nezamenjivi tokeni, Centralizovani i Decentralizovani sistemi, Blokčejn, Ethereum*

Abstract – In this work we describe an architecture of the system which is used to create non-fungible tokens, which enable proving the ownership of various digital objects. Also, we describe the basic concepts of centralized and decentralized systems and blockchain technologies on which non-fungible token are based.

Keywords: *Non-fungible tokens, Centralized and Decentralized system, Blockchain, Ethereum.*

1. UVOD

Trenutno stanje u oblasti finansijskih institucija jeste da su u većoj ili manjoj meri centralizovane. To znači da pojedine korake i procedure može da radi samo jedan autoritet ili institucija, što može da predstavlja veliki problem u vidu poverenja i performansi. Tehnologija blokčejn kreće od pretpostavke da svi učesnici u sistemu imaju pravo da dobiju sve informacije i da učestvuju u svakom koraku donošenja odluka. To se radi upotrebom raznih konsenzus algoritama. Baza podataka u blokčejn tehnologiji je jednostruko povezana lista blokova koji sadrže transakcije.

Zahvaljujući blokčejnu i kriptovalutama pojavio se sasvim novi trend, a to je NFT. NFT je oznaka za nezamenjive tokene, koji se koriste da jedinstveno označe digitalnu imovinu.

2. TEORIJSKE OSNOVE**2.1 Centralizovani i decentralizovani sistemi**

Ono što pravi najveću razliku između centralizovanih i decentralizovanih sistema je ustvari ko ima kontrolu nad tim sistemom. Centralizovanim sistemom upravlja samo jedan autoritet, koji ima potpunu kontrolu nad svim delovima sistema. Centralni autoritet upravlja svim podacima i dozvolama na sistemu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Goran Sladić.

Decentralizovani sistemi su organizovani na mnogo distribuirani način. Sistem mora da sadrži nekoliko nezavisnih mašina koje su povezane i pružaju neke resurse. Svaki čvor unutar sistema funkcioniše kao zasebno telo.

Centralizovani sistemi pružaju lakše upravljanje, što ih danas i dalje čini veoma zastupljenim. Efikasnost je jedna od glavnih prednosti centralizovanih sistema. Takođe, omogućavaju brzo implementiranje novih odluka, jer mali broj ljudi učestvuje u njihovom donošenju.

Kako je bezbednost korisnikovih podataka danas postala jedna od gorućih tema, to je upravo ono što čini najveći nedostatak centralizovanih sistema. Svi podaci su pod kontrolom jednog autoriteta, što čini ovaj sistem primamljivom metom za sajber napade, jer bi provaljivanje u ovakav sistem moglo da ugrozi sve podatke koji su pod kontrolom tog autoriteta [1].

Kako se procesorska snaga pojedinačnih uređaja raspoređenih po mreži znatno povećala, decentralizovani sistemi su postali sve privlačniji. Jedna od glavnih prednosti zašto se decentralizovani sistemi koriste je pouzdanost. Pošto svaki čvor unutar sistema funkcioniše kao nezavisan sistem koji doprinosi skupu računarskih resursa, ne postoji jedinstvena tačka otkaza ili ranjivosti. Da bi napadač uspeo da sruši sistem morao bi da provali u više nezavisnih sistema, pri čemu svaki sistem ima svoj bezbednosni mehanizam.

Složenost i dinamična priroda decentralizovanih sistema čini ih teškim za izgradnju i upravljanje. Zbog postojanja više mašina u sistemu, potrebno je i više vremena da se svaka mašina ažurira i prilagodi novim funkcionalnostima i bezbednosnim zahtevima. Podaci ponekad moraju da putuju komplikovanim rutama sa jedne mašine na drugu, što može izazvati kašnjenja [1, 5].

2.2 Distribuirani sistemi

Blokčejn je implementacija distribuirane knjige koja može biti centralizovana ili decentralizovana. Blokčejn je prvobitno bio zamišljen, a obično se tako i koristi, kao decentralizovana platforma. Razumevanje distribuiranih sistema je od suštinskog značaja za razumevanje blokčejna, jer je u osnovi blokčejn distribuirani sistem.

Kod distribuiranih sistema mora postojati više čvorova koji međusobno koordinisano rade kako bi se postigao željeni ishod, a modelovan je tako da krajnji korisnici to vide kao jednu platformu. Čvor se može definisati kao pojedinačni igrač u distribuiranom sistemu. Svi čvorovi mogu da šalju i primaju poruke jedni od drugih. Čvorovi mogu biti poštteni, neispravni ili zlonamerni i imaju svoju memoriju i procesor [2].

Projektovanje distribuiranih sistema je veoma izazovno jer je veoma teško postići da sistem istovremeno ima konzistentnost, dostupnost i toleranciju particije. Konzistentnost je svojstvo koje osigurava da svi čvorovi u distribuiranom sistemu imaju jednu poslednju kopiju podataka.

Dostupnost znači da je sistem u funkciji, dostupan za upotrebu i da prihvata dolazne zahteve i odgovara sa podacima bez greške kada su zatraženi. Tolerancija particije osigurava da ako grupa čvorova otkáže, distribuiran sistem nastavlja da radi ispravno. U blokčejnu konzistentnost se žrtvuje u korist dostupnosti i tolerancije particije, tako što se konzistentnost ne postiže istovremeno sa tolerancijom particije i dostupnošću, ali se postiže naknadno tokom vremena. Ovo se naziva eventualna konzistentnost, jer se postiže kao rezultat validacije sa više čvorova tokom vremena. U tu svrhu je prvenstveno uveden koncept rudarstva, koji olakšava postizanje konsenzusa, korišćenjem konsenzus algoritma koji se zove dokaz o radu [5].

2.3 Blokčejn

Blokčejn je ravnopravan (eng. Peer-to-peer), distribuirana knjiga koja je kriptografski osigurana i u kojoj se upisani podaci ne mogu izmeniti, a novi zapisi se dodaju kroz konsenzus. Peer-to-peer označava da nema centralnog autoriteta u mreži i da svi učesnici (čvorovi) direktno razgovaraju jedni sa drugima. Ovo svojstvo omogućava da se transakcije obavljaju direktno bez učešća trećih strana. Svojstvo distribuirane knjige u blokčejnu znači da se knjiga nalazi kod svih čvorova na mreži i svaki čvor sadrži kopiju kompletne knjige. Ova knjiga je kriptografskim algoritmima osigurana od neovlašćenog menjanja i zloupotrebe. Ažuriranje blokčejna kroz konsenzus mu daje moć decentralizacije, što znaci da nema centralni organ koji ima kontrolu nad ažuriranjem knjige. Prema tome svako ažuriranje na blokčejnu se potvrđuje prema strogim pravilima definisanim u protokolu blokčejna i podaci se dodaju tek nakon što se postigne konsenzus među svim čvorovima na mreži [3].

Osnovni elementi svakog blokčejna su adresa, transakcija i blok. Adresa je jedinstveni identifikator koji se koristi u blokčejn transakciji za označavanje pošiljaoca i primaoca. Transakcija je osnovna jedinica u blokčejnu i predstavlja prenešenu vrednost sa jedne adrese na drugu. Blok je sastavljen od više transakcija i drugih elemenata kao što su pokazivač na prethodni blok, vremensku oznaku, nonce broj i Merkle root. Merkle root je heš svih transakcija u bloku i nalazi se u zaglavlju bloka.

Čvorovi u blokčejnu mogu da obavljaju različite funkcije u zavisnosti od role koja im je dodeljena. Čvor može da bude rudar (eng. miner) koji pravi nove blokove i kuje nove koine ili da validira i digitalno potpisuje transakcije. Kritična odluka koju svaki blokčejn mora da donese je koji čvor će dodati sledeći blok u blokčejn. Ova odluka se donosi pomoću konsenzus algoritama. Najpoznatiji konsenzus algoritam je dokaz o radu (eng. Proof-of-Work). Ovaj konsenzus mehanizam se oslanja na dokaz da su utrošeni odgovarajući računarski resursi pre nego što se mreži predloži vrednost za prihvatanje. Drugi najpoznatiji konsenzus mehanizam je dokaz o ulogu (eng. Proof-of-Stake) [10].

2.4 Ethereum

U Ethereum postoji 'jedan' računar, koji se zove Ethereum virtuelna mašina, a oko čijeg stanja se svi na mreži slažu. Svaki čvor na Ethereum mreži čuva stanje ovog računara i svaki učesnik može da uputi zahtev ka mreži da bi ovaj računar izvršio proizvoljno računanje. Svaki zahtev ka mreži se naziva transakcioni zahtev. Kad god se takav zahtev emituje, drugi učesnici na mreži verifikuju, potvrđuju i izvršavaju računanje. Svako izračunavanje izaziva promenu stanja u Ethereum virtuelnoj mašini, koje se zapisuje i širi po mreži. Zapis o svim transakcijama, kao i trenutno stanje Ethereum virtuelne mašine, čuva se u blokčejnu, koje skladište i dogovaraju svi čvorovi na mreži [4].

Ethereum ima svoju kriptovalutu koja se zove Ether. Svrha ove valute je da pruži ekonomski podsticaj čvorovima koji verifikuju transakcione zahteve i pružaju računarske resurse mreži. Svaki učesnik koji emituje transakcioni zahtev mora ponuditi određenu količinu Ether-a, kao nagradu koja će se dodeliti onome ko na kraju obavi posao verifikacije transakcije, izračunavanja i dodavanja u blokčejn. Količina Ether-a zavisi od dužine izračunavanja, kako bi se sprečilo zagušenje mreže, izvršavanjem beskonačne petlje.

Ethereum virtuelna mašina (EVM) jedna je od ključnih delova u radu Ethereum blokčejna. Funkcija EVM je da dozvoli izvršavanje programa ili pametnih ugovora kako bi se na Ethereum blokčejnu obezbedio skup dodatnih funkcija koje korisnici mogu da koriste. Da bi se olakšalo programiranje za ovu virtuelnu mašinu, potreban je specijalizovan jezik visokog nivoa koji se zove Solidity. Kroz ovaj programski jezik omogućeno je pisanje pametnih ugovora. Solidity se prevodi u bajt kod koji izvršava EVM kako bi izvršila operacije koje su navedene u pametnom ugovoru. EVM možemo posmatrati kao jedan veliki virtuelni procesor koji čita bajt kod, a pokreće se u programu koji se zove Geth. Geth je implementacija Ethereum protokola. Nodovi na Ethereum mreži pokreću Geth na raznim operativnim sistemima. Kada programer napiše pametan ugovor, taj ugovor se kompajlira u bajt kod koji se šalje na mrežu kako bi se našao kod svih nodova. Tako da kad dođe transakcija koja izvršava taj pametni ugovor, svi nodovi će ga izvršiti i time promeniti stanje na blokčejnu [6].

Decentralizovane aplikacije u Ethereum-u se izvršavaju na više računara, što obezbeđuje da će se sigurno izvršiti. Ethereum je Turing complete, što znači da može da izvršava petlje. Kriptovalute pre Ethereum-a su izbegavale petlje, kako bi se izbeglo zagušenje mreže, a Ethereum ovaj problem rešava plaćanjem naknade (Gas) za svaku izvršenu funkcionalnost.

U Ethereumu postoje dve vrste računa: račun u eksternom vlasništvu (EOA) i ugovorni račun. EOA kontrolišu korisnici, često putem softvera kao što je aplikacija novčanik koja je izvan Ethereum platforme. Nasuprot tome ugovorne račune kontrolišu programski kod (pametni ugovori) koje izvršava EVM.

2.5 Pametni ugovori

Funkcionalnost pametnog ugovora implementirana je na ograničen način u Bitcoin-u 2009. godine. Bitcoin

podržava ograničen skriptni jezik koji se zove Script, koji omogućava prenos bitcoina između korisnika. Međutim on nije Turing jezik i ne podržava proizvoljan razvoj programa. Osnovna ideja pametnih ugovora je da se automatski izvršavaju, prema instrukcijama koje su kodirane, kada je određen uslov zadovoljen. Poželjno je da se pametni ugovori ne oslanjaju na bilo koje tradicionalne metode sprovođenja. Umesto toga trebali bi da rade na principu *kod je zakon*, što znači da nema potrebe da neka treća strana kontroliše i utiče na izvršavanje pametnog ugovora. Pametni ugovori mogu da šalju i primaju transakcije, a jednom kada se okače na blokčejn ne mogu da se menjaju.

Jedna od važnijih osobina pametnih ugovor je da moraju da budu deterministički. Ovo svojstvo omogućava da pametni ugovor može da pokrene bilo koji čvor na mreži i postigne isti rezultat kao i svi drugi čvorovi. Ako se rezultat čak i malo razlikuje između čvorova, onda se ne može postići konsenzus. Ovo svojstvo još govori da za isti ulaz uvek mora biti isti izlaz, što znači da sistem ne sme da manifestuje različito ponašanje za isti ulaz u različitim izvođenjima [5].

Ograničenje pametnih ugovora je da oni ne mogu da pristupe eksternim podacima zato što je blokčejn zatvoren sistem. Neki pametni ugovori za njihovo izvršavanje zahtevaju ulazne podatke koje čovek treba da obezbedi. Da bi ugovor bio zaista pametan, morao bi biti potpuno automatizovan. Kako bi se izbegao ljudski faktor, u svrhu dobavljanja ulaznih podataka koristi se Oracles [7].

Kako bi pametni ugovori koristili blokčejn tehnologiju, postoje standardi koji definišu pravila koje pametni ugovori moraju da zadovoljavaju. Blokčejn koji podržava pametne ugovore, mora da sadrži standarde za kreiranje tokena da bi ljudima rekli kako da kreiraju sopstvene tokene koristeći njihov blokčejn.

Pošto je Ethereum trenutno najkorišćeniji blokčejn za izgradnju pametnih ugovora razvio je različite vrste standarda za podršku pametnih ugovora. Najpoznatiji standardi za pametne ugovore na Ethereum su ERC-20 za zamenjive tokene, ERC-721 za nezamenjive tokene i ERC-1155 koji se koristi i za zamenjive i za nezamenjive tokene.

3. NEZAMENJIVI TOKENI

NFT su tokeni koje možemo koristiti za predstavljanje vlasništva nad jedinstvenim stvarima. Omogućili su nam da tokenizujemo stvari poput umetnosti, kolekcionarstva, čak i nekretnina. Oni mogu imati samo jednog zvaničnog vlasnika u jednom momentu. Obično se nalaze na Ethereum blokčejnu. Niko ne može da izmeni zapis o vlasništvu, niti da kopira novi NFT [8].

Nezamenjivi tokeni se koriste da označe da je nešto jedinstveno i da se ne može zameniti sa nečim drugim. Nezamenjiv je izraz koji se koristi za opisivanje stvari poput datoteke pesme, računara, nameštaja i drugih nezamenjivih stvari. Ove stvari se ne mogu zameniti za druge predmete jer imaju jedinstvena svojstva. Sa druge strane zamenjivi predmeti se mogu zameniti jer ih definiše njihova vrednost umesto njihovih jedinstvena svojstva. Ethereum ili dolar su zamenjivi jer se jedan Ethereum može zameniti sa drugim Ethereum-om [4].

Kreatori NFT-a mogu odlučiti da svaki NFT učine potpuno jedinstvenim, ili može da ima razlog da napravi nekoliko hiljada replika. Neki NFT-ovi će automatski isplatiti autorske naknade svojim tvorcima kada se prodaju. Ovaj proces je potpuno automatizovan, što znači da svaki put kada se NFT proda nekoj novoj osobi, kreator dobija procenat te prodaje.

4. OPIS APLIKACIJE ZA KREIRANJE NEZAMENJIVIH TOKENA

U ovom poglavlju biće opisana aplikacija za kreiranje nezamenjivih tokena kao i korišćene tehnologije za implementaciju iste. Prvi deo aplikacije je fokusiran na kreiranje i objavljivanje pametnog ugovora, a drugi deo aplikacije koristi taj pametni ugovor za kreiranje novih nezamenjivih tokena. Ova aplikacija je testirana na Ethereum testnoj mreži Ropsten. Ropsten testna mreža omogućava blokčejn programerima da testiraju softver u okruženju koje ima podešavanje kao i glavna mreža, ali bez potrebe za stvarnim Ether-om.

Prvi korak prilikom kreiranja Ethereum aplikacija je da se napravi nalog (adresa) na Ethereum mreži koji omogućava slanje i primanje transakcija. Za ovu aplikaciju korišćen je MetaMask virtuelni novčanik u internet pretraživaču, koji upravlja Ethereum nalogom (adresom). Kada se pokrene transakcija, MetaMask potpisuje transakciju privatnim ključem koji se nalazi u pretraživaču i uz pomoć eksternog čvora koji koristi MetaMask transakcija se šalje na Ethereum mrežu [4].

Učestvovanje u Ethereum mreži se ostvaruje preko čvorova. Da bi ova aplikacija bila učesnik i mogla da objavi pametni ugovor potreban je čvor na koji će se konektovati. Ova aplikacija koristi eksterni Alchemy čvor. Alchemy je platforma za blokčejn programere koja omogućava komunikaciju sa Ethereum mrežom bez pokretanja lokalnog čvora.

Kao razvojno okruženje za testiranje, pokretanje i kompajliranje pametnih ugovora pre nego što budu objavljeni na Ethereum mrežu korišćen je Hardhat. Hardhat omogućava da se na jednostavan način integrišu dodatni alati i funkcionalnosti u aplikaciju, kao što je integrisan Ethers dodatak. Ethers dodatak pruža veoma jednostavne metode za objavljivanje pametnih ugovora.

Pametni ugovori se pišu pomoću Solidity programskog jezika, koji je korišćen i za pisanje MyNFT.sol pametnog ugovora. Kako bi NFT token bio potpuno validan, pametni ugovor mora da implementira sve metode ERC-721 standarda, a da bi nasledio sve metode ERC-721 standarda korišćen je ERC721.sol pametni ugovori iz Openzeppelin biblioteka. Svakom kreiranom tokenu pomoću MyNFT.sol pametnog ugovora mora se dodeliti jedinstveni identifikator, a koji se određuje na osnovu ukupnog broja kreiranih tokena. Prvi token koji se kreira pomoću ovog pametnog ugovora imaće identifikator 1, drugi kreirani imaće identifikator 2 i tako dalje. Identifikacija novih tokena podržana je Counters.sol pametnim ugovorom iz Openzeppelin biblioteke. Kako bi se postavila kontrola pristupa pametnom ugovoru, da nove tokene može da kreira samo vlasnik pametnog ugovora, korišćen je Ownable.sol pametni ugovor iz Openzeppelin biblioteke [9].

```

pragma solidity ^0.8.0;
import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/ERC721.sol";
import "@openzeppelin/contracts/utils/Counters.sol";
import "@openzeppelin/contracts/access/Ownable.sol";
import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/extensions/ERC721URIStorage.sol";

contract MyNFT is ERC721URIStorage, Ownable {
    using Counters for Counters.Counter;
    Counters.Counter private _tokenIds;

    constructor() public ERC721("MyNFT", "NFT") {}

    function mintNFT(address recipient, string memory tokenURI)
        public onlyOwner
        returns (uint256)
    {
        _tokenIds.increment();

        uint256 newItemId = _tokenIds.current();
        _mint(recipient, newItemId);
        _setTokenURI(newItemId, tokenURI);

        return newItemId;
    }
}

```

Slika1. Pametni ugovor za kreiranje tokena

Kao što je prikazano na slici 1, pametni ugovor je poprilično jednostavan zahvaljujući uključenim Openzeppelin bibliotekama, tako da je potrebno implementirati konstruktor, brojač i jednu funkciju [4].

Kroz konstruktor pametnog ugovora prosleđuju se dva parametra, gde prvi parametar predstavlja naziv pametnog ugovora, a drugi je njegova oznaka.

Funkcija MintNFT koja omogućava kreiranje tokena prima dva parametra. Prvi parametar predstavlja adresu na koju će kreirani token biti poslat, a drugi predstavlja URI do JSON fajla koji opisuje metapodatke nezamenjivog tokena.

Metapodaci nezamenjivih tokena su ono što čini njihovu srž, omogućavajući im da imaju podesiva svojstva kao što su ime, opis, slika i drugi atributi. Kako je smeštanje velike količine podataka na blokčejn veoma skupo, metapodaci nezamenjivih tokena se čuvaju negde eksterno, a na blokčejnu se čuva samo link do tih metapodataka. Iako se na blokčejnu čuva samo link do metapodataka, može se desiti da link nekad ne bude dostupan. Takođe neko ko ima pristup metapodacima može da ih izmeni, stoga treba da se koristi skladište podataka koje je decentralizovano i nepromenljivo. Aplikacija u ovom radu koristi decentralizovani Pinata IPFS (InterPlanetary File System) sistem za skladištenje i pristup podacima. Kada se kreira digitalna imovina ona se dodaje na IPFS mrežu i pri tome se generiše jedinstveni identifikator sadržaja. Ako neko ima kopiju digitalne imovine i napravi male izmene, jedinstveni identifikator će se promeniti i svako može da vidi da je to kopija koja onda nema neku vrednost.

Kako bi se kreirali novi nezamenjivi tokeni pomoću objavljenog pametnog ugovora koristi se njegov ABI (Application Binary Interface). Pomoću ABI-ja možemo da vidimo nazive metoda, parametre i strukturu podataka pametnog ugovora.

5. ZAKLJUČAK

U uvodnom delu rada opisana je razlika između centralizovanih i decentralizovanih sistema. Videli smo da je jedna od ključnih razlika između ova dva sistema u tome ko

ima kontrolu nad samim sistemom. Centralizovanim sistemom upravlja samo jedan autoritet, koji ima potpunu kontrolu nad svim delovima sistema, dok kod decentralizovanih sistema odluke se donose pomoću konsenzus algoritama što ga čini bezbednijim i pouzdanijim.

Neke od najvećih prednosti blokčejna su to što je kriptografski osiguran i da se upisani podaci ne mogu izmeniti, kao i to što se novi podaci upisuju kroz konsenzus. Zahvaljujući njegovim mnogobrojnim prednostima predviđa se da će se u budućnosti osim u finansijskoj industriji koristiti i u drugim sferama poslovanja kao i svakodnevnom životu. Prva kriptovaluta koja je zasnovana na blokčejnu je Bitcoin, a njegovana inicijalna namena je da obezbedi razmenu novca bez učešća treće strane. Pošto Bitcoin nije Turing complete jezik za pisanje pametnih ugovora, nastao je Ethereum koji to omogućava. Nastankom Turing complete pametnih ugovora, primena blokčejna se značajno proširila i omogućila kreiranje nezamenjivih tokena.

Nezamenjivi tokeni velikom brzinom preuzimaju svet digitalne umetnosti i kolekcionarstva. Pružaju mogućnost kreatorima digitalnog sadržaja da zadrže vlasnička prava nad svojim radom i direktno zahtevaju naknadu za dalju prodaju. Svaki nezamenjivi token ima svog vlasnika što je lako proverljivo. U budućnosti bi mogli da vidimo eru u kojoj umetnici sarađuju direktno sa muzičkim trgovcima i prodaju svoje nezamenjive tokene kao što su to radili sa sopstvenim CD-ovima.

6. LITERATURA

- [1] Centralized vs decentralized, <https://www.vxchnge.com/blog/centralized-decentralized-network>
- [2] Distributed Systems, Third edition, Maarten van Steen, Andrew S. Tanenbaum
- [3] Satoshi Nakamoto, A peer-to-peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [4] Ethereum organization, <https://ethereum.org/en/>
- [5] Imran Bashir, "Mastering Blockchain", 2020.
- [6] Mastering Ethereum, Andreas M. Antonopoulos, Gavin Wood,
- [7] Blockchain Oracles Explained, <https://www.gemini.com/cryptopedia/crypto-oracle-blockchain-overview#section-decentralized-oracles>
- [8] Non-fungible tokens (NFT), Ethereum organization, <https://ethereum.org/en/nft/#what-are-nfts>
- [9] Crypto.com, Token standards, <https://crypto.com/university/article?category=crypto101&page=token-standards>
- [10] Consensus Algorithms in Blockchain, <https://www.geeksforgeeks.org/consensus-algorithms-in-blockchain/>

Kratka biografija:



Dragan Dulić rođen je u Novom Sadu 1995. god. Osnovne akademske studije završio 2018. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad iz oblasti Računarstvo i automatika – Elektronsko poslovanje odbranio je 2021.god.

POZAJMLJIVANJE U KRIPTO VALUTAMA CRYPTOCURRENCY LENDING

Aleksandra Grujić, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je arhitektura sistema za pozajmljivanje u kripto valutama i način na koji funkcioniše pomoću pametnih ugovora. Pored toga opisani su centralizovani i decentralizovani sistemi i njihove prednosti i mane, kao i osnovni koncepti distribuiranih sistema i blokčejn tehnologije sa fokusom na Ethereum-u.

Ključne reči: distribuirani sistemi, blokčejn, pametni ugovori, pozajmljivanje u kripto valutama

Abstract – In this work we described crypto lending and the way in which it works via smart contracts. Besides that, we describe centralized and decentralized systems and its advantages and disadvantages, as well as the fundamentals of distributed systems and blockchain technology with focus on Ethereum.

Keywords: distributed systems, blockchain, smart contract, crypto lending

1. UVOD

Tema ovo rada jeste kripto pozajmljivanje koje je danas sve popularnije među ljudima, a koje omogućava da ljudi pozajmljuju novac tj. uzimaju ukoliko im je potreban, ali i da oni svoj novac pozajmljuju tj. daju i na taj način zarade. Kripto pozajmljivanje je moguće primenjivati u centralizovanim i decentralizovanim sistemima tako da će u nastavku biti objašnjena razlika između njih i koje su prednosti i mane. Nakon toga će biti opisani distribuirani sistemi, blokčejn tehnologija, Ethereum i njegov blokčejn, kao i šta su i čemu služe pametni ugovori. Nakon teorijskih osnova biće opisano pozajmljivanje u kriptovalutama, ko su učesnici i koraci samog procesa. Osim teorijskog dela o kripto pozajmljivanju, opisana je i aplikacija koja predstavlja način na koji ono funkcioniše.

2. BLOKČEJN

2.1. Centralizovani i decentralizovani sistemi

Iako svi sistemi mogu da funkcionišu efikasno, neki su stabilniji, a neki sigurniji. Neki sistemi su jako mali i povezuju nekoliko uređaja i mali broj korisnika, dok su neki ogromni i obuhvataju države i kontinente. U svakom slučaju, svi oni se suočavaju sa istim problemima kao što su tolerancija na greške, troškovi održavanja, skalabilnost i vreme potrebno za razvoj. Kada govorimo o centralizovanim i decentralizovanim sistemima govorimo o tome ko ima kontrolu nad celim sistemom.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Sladić, red. prof.

Centralizovani sistemi su sistemi kod kojih postoji jedan centralni organ koji odlučuje o svemu i koji ima kontrolu nad svim podacima i funkcionalnostima u sistemu. Taj centralni organ može biti pojedinac ili grupa ljudi. Centralni organ čuva podatke kojima korisnici mogu pristupiti, ali čuva i podatke o korisnicima kao što su ime, prezime, datum rođenja itd. On ima prava da te podatke menja i briše bez bilo kakve dozvole.

Prednost ovih sistema je jednostavnost u donošenju odluka jer konačnu odluku uvek donosi jedna osoba. Oni su laki za održavanje i praktični su u slučaju kada je potrebno kontrolisati podatke centralno.

Međutim, centralizovani sistemi imaju veliko ograničenje, a to je da ukoliko centralni organ prestane sa radom, ceo sistem više neće moći da funkcioniše i korisnici neće moći da pristupaju podacima. Pored toga, mana centralizovanih sistema je i ta da postoji zabrinutost korisnika za sigurnost i bezbednost podataka jer samo jedan vlasnik ima kontrolu nad svim podacima. To je razlog što centralizovani sistemi nisu više prvi izbor većini organizacija [1, 2].

Decentralizovani sistemi nemaju jedan centralni organ tj. centralni autoritet koji ima kontrolu nad svim i donosi konačnu odluku, kao što je to slučaj kod centralizovanih sistema. Oni imaju više centralnih organa i svaki od njih čuva kopiju podataka kojima korisnici pristupaju.

Oni mogu biti podložni otkazima kao i centralizovani, ali su ipak više tolerantni na kvarove u sistemu. To je zbog toga što ukoliko jedan ili više centralnih organa padne, drugi će nastaviti da rade i omogućavati korisnicima pristup podacima. To je jedna od glavnih prednosti ovih sistema jer će podaci biti dostupni čak i ako samo jedan centralni organ nastavi sa radom.

Mana ovih sistema je bezbednost i privatnost podataka kao i kod centralizovanih sistema, a druga mana je to što je održavanje decentralizovanih sistema obično skuplje [1, 2].

2.2. Distribuirani sistemi

Distribuiran sistem je kolekcija nezavisnih računarskih elemenata koji svojim korisnicima izgleda kao jedinstven koherentni sistem. Ova definicija se odnosi na dve karakteristike distribuiranih sistema. Jedna se odnosi na to da je distribuiran sistem kolekcija računarski komponenti gde se svaka od njih ponaša nezavisno jedna od druge. Računarski element, koji ćemo zvati čvorom (engl. node - čvor), može biti ili hardverski uređaj ili softverski proces. Druga karakteristika je da korisnici, a to su ljudi ili aplikacije, veruju da rade sa jedinstvenom sistemom. To znači da autonomni čvorovi moraju međusobno da

sarađuju. Ukoliko čvorovi ignorišu jedni druge onda nema svrhe da se stavljaju u isti distribuirani sistem. Za postizanje zajedničkog cilja, potrebno je da međusobno interaguju razmenom poruka. Čvor prima poruku, obrađuje je i prosleđuje dalje [3, 4].

Nezavisnost čvorova jedni od drugih dovodi do toga da će svaki od njih imati svoj lokalni sat. To je razlog zbog kog ne postoji globalni sat (engl. global clock- globalni sat). Ovaj problem nepostojanja zajedničkog vremena dovodi do problema koji se tiču sinhronizacije između čvorova. Komunikacija se zasniva samo na slanju poruka putem mreže.

Sledeća bitna karakteristika distribuiranih sistema je konkurentnost. U ovom sistemu dozvoljeno je da više klijenata istovremeno pristupi istom resursu što znači da komponente sistema rade istovremeno.

Ono što je jako bitno za normalan rad sistema je da postoji nezavisan otkaz komponenti, to znači da otkaz pojedinačnih komponenti neće uticati na rad celog sistema.

Skalabilnost je sposobnost rasta sistema sa povećanjem obima posla i to je bitna karakteristika distribuiranih sistema. Ona se postiže dodavanjem dodatnih procesorskih jedinica ili čvorova u mrežu po potrebi [4].

2.3. Blokčejn tehnologija

Distribuirana baza podataka je vrsta baze podataka kod koje se podaci čuvaju u više čvorova. Distribuirana glavna knjiga ili tehnologija distribuirane glavne knjige je vrsta distribuirane baze podataka.

Blokčejn je distribuirana glavna knjiga (engl. distributed ledger- distribuirana glavna knjiga) koja se sastoji od svih transakcija koje su napravljene u blokčejnu. Transakcije su grupisane u blokove koji zajedno čine lanac blokova. U opštem slučaju, svaki učesnik će kod sebe imati identičnu kopiju lanca sa svim transakcijama [4].

Glavne karakteristike blokčejna su da je distribuiran, nepromenljiv i dogovaranje sa konsenzusom. Jedna od glavnih karakteristika blokčejna je da je on distribuirana glavna knjiga, što znači da je to baza podataka čiju kopiju imaju svi čvorovi kod sebe. Nema centralnog autoriteta koji ima i menja glavnu knjigu. Da bi se dodao novi blok u lanac potrebno je da se proverí da li je validan, a to se postiže pomoću konsenzus mehanizma. Jednom kada je novi blok odobren, svaki čvor ažurira svoju glavnu knjigu. Nasuprot tome, tradicionalne baze podataka su skladištene i održavaju se centralno, što ih može učiniti lakom metom za hakere i kriminalce.

Druga karakteristika je nepromenljivost. U suštini, jednom kada je transakcija dodata u blokčejn glavnu knjigu, ona ne može biti uklonjena. Nepromenljivost blokčejna osigurana je upotrebom kriptografije. Svaka transakcija sadrži neke informacije koje se heširaju pomoću kriptografskog heš algoritma. Za iste informacije će se uvek dobijati isti heš. Ukoliko se bilo koji podatak u bloku promeni, njegov heš će se promeniti i to će dovesti do promene sadržaja svih blokova koji idu posle njega jer svaki blok sadrži heš od prethodnog. Čvorovi će приметiti da su se podaci u celom lancu promenili i odbaciće tu verziju glavne knjige. Na ovaj način se obezbeđuje nepromenljivost blokčejn glavne knjige i čini je sigurnom.

Treća važna karakteristika blokčejna jeste dogovaranje sa konsenzusom. Nijedan blok ne može biti dodat u glavnu knjigu bez da to odobre čvorovi u mreži. To se postiže pomoću konsenzus mehanizma. Konsenzusi su ključni kada hoće da se osigura da je svaki blok u lancu validan i da se svi učesnici slažu da može da se doda u glavnu knjigu. Na taj način konsenzus algoritmi postižu pouzdanost blokčejn mreže i čine da čvorovi veruju mreži iako možda ne veruju jedan drugom [5, 6].

Blokčejn koristi konsenzus mehanizme od kojih su najpoznatiji Proof of work i Proof of stake ... Čvorovi koji dodaju nove blokove u lanac se zovu engl. Miners. Oni se takmiče sa drugim minerima za dodavanje novog bloka u glavnu knjigu. Ako uspeju, dobijaju nagradu u vidu kriptovalute.

Proof-of-Work (PoW) je algoritam u kom miner treba da pronađe odgovarajući Nonce broj da bi dodao blok u lanac. To se postiže isprobavanjem različitih vrednosti Nonce broja da se dobije željeni rezultat. Zbog toga je bitno imati jak hardver, jer se više pokušaja može napraviti za kraće vreme i time se povećava šansa za dodavanje validnog bloka u lanac.

Najpopularniji alternativni algoritam za rudarenje je Proof-of-Stake (PoS). Kod ovog algoritma, rudari dobijaju nagradu koja nije srazmerna snazi njihovog hardvera već količini kriptovalute koju već poseduju.

2.4. Ethereum

Ethereum blokčejn je decentralizovana, distribuirana javna glavna knjiga u kojoj se sve transakcije verifikuju pa zatim upisuju. Distribuirana jer svi koji učestvuju u Ethereum mreži imaju kod sebe identičnu kopiju ove knjige i imaju mogućnost da vide sve transakcije koje u zapisane u njoj. Decentralizovana zbog toga što ne postoji centralni autoritet koji upravlja mrežom već njome upravljaju i menjaju je svi koji imaju kod sebe distribuiranu knjigu.

Ethereum platforma ima svoju kriptovalutu koja se zove Ether (ETH) ili Ethereum, i ima svoj programski jezik koji se zove Solidity. Ether je pre svega bio namenjen za korišćenje unutar Ethereum mreže, ali sada je prihvaćen kao oblik plaćanja od strane nekih trgovaca za određene usluge.

Ethereum želi da bude platforma za sve vrste aplikacija koje mogu da sigurno čuvaju informacije. On omogućava programerima da naprave i objavljuju smart contract-e, kao i da kreiraju igrice i aplikacije koje se zovu dApps. One se mogu koristiti bez rizika od pada sistema ili prevara. Korisnici plaćaju fees (engl. fee – naknada) za korišćenje dApps na Ethereum platformi. Ove naknade se nazivaju „gas“ jer variraju u zavisnosti od količine upotrebljene računarske snage [7].

Ethereum je trenutno proof-of-work (PoW) blokčejn ali je u planu da pređe na proof-of-stake (PoS) radi skalabilnosti i pristupa koji je ekološki prihvatljiviji.

2.5. Smart contract

Smart contract (engl. smart contract – pametan ugovor) je program koji se pokreće na Ethereum mreži, odnosno kolekcija koda (njegove funkcije) i podataka (njegovo stanje), i nalazi se na određenoj adresi na Ethereum blokčejnu. To se zove ugovor jer taj kod koji se pokreće

na Ethereumu može kontrolisati vredne stvari poput ETH-a ili druge digitalne imovine [8].

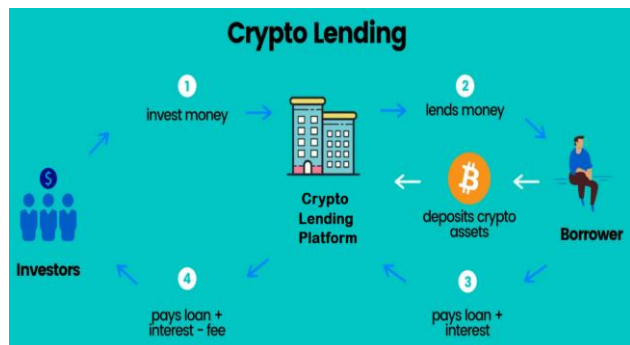
Jednom kada se smart contract nađe na Ethereum mreži, njegova definicija ne može da se menja. Ukoliko neko želi da izmeni postojeći smart contract koji je već na mreži, mora da doda novu verziju na novu adresu. Iz tog razloga, mora se obratiti pažnja na kvalitet koda i na testiranje da se ne bi unele neke greške koje nikad neće moći da se isprave.

Solidity je proceduralni programski jezik sa sintaksom koja je slična Java Script, C++ i Java programskim jezicima. To je najpopularniji i najčešće korišćen jezik za pisanje Ethereum pametnih ugovora.

Ethereum virtualna mašina (EVM) se nalazi na svakom čvoru na mreži i radi kao lokalna instanca, ali pošto sve instance EVM-a rade na istom početnom stanju i proizvode isto konačno stanje, sistem u celini funkcioniše kao jedan „svetski računar“. Na EVM-u se pokreće specijalna forma koda koja je zove EVM bajtkod. Iako je pametne ugovore moguće pisati direktno u bajtkodu, EVM bajtkod je programerima prilično težak za razumevanje. Umesto toga, većina programera koristi jezike visokog nivoa za pisanje programa i kompajler za pretvaranje u bajt kod [9].

3. POZAJMLJIVANJE U KRIPTOVALUTAMA

Tradicionalni finansijski servisi, kao što je dobijanje kredita, bilo je jedino dostupno preko zvaničnih finansijskih institucija i banaka. To se promenilo uvođenjem blokčejn tehnologije. Dobijanje kredita sa kriptovalutama je često manje komplikovan proces nego dobijanje tradicionalnih bankovnih kredita. Pored dobijanja kredita odnosno zaduživanja, zahvaljujući blokčejnu uvedeno je i pozajmljivanje kriptovaluta i mogućnost zarade na taj način [10].



Slika 1. Proces pozajmljivanja u kriptovalutama

3.1. Zaduživanje u kriptovalutama

Zaduživanje u kriptovalutama podrazumeva dizanje kredita koje je slično tradicionalnom dizanju kredita gde se koristi imovina, u ovom slučaju kriptovalute kao zalog za kredit [11].

Neke od karakteristika kripto kredita su:

1. Kamatne stope su relativno niske
2. Ograničeno je koliko može da se pozajmi - većina platformi dozvoljava da se pozajmi 50% od vrednosti nečije kriptovalute. Sredstva kredita mogu da se dobiju u obliku američkih dolara ili druge izabrane digitalne valute

3. Nema provere kreditne sposobnosti – što znači da je dizanje kredita pristupačnije ljudima koji imaju promenljiva primanja pa ne ispunjavaju bankovne uslove za kredit
4. Dobijanje kredita traje svega par sati – dok dobijanje bankovnih kredita može potrajati i po nekoliko dana, kripto krediti se dobijaju gotovo odmah

3.2. Pozajmljivanje u kriptovalutama

Sa druge strane, pozajmljivanje u kriptovalutama omogućava onima koji imaju kriptovalute da zarade kamatu na svojoj imovini kada je pozajmljuju nekome. Funkcioniše tako što onaj ko pozajmljuje plaća kamatu u zamenu za korišćenje nečije imovine, odnosno kriptovaluta. Najbolje kamatne stope su obično rezervisane za stablecoin-e, digitalna imovina koja ne menja puno vrednost, kao što su FIAT valute poput američkog dolara ili za zlato [12].

4. IMPLEMENTACIJA APLIKACIJE ZA KRIPTO POZAJMLJIVANJE

Aplikacija koja će se opisivati je aplikacija koja se koristi za crypto lending. Ona predstavlja proces na koji funkcioniše pozajmljivanje, odnosno dizanje kredita bazirano na kriptovalutama. U daljem tekstu će biti reči o alatima i tehnologijama koje su se koristile za njenu realizaciju, kao i opis samih funkcionalnosti.

Učesnici u samom procesu su *lender* (engl. lender –zajmodavac) koji pozajmljuje novac nekome i *borrower* (engl. borrower – zajmoprimac) koji taj novac uzima odnosno diže kredit. Oni imaju svoje naloge na MetaMask-u, gde svako od njih ima svoju adresu i imovinu u obliku kriptovalute. MetaMask je ekstenzija za pretraživač koja omogućava i olakšava komunikaciju sa Ethereum blokčejnom. Drugim rečima, MetaMask je novčanik koji je stvoren za rad Ethereum blokčejnom i osmišljen je kako bi korisnicima omogućio da u potpunosti kontrolišu svoje podatke i imovinu, kao i da se transakcije izvršavaju brzo i lako.

Uslovi kredita kao i funkcije koje omogućavaju prenos sredstava sa jedne adrese na drugu se nalaze u *smart contract*-u. *Smart contract* je pisan u jeziku Solidity u Remix-u i ima .sol ekstenziju. Remix je *online* razvojno okruženje koje se koristi za olakšano kreiranje i deployovanje tj. objavljivanje *smart contract*-a na mrežu.

Pre svega potrebno je napraviti ERC20 token. ERC20 je standard koji se koristi za *smart contract*-e na Ethereum blokčejnu za implementaciju tokena i obezbeđuje listu pravila koje svi Ethereum tokeni moraju da zadovoljavaju.

Proces započinje *lender* koji deo svoje imovine u ERC20 tokenima šalje na *smart contract*. Pre toga je potrebno dozvoliti *smart contract*-u da može da skine sredstva sa računa *lendera*, kao i koji iznos može da skine. Nakon toga *borrower* uzima ta sredstva sa *smart contract*-a i na taj način diže kredit, ali da bi to uradio mora da određeni deo svoje ETH imovine priloži kao *collateral* (engl. collateral – zalog) koji je veći od iznosa koji uzima za kredit. Na kraju, *borrower* vraća kredit tako što vraća iznos koji je podigao, ali i kamatu. *Lender* na ovaj način može da zaradi kamatu koju *borrower* mora da plati jer je digao kredit. Ukoliko *borrower* ne ispoštuje dogovor i ne otplati kredit do datuma do kog je dogovoreno, *lender*

ima pravo da uzme ceo iznos koji je *borrower* priložio kao zalog. Na taj način je *lender* osiguran i ne postoji mogućnost da ne dobije nazad novac koji je pozajmio.

```
function fundLoan() public{
    DAI(daiAddress).transferFrom(
        msg.sender,
        address(this),
        terms.loanDaiAmount
    );
}

function takeALoanAndAcceptLoanTerms() public payable{
    require(msg.value == terms.ethCollateralAmount,
        "Invalid collateral amount");

    borrower = payable (msg.sender);
    DAI(daiAddress).transfer(
        borrower,
        terms.loanDaiAmount);
}

function repay() public{
    require(msg.sender == borrower,
        "Only the borrower can repay the loan");

    DAI(daiAddress).transferFrom(
        borrower,
        lender,
        terms.loanDaiAmount + terms.feeDaiAmount);

    selfdestruct(borrower);
}
```

Slika 2. Smart contract

Za testiranje aplikacije je korišćena testna mreža na Ethereum platformi koja se zove Ropsten Test Network. To je mreža koja je kopija prave Ethereum mreže koja omogućava svakome da proba mrežu bez potrebe za pravim ETH novčićima. Da bi se dobili novčići na mreži korišćen je Ropsten Ethereum Faucet. Prilikom slanja zahteva za dobijanje novčića potrebno je uneti adresu naloga na koju će stići novčići. Po jednom zahtevu može se dobiti pet novčića, a za narednih pet se mora čekati da prođe dvadeset četiri sata. Dakle, to su testni novčići koji nemaju pravu vrednost i koriste se samo u svrhu testiranja pametnih ugovora, kao i za transakcije jer se svaka izvršena transakcija na mreži naplaćuje.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je blokčejn tehnologija, način na koji funkcioniše kao i njene glavne karakteristike. S obzirom na to da se bazira na nepromenljivosti informacija, čini je pogodnom i za mnoge druge sfere pored finansijske.

Fokus ovog rada je na krypto pozajmljivanju, što predstavlja samo jednu od mnogih funkcionalnost koje se mogu izvršavati na blokčejnu. Krypto pozajmljivanje postaje sve popularnije s obzirom na to da je postupak dobijanja kredita mnogo jednostavniji u odnosu na tradicionalno dizanje kredita. Pored toga, za razliku od tradicionalnih kredita, ljudi neće biti podložni proceni njihove kreditne sposobnosti što znači da je pristupačniji ljudima koji nemaju stalna primanja ili koji nisu zaposleni.

Postupak krypto pozajmljivanja implementiran je u aplikaciji uz pomoć pametnih ugovora. U pametnom ugovoru definisani su uslovi ugovora između onog ko daje pozajmicu i ko je prima. Zahvaljujući tome oni ne moraju da veruju jedan drugome ali pametni ugovor neće dozvoliti da se navedeni uslovi prekrše.

6. LITERATURA

- [1] Centralized vs Decentralized vs Distributed systems <https://berty.tech/blog/decentralized-distributed-centralized>
- [2] Difference between Centralized, Decentralized and Distributed systems <https://www.scaleyourapp.com/difference-between-centralized-decentralized-distributed-systems-explained/>
- [3] Distributed Systems, Third edition, Maarten van Steen, Andrew S. Tanenbaum
- [4] Paralelni i distribuirani algoritmi i strukture podataka Dr Dušan Gajić, FTN izdavaštvo, 2019, <http://www.acs.uns.ac.rs/sr/filebrowser/download/5150364>
- [5] 6 key Blockchain features <https://101blockchains.com/introduction-to-blockchain-features/>
- [6] OECD Blockchain Primer <https://www.oecd.org/finance/OECD-Blockchain-Primer.pdf>
- [7] What is Ethereum and how does it work ? <https://www.forbes.com/advisor/investing/what-is-ethereum-ether/>
- [8] Introduction to smart contracts <https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/>
- [9] Mastering Ethereum Andreas M. Antonopoulos, Gavin Wood <https://github.com/ethereumbook/ethereumbook/blob/develop/07smart-contracts-solidity.asciidoc>
- [10] Crypto Lending: What is it ? <https://crowdfunding-platforms.com/crypto-lending>
- [11] What is crypto lending and how does it work ? <https://www.bankrate.com/loans/personal-loans/cryptocurrency-lending/>
- [12] What is crypto lending ? <https://loans.usnews.com/articles/what-is-crypto-lending>

Kratka biografija:



Aleksandra Grujić rođena je u Novom Sadu 1995. god. Osnovne akademske studije završila je 2018. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Elektronsko poslovanje odbranila je 2021. godine.

**АНАЛИЗА АЛАТА ЗА КРЕИРАЊЕ ГРАФИЧКЕ КОНКРЕТНЕ СИНТАКСЕ
НАМЕНСКИХ ЈЕЗИКА****ANALYSIS OF TOOLS FOR CREATION OF DOMAIN SPECIFIC LANGUAGES
GRAPHIC CONCRETE SYNTAX**

Јован Јовкић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ПРИМЕЊЕНЕ РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ И
ИНФОРМАТИКА**

Кратак садржај – У овом раду описан је графички наменски језик за моделовање рецепата за припрему јела. Описано је окружење које је коришћено за израду апстрактне синтаксе, а након тога приказана је апстрактна синтакса овог језика, као и детаљан опис сваког од концепата. Графичка конкретна синтакса је моделована уз помоћ три различита алата. Сваки алат је детаљно описан, односно описане су све технологије које су коришћене у изради мастер рада. Након тога приказана је примена сваког појединачног алата на изради конкретне синтаксе језика за приказивање рецепата. Овај део представља и круцијалну тачку самог рада. На крају су укратко сумирана искуства употребе сва три алата. За развој метамодела коришћено је окружење Eclipse Modeling Framework. За развој конкретне синтаксе коришћени су следећи алати: Sirius, Eugenia и VisualStudio.

Кључне речи: моделовање рецепата за припрему јела, наменски језици, развој софтвера заснован на моделима

Abstract – The paper describes a graphical domain-specific language for modeling recipes for food preparation. The environment used to create the abstract syntax is described, followed by the abstract syntax of this language, as well as detailed description of each of the concepts. Graphical concrete syntax is modeled using three different tools. Each tool is described in detail, all the technologies used in the preparation of the master thesis are described. After that, the application of each individual tool on the creation of a specific syntax of the language for displaying recipes is shown. This part is also a crucial point of the work itself. Finally, the experiences of using all three tools are briefly summarized. Eclipse Modeling Framework was used for the creation of the meta-model. Sirius, Eugenia and VisualStudio were used to develop the concrete language syntax

Keywords: Recipes for food preparation, Domain-Specific Languages, Model-Driven Software Development

1. УВОД

Софтвер постаје све присутнији у људским животима, самим тим се захтеви које софтвер треба да испуни значајно увећавају. Развој софтвера представља сложен процес који постаје све ефикаснији сваки пут када се ниво апстракције повећа.

Такав корак у развоју софтвера представља и појава наменских језика који су засновани на моделима. Развој софтвера није самостална активност, често је потребна комуникација са особама који нису из света рачунарства, а самим тим је потребно одређено посредовање у опису техничких аспеката развоја.

Наменски језици омогућују како програмерима, тако и доменским експертима, који немају искуства са програмским језицима, да креирају моделе које ће се касније одређеним трансформацијама претворити у готове апликације, извештаје или нешто треће. Посебно су корисни графички наменски језици, јер не захтевају писање кода, већ је довољно креирати графички модел у едитору, који може бити генерисан. Модел се креира уз помоћ графичких представа концепата, које би требало да буду интуитивне и да доменске експерте подсети на концепте реалног система, које они веома добро познају.

Рецепт представља кратак текст који се састоји од корака које је потребно испратити не би ли се направило жељено јело. Може се састојати од дела где су побројани сви потребни састојци и од корака за припрему.

Доменски језик омогућава професионалним куварима да на једноставан начин представе начин припреме одређеног јела тако што ће користити одређене графичке симболе и на тај начин извршити опис припреме. Осим куvara, језик могу користити и аматери, који могу своје идеје да представе уз помоћ графичких представа и на тај начин уоче однос између одређених састојака, који су неопходни за припрему јела.

Циљеви употребе оваког доменског језика јесу повећање ефикасности, односно на једноставнији начин записивања рецепата, на тај начин ће визуелно бити приказани сви састојци и везе између њих. Поред овога, доменски језик ће омогућити више врста валидације, као што је провера да ли кухињски прибор може да се користи за састојке одређеног типа.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милан Челиковић.

2. ПРЕГЛЕД ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА У ОБЛАСТИ

Модел је апстракција система или неког његовог дела. Модел може пружити једноставан поглед на систем, а такође може бити и много детаљнији. Уобичајено је коришћење *Unified Modeling Language (UML)* модела, то су модели који се данас најчешће користе.

Језик за спецификацију модела система се назива метамодел, односно модел представља инстанцу метамодела у одређеном домену. Метамодел у основи представља дефиницију језика за моделирање, јер омогућава да се преко њега представи велики број модела.

Domain Specific Language (DSL), наменски језик, јесте програмски језик са вишим нивоом апстракције оптимизован за одређену класу проблема. Овакви језици се развијају у континуираној сарадњи са стручњацима из дате области за коју се развија језик. У многим случајевима овакве језике не користе програмери, већ особе које добро познају домен за који је језик креиран. Поред тога, предност оваквих језика јесте што су они блиски како програмерима, који се баве креирањем таквим језика, тако и корисницима, односно доменским стручњацима.

Језик за моделовање садржи три обавезна дела:

- Апстрактна синтакса – описује структуру језика и начин на који се различити примарни елементи могу међусобно комбиновати.
- Конкретна синтакса – представља реализацију апстрактне синтаксе, односно представља графичке симболе или текстуалне ознаке који означавају концепте апстрактне синтаксе. Текстуална и графичка конкретна синтакса су два најпознатија типа конкретне синтаксе.
- Семантика – описује значење елемената који су дефинисани у језику [1].

3. АПСТРАКТНА СИНТАКСА

Апстрактна синтакса представља први корак који је неопходан у оквиру развоја модела, односно у процесу моделовања. Састоји се од дефинисања концепата и њихових атрибута тако што се дефинише метамодел, који представља основу за развој текстуалне или графичке конкретне синтаксе.

Метамодел се састоји од класа, атрибута, асоцијација. Концепти се представљају уз помоћ класа, сам назив класе представља назив концепта. Атрибути класе представљају особине концепта, док асоцијације представљају везе између концепата.

Eclipse Modeling Framework (EMF) јесте оквир за моделирање и генерисање кода за израду алата и других апликација које су засноване на моделима.

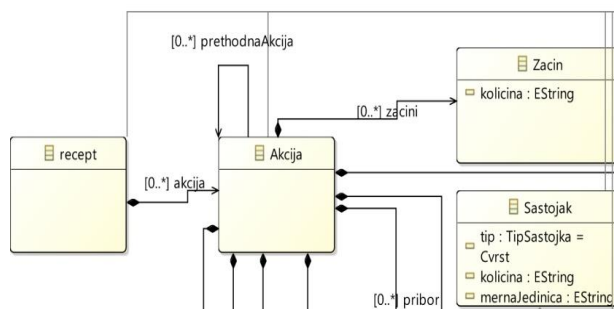
EMF [2] је састоји од три основна дела:

- EMF – основни EMF оквир, укључује метамодел *Ecore* за описивање модела и подршку која укључује обавештавање о променама, подршку са XMI серијализацијом, као и АПИ за манипулисање EMF објектима
- EMF.Edit – оквир који укључује генеричке класе за израду едитора за моделе. Обезбеђује класе које омогућују да се EMF модели

прикажу коришћењем стандардних прегледача. Укључује и скуп класа за изградњу едитора која подржавају поништавање и враћање акција (*undo* и *redo*)

- EMF.Codegen – способан је да генерише све оно што је неопходно да би се развио комплетни едитор за EMF модел. То укључује и графички кориснички интерфејс из којег се могу навести опције генерисања и могу се позвати генератори.

На слици 1. приказан је графички приказ дела апстрактне синтаксе која је развијена уз помоћ оквира EMF за потребе графичког језика за представљање рецепата. Потпуни приказ метамодела није био могућ због ограничења простора.



Слика 1: Део апстрактне синтаксе језика за приказивање рецепата

У наставку су побројани концепти који се користе у оквиру наменског језика за приказивање рецепата:

- Именовани елемент – у себи обједињује заједничке особине именованих елемената.
- Рецепт – коренски концепт
- Акција – концепт који представља појединачан поступак код којег се одређени састојци трансформишу у други облик
- Састојак – концепт који се односи на одређену намирницу која је потребна за спремање датог јела. Може бити улазни и излазни састојак.
- Прибор – концепт који се односи на алатке које су неопходне, да би се успешно завршила акција
- Посуда – концепт који се односи на посуде у којима се припрема јело
- Уређај – концепт који се односи на електричне уређаје у којима се припрема јело
- Савет – порука која ће особи која касније буде користила дати рецепт помоћи у изради јела
- Тајмер – концепт који се односи на време које је потребно да се одређена акција изврши.

4. ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА КОНКРЕТНУ СИНТАКСУ

Након дефинисања концепата и креирања апстрактне синтаксе потребно је дефинисати конкретну синтаксу која ће крајњем кориснику омогућити креирање модела наменског језика.

Графичка синтакса може бити текстуална и графичка. Текстуална конкретна синтакса је кориснија у случају када ће језик користити програмери, јер су то људи којима је близак текстуални код и моћи ће врло лако

да се навикну на нову синтаксу. Док је графичка синтакса много ближа људима који немају искуства са програмским језицима. Графичка конкретна синтакса је лакша за учење, ово пре свега зависи од искуства особе која ће користити наменски језик. Међутим, у случају визуалних језика, корисник може одмах да крене да их користи тако што ће постављати елементе на канвас и повезивати их, док се у случају текстуалних језика добије празан фајл, тако да је много теже урадити било шта без учења елемената језика [6]. Пошто овакве језике често користе доменски експерти, онда је и графичка синтакса чест избор у таквим ситуацијама.

Конкретна графичка синтакса мора имати следеће елементе:

- Графички симболи – линије, слике, облике и лабеле за текстуалне податке
- Правила како се симболи постављају на дијаграм и како се комбинују
- Мапирање графичких симбола са елементима апстрактне синтаксе, на тај начин се одређује који концепт је визуализован тим симболом

4.1. Sirius

Sirius [3] је *Eclipse* пројекат који омогућава веома једноставно креирање едитора за графичко моделирање користећи се *Eclipse* технологијама. *Sirius*, који је изграђен на врху *GMF-a*, користи се за креирање, визуализацију и уређивање модела помоћу интерактивних едитора. *Sirius* подржава дефиницију софистицираних графичких едитора, који пружају многе функције, као што су филтери, слојеви, сложени стилови итд. Дијаграми подржавају неколико врста графичких конструкција: једноставне чворове, контејнере (који могу садржати и друге чворове и контејнере), листе, чворове који су закачени за ивице других чворова. Свака врста елемената подржава богат скуп могућих стилова, могуће је одабрати разне облике и боје. Структура графичких елемената приказаних на дијаграму не мора одговарати физичкој структури, односно апстрактној синтакси коју представља.

4.2. Eugenia

Eugenia [4] је алат који поједностављује развој *GMF* модела тако што аутоматски генерише *.gmfgraph*, *.gmftool* и *.gmfmap* модел који су неопходни *GMF* едитору. Ови модели се генеришу на основу једног анотираног *Ecore* модела. *Eugenia* подржава следеће анотације: *gmf*, *gmf.diagram*, *gmf.node*, *gmf.link*, *gmf.compartment*, *gmf.affixed* и *gmf.label*.

4.3. Visual Studio

За наменског језика може се користити решење *Visual Studio* [5] које се развија из темплејта, односно шаблона. Кључни део решења јесте дијаграм за дефинисање домен специфичног језика, који се налази у *DslDefinition.dsl*. На овом дијаграму је могуће дефинисати класе и облике језика. Односно, апстрактна и конкретна синтакса се развијају на истом дијаграму, класе представљају апстрактну синтаксу, а облици представљају графичку синтаксу, односно како ће изгледати графички репрезенти појединих класа. Такође, могуће је додати програмски код, на тај

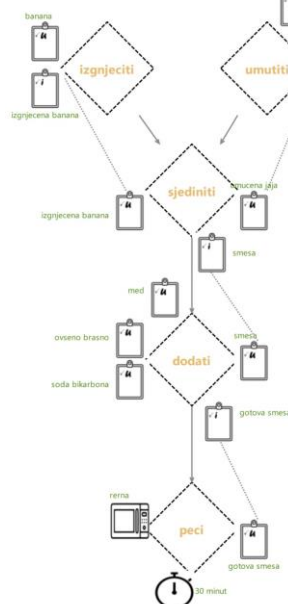
начин је могуће додати много више детаља у развијани језик.

5. КОНКРЕТНА СИНТАКСА ЈЕЗИКА ЗА ПРИКАЗИВАЊЕ РЕЦЕПАТА

Сваки од алата је искоришћен за израду графичке конкретне синтаксе за потребе језика за приказивање рецепата.

5.1. Sirius

У оквиру *Viewpoint-a*, налази се један слој, који је подразумеван, сви елементи језика налазе се у истом слоју. Елементи које се налазе директно на дијаграму јесу графичке представе акција, порука и свих веза. Остали елементи се налазе у оквиру других елемената. Велики број елемената се налази у оквиру чвора акција, сви ти елементи представљају ивичне чворове, јер ће се на дијаграму налазити залепљени на ивице матичног чвора, односно елемента који представља акцију. Нови чвор се креира тако што се на одабраном слоју одабере опција додати нови чвор. Након тога је потребно унети обавезне особине, без којих чвор не може бити исцртан, осим обавезних који су означени са звездицом, постоји и велики број опционих особина, које дају неке додатне информације о начину на који ће чвор бити представљен на дијаграму, али без њих сваки чвор може бити исцртан. Веза се креира одабиром *Related Based Edge* опције у оквиру подразумеваног чвора. Након тога је потребно унети неопходне особине које су потребне не би ли се исцртала једна веза. На слици 2. приказан је пример дијаграма који је креиран уз помоћ едитора који је генерисан уз помоћ *Sirius* алата.



Слика 2: Пример дијаграма који је креиран уз помоћ едитора који је генерисан у *Sirius* алату

5.2. Eugenia

На апстрактну синтаксу која је добијена на основу *Ecore* модела, додате су анотације, на основу којих је одређена конкретна синтакса и могуће је креирати моделе овог језика. У наставку приказан је део кода, приказана је анотирана класа Акција.

```

@gmf.node(figure="polygon", polygon.x="0 75 150 75",
polygon.y="75 0 75 150",border.width="5", label="naziv",
label.placement="internal")
class Akcija extends ElementNaziv
{
    @gmf.affixed(foo="bar")
    val Zacin[*] zacini;
    @gmf.affixed(foo="bar")
    val UlazniSastojak[*] ulaznisastojak;
    @gmf.affixed(foo="bar")
    val IzlazniSastojak[*] izlaznisastojak;
    @gmf.affixed(foo="bar")
    val Pribor[*] pribor;
    @gmf.affixed(foo="bar")
    val Posuda[*] posude;
    @gmf.affixed(foo="bar")
    val Uredjaj[*] uredjaji;
    @gmf.affixed(foo="bar")
    val Tajmer[?] tajmer;
    val PrethodnaAkcija[*] prethodnaAkcija;
    val SavetPovezivanje[*] savetPovezivanje;
}

```

Листинг 1: Део кода, анотирана класа Акција

5.3. Visual Studio

Развој језика специфичног за домен у окружењу *Visual Studio* захтева у исто време изградњу како апстрактне, тако и конкретне синтаксе. Апстрактна и конкретна синтакса се развијају на истом дијаграму. Након креирања пројекта добију се почетне класе које је потребно обрисати или преименовати.

5.4. Резиме сва три алата

Sirius је *Eclipse* пројекат који на основу претходно креиране апстрактне синтаксе омогућава дефинисање конкретне графичке синтаксе. Алат не захтева писање кода, већина основних функционалности се може креирати попуњавањем различитих особина у појединим картицама. Добре стране алата јесу што је велики спектар функционалности покривен у оквиру алатки које су у понуди самог алата. Мана овог алата јесте што је потребно на више места радити са истим концептом, на једном месту се креира графичка представа самог елемента, односно одређује се његова слика или геометријска презентација, на другом месту је потребно одредити како ће се концепт преставити у кутији са алаткама и које активности повлачи смештање самог елемента на канвас.

Eugenia омогућава да се *Ecore* метамодел који је дефинисан у *EMF*-у анотира уз помоћ одређених напомена и да се на основу тих напомена генерише едитор у којем је омогућено креирање дијаграма уз помоћ новокреиране графичке синтаксе. Овај приступ веома брзо доводи до решења и веома је добар за почетнике, јер не захтева превише напора за креирање почетне графичке синтаксе. Међутим, проблем је што уз помоћ анотација није могуће дефинисати све оно што је омогућено у претходном алату.

Visual Studio је другачији алат, самим тим што представља и другачије окружење. На истом дијаграму се развијају и апстрактна и конкретна синтакса. Рад на изради језика у овом алату је био мало комплекснији у односу на претходна два. Ивични елементи не могу бити приказани у виду слике, без проширивања додатним функционалностима писањем кода, што је представљало проблем.

6. ЗАКЉУЧАК

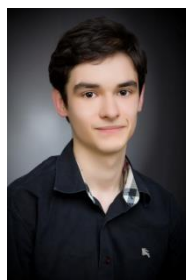
Сва три алата која су коришћена у овом раду су показали своје предности, али и мане. *Eugenia* је алат који је веома једноставно користити, јер се састоји од писања анотација на готову апстрактну синтаксу. Због тога је овај алат веома користан за почетнике, јер веома брзо доводи до решења. *Visual Studio* је алат који захтева у исто време креирање апстрактне и конкретне синтаксе, што може бити веома корисно. Свакако, алат који се показао као најбољи јесте *Sirius*, који пружа много могућности, већина операција се изводи кроз дијалоге, али у случају проширења је свакако могуће писање јава кода.

Као проширење рада могуће је испробати још неке од алата за дефинисање конкретне синтаксе, који ће се можда показати као једноставнији и бољи за рад. Примери таквих алата су: *MetaEdit+*, *Graphiti*, *Atom3*, *Poseidon*. За сваки од ових алата је потребно одредити које су им предности и мане, неке од особина које је потребно испитати јесу: комплексност рада у алату, време које је потребно да се добија како иницијална, тако и финална верзија једног наменског језика, поред тога цена алата такође може одлучити да ли ће се тај алат користити даље у раду.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Brambilla, M., Cabot, J., & Wimmer, M. (2017). Model-driven software engineering in practice
- [2] Eclipse Modeling Framework(EMF). Доступно на: <https://www.eclipse.org/modeling/emf/>. Посећено: 11.02.2022.
- [3] Sirius. Доступно на: <https://www.eclipse.org/sirius/>. Посећено: 11.02.2022.
- [4] Eugenia. Доступно на: <https://www.eclipse.org/epsilon/doc/eugenia/>. Посећено: 11.02.2022.
- [5] Visual Studio. Доступно на: <https://visualstudio.microsoft.com/>. Посећено: 11.02.2022.
- [6] Milosavljević, G., Dejanović, I., Tumbas Živanov, M., Perišić B. (2010). Comparison of Textual and Visual Notation of DOMMLite Domain-Specific Language

Кратка биографија:



Јован Јовкић рођен је 1997. године у Новом Саду. Завршио је гимназију у Оџацима. Факултет техничких наука, смер Примењено софтверско инжењерство, уписао је 2016. године. Дипломирао је 2020. год. и исте године уписао мастер студије на Факултету техничких наука, смер Рачунарство и аутоматика.

АНАЛИЗА ПЕРФОРМАНСИ УПИТА У РЕЛАЦИОНИМ БАЗАМА ПОДАТАКА У ЗАВИСНОСТИ ОД УПОТРЕБЕ ИНДЕКСА**QUERY PERFORMANCE ANALYSIS IN RELATIONAL DATABASES DEPENDING ON THE USE OF THE INDEX**

Никола Арсенијевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – Креирана је једноставна релациона база података и мерено је време потребно да се изврше различити типови упита над базом података, користећи различите индексе. База података се састоји из 20 табела исте шеме релације али са променљивим бројем насумично генерисаних торки. Над сваком од њих су креирани индекси типа Б-стабло и бинарни индекс. Са свим релацијама и свим типовима индекса вршило се 7 одабраних, фреквентних упита и мерено је просечно време одзива. На крају су сва добијена мерења приказана графички у трослојној веб апликацији.

Кључне речи: релациона база података, брзина одзива, Б-стабло, бинарни индекс, веб апликација

Abstract – A simple relational database was created and time needed for different queries to complete was measured, while using different indexes. The database consisted of 20 tables with the same underlying scheme but with different numbers of randomly generated rows. Subsequently, B-tree and binary indexes on each of them were created. Seven frequently used queries were executed on each table and each type of index and the average execution time was measured. The results of measurements were presented in a 3-layered web application and commented.

Keywords: relational database, query execution time, B-tree, binary index, web application

1. УВОД

Савремене базе података, тј. складишта података, постале су незаобилазни део свакодневице у готово свим областима људског деловања. Користе се у науци, индустрији, банкарству, администрацији, видео играма и др. Развојем рачунарства расте и број и величина база података које су у употреби. Савремен хардвер нуди све већи и већи капацитет за складиштење података, али више меморијског капацитета није увек решење. У зависности од случаја употребе, већа база података са више података може бити веома корисна, али може изазвати и нове потешкоће, попут хардверске подршке и брзине рада са базом података [2]. Тема овог рада јесте примена

индекса код релационих база података како би се убрзало извршавање упита.

2. ТЕОРИЈСКА ОСНОВА РАДА

У овом одељку дат је кратак преглед теорије на којој је рад заснован.

2.1 Релационе базе података

Релационе базе података први пут је описао Тед Код 1970. године. Основно начело рада са релационим базама података јесте концепт релација, тј. табеле, описане својим обележјима, тј. колонама, са редовима попуњеним торкама, тј. подацима. Релацију описује скуп обележја и прикључених ограничења.

Из перспективе корисника базе података, сви подаци из релационе базе података се у меморији чувају у виду табела. Корисник може да креира табеле, може да их мења, брише и попуњава подацима, и једина брига коју при раду мора да има јесте начин на који су подаци логички организовани. О физичкој организацији података корисник не мора да размишља; она се може препустити систему за управљање базом података - СУБП. СУБП може да извршава комплексне процесе ради складиштења података, оптимизације итд, али корисник не мора да их буде свестан [1].

2.2 Организација рачунарске меморије

Меморијски уређаји имају коначан меморијски капацитет, који је подељен на меморијске локације. Ове локације су обично недељиве, све су најчешће једнаког капацитета на истом уређају, који их третира као уређену секвенцу меморијских локација. Уколико је неки податак, тј. меморијски објекат, превише велик да би се цео могао сместити у једну меморијску локацију, биће смештен у више локација, које могу али не морају бити узастопне локације у секвенци.

Торке релације могу се посматрати као независни меморијски објекти. Они се смештају у меморију рачунара ради њиховог чувања или даље обраде. Због начина на који је већина ових уређаја имплементирана, у општем случају не постоји гаранција да ће једне релације бити смештене у исту, или чак више узастопних, меморијских локација. СУБП треба да на неки начин води евиденцију о томе како су на меморијском уређају распоређени подаци из свих торки свих релација који припадају бази података. То се, опет, реализује помоћу специјализованих дескриптора СУБП.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Милан Челиковић, доцент.

Када је у питању рад са базама података, један од главних узрока успорења рада базе података може бити спора комуникација између радне и трајне меморије. Приликом упита, подразумевани начин рада јесте да се, део по део, цела релација која је предмет упита учита у радну меморију, након чега се избацују оне торке које не одговарају критеријуму селекције а кориснику приказују оне које остану. Како количина података са којом база података мора да рукује расте, било због растућег броја корисника, или веће количине података у бази података које је потребно обрадити или из оба разлога, рад са базом података може бити значајно успорен, што је веома непожељно.

2.3 Индекс

Једно од могућих решења за споро извршавање упита може бити увођење индекса. Индекс представља помоћну структуру података која за неку релацију памти вредности свих торки за унапред дефинисан скуп обележја те торке, који је готово увек прави подскуп, и меморише сваку меморијску локацију на трајном меморијском уређају на којој се налази торка са том вредношћу. Ово је корисно зато што уколико имамо упит селекције према неком од индексираних обележја на основу индекса можемо неке торке да одбацимо из селекције и пре него што буду учитане у радну меморију ради провере њихове вредности на том обележју. То значи да ће бити потребно да мања количина података буде учитана са трајног меморијског уређаја, што у неким случајевима може да вишеструко скрати време упита.

2.3.1 Б-стабло

Б-стабло, тј. балансирано стабло (енг. *B-tree, Balanced tree*), представља посебну, помоћну структуру података која се придружује табелама ради убрзања операција читања података. Б-стабло чува податке уређеним према неком критеријуму и поседује механизме помоћу којих може да врши ребалансирање, како би у сваком тренутку било што боље балансирано, ради бржег рада. Пошто су подаци у Б-стаблу сортирани, стабла се често користе за претрагу. Са порастом количине података у стаблу, време тражења једног елемента расте логаритамски [1].

2.3.2 Бинарни индекс

Бинарни индекс (енг. *Bitmap Index*) је помоћна структура која се придружује релацији, а састоји се од једног или више бинарног низа. Везује се за једно или више обележја релације. Бинарни низ има тачно онлико елемената колико је торки у релацији за коју је везан, и сваки низ се везује за једну конкретну вредност обележја (или комбинацију вредности обележја, уколико их прати више). Пошто је број елемената низа једнак броју торки, а торке су нужно у меморију смештене у неком редоследу, сваки елемент низа логички се поклапа са по једном торком, и то баш оном чији редни број дели. Уколико торка неког низа садржи управо ону вредност/оне вредности за које је низ везан, одговарајући елемент низа имаће на том положају логичко тачно, а у супротном ће имати логичко нетачно. На тај начин, уколико се врши

претрага табеле по вредности бинарног низа, на основу самог низа могу да се открију све торке где се та вредност у меморији налази, без учитавања података из торке у радну меморију и поређења вредности из торке са оном која се тражи, и тако брже приступи и осталим елементима торке без потребе за учитавањем вредности које не испуњавају критеријум претраге [2].

3. ПРОЦЕС МЕРЕЊА И ПРИКАЗА ПОДАТАКА

Циљ овог рада био је да се направи алат за мерење брзине одзива базе података у зависности од количине података које база података садржи и употребе различитих типова индекса.

У првој фази креирано је 20 релација исте шеме релација, која описује раднике неке компаније. Потом је генерисано 20 скрипта са по $n \cdot 1,000,000$, $n \in \{1, 2, 3, 4, 5, \dots, 20\}$, инсерт наредби са случајно генерисаним вредностима, које по типу вредности одговарају атрибутима релација радника. На крају су тих 20 скрипта покренуте, и напуниле су табеле за мерење подацима. Оволико података је било потребно зато што кориштени софтвер мери време са прецизношћу од до 10 ms, а операције са мањим табелама на модерном хардверу често трају краће од тога.

Више података у релацијама успорава брзину одзива, што значи да ће разлика у времену одзива бити већа под различитим условима извршавања упита, што је пожељно, пошто је главни циљ пројекта био упоређивање ефикасности одзива у зависности од параметара, а не мерење тачног времена одзива.

Наредна фаза била је мерење. У фази мерења написане су функције које за свих 20 табела радника врше по један од 7 одабраних упита у по три серије; прво без индекса, потом са индексом типа Б-стабло, и на крају са бинарним индексом. Сваки упит се вршио по 20 пута. На крају су се просечне вредности времена одзива бележиле у посебну, за то осмишљену, табелу.

Трећа фаза припреме података било је креирање графичког приказа добијених података. Креирана је трострука веб апликација која крајњем кориснику укратко описује како су подаци добијени, и графички приказује резултате свих мерења. Најнижи слој представља иста база података која је кориштена у претходна два корака. Фронт енд на захтев корисника може да прикаже текст о самом пројекту или неки од графика мереног времена потребног за одзив, подељене према упиту. Средњи слој нема много пословне логике и служи да податке из базе података форматира на начин који је предњем слоју читак.

4. АНАЛИЗА

Анализа брзине одзива неких од коришћених упита приказана је графички. Сви графици су дизајнирани, тако да сена x-оси налазе бројеви од 1 до 20, који представљају број милиона редова у табели над којом се врши мерење, а на y-оси просечно време које је било потребно да се упит изврши у секундама. Свакој x-вредности одговарају по три стубића. Зелени стубићи представљају одзив при упитима над неиндексираним табелама, љубичасти стубићи представљају упите над табелама са индексом типа Б-

стабло, а жути стубићи табеле са бинарним индексима.

4.1 Упит на основу вредности примарног кључа



Слика 1: Приказ брзине одзива за упите са претрагом по примарном кључу

Ако се погледа брзина одзива на упит за табеле без индекса [Слика 1], уочава се приближно линеарни пораст времена одзива у зависности од броја редова у табели. Обзиром да подаци у табели нису сортирани, овакав исход био је и очекиван. Приликом позива упита СУБП почиње да чита податке из торки случајним редоследом и за сваку учитану торку проверава да ли садржи тражену вредност кључа. Више података значи да ће сваки покушај имати мању вероватноћу проналажења тражене вредности. Порастом количине података та вероватноћа експоненцијално опада, а потребан број провера да би се торка пронашла расте линеарно.

Међутим, са графика се такође види да тај линеарни тренд има неколико јасних скокова, након којих наставља свој приближно линеарни раст. То вероватно може да се објасни начином на који *Оракл* [3] складишти податке; иако СУБП-у није експлицитно задато да користи стабло, он ће то сам према предефинисаној поставци табеле урадити. Како број података у стаблу расте, потребно га је периодично ребалансирати, што чини приступ случајном податку према вредности примарног кључа у општем случају бржим, али такође повећава број корака које у општем случају треба проћи да би се стигло од корена до жељеног листа стабла, пошто је дубина целог стабла постала већа.

Дубље стабло и више корака у његовом обиласку значе и више времена потребног за одзив. Ако се упореде вредности у табелама од 1 до 5 милиона редова, са вредностима у опсегу од 6 до 15 милиона редова, види се скок у времену одзива између табеле са 5 и табеле са 6 милиона редова. Претпоставка је да је то успорење присутно управо због употребе структуре попут стабла од стране СУБП, које реструктурирањем стабла повећава његову дубину и нагло успорава упите у региону који гледамо.

Следећа значајна промена линеарног тока јавља се у регији између 17 и 19 милиона редова у табели. Претпоставља се да је и ту повод реструктурирање стабла, које прво учини одзиве бржим при преласку са 17 на 18 милиона редова, а затим настави приближно линеарни тренд при преласку са 18 на 19 милиона редова.

Реструктурирање стабла га прво избалансира, што чини упите бржим, а дубљи слојеви стабла у почетку остају непопуњени. Ипак, како број торки расте и стабло се попуњава, расте и његова дубина и самим тим и потребан број корака да се одређени чвор пронађе, те се враћа претходни линеарни шаблон. Поред тога, већа помоћна структура при раду мора да се учитава у меморију, што дотатно успорава рад са порастом броја редова. Вероватно је да би се такав тренд наставио ако би се и даље повећавао број редова у табели са којима се ради; приближно линеаран раст времена одзива у одређеним зонама са периодичним наглим падовима праћеним још већим скоковима када се предефинисано *Оракл* [3] стабло реструктурира.

4.2 Упит на основу минималне вредности



Слика 2: Приказ брзине одзива за упите са претрагом по минималној вредности

Време одзива неиндексираних табела расте приближно линеарно, уз неколико скокова, са порастом броја редова у табелама. Понашање личи на оно у првом упиту за неиндексиране табеле [Слика 2].

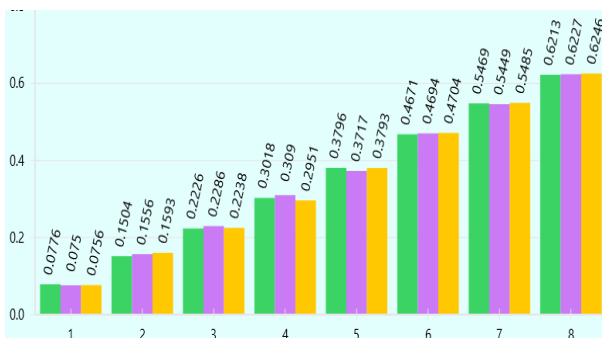
Време одзива на овај упит при употреби индекса типа Б-стабло готово је занемарљиво за табеле са мање од 14 милиона редова података. Претпоставља се да је то управо зато што цео индекс заузима довољно мало меморијског простора да га СУБП стално држи у радној меморији, те по потреби може веома брзо да прође кроз индекс и врати одговор. Код табела са >14 милиона редова долази до наглог успоравања одзива. Вероватно је то последица раста индекса заједно са количином података, што доводи до тога да цео индекс више није смештен у радну меморију, већ га треба читати са диска. Брзина одзива почиње да прати брзину одзива код неиндексираних табела, када количина података у табелама пређе одређени праг.

4.3 Упит према делу садржаја текста

Код упита са делом садржаја текста критеријум селекције је постојање одређеног подниза знакова у низу знакова бираног обележја. За овај упит је изабран један низ знакова са којим су вршени сви упити. Упит чији је одзив посматран био је:

```
SELECT * FROM radnik WHERE
SUBSTR(ime, 3, 2) = 'ra'
```

Упит враћа све податке о оним радницима чије име садржи знакове 'ra' на трећем и четвртном положају.



Слика 3: Приказ дела графика брзине одзива за упите са претрагом по вредности дела садржаја текста

Слично упиту где је критеријум селекције био мање од неке граничне вредности, и овај упит мора да прође кроз све торке у табели и провери да ли њихова вредност за торку одговара критеријуму. За све три варијанте табела што се тиче индекса, време потребно за упит расло је приближно линеарно са порастом броја редова у табелама [Слика 3]. Делује као да врста индекса није имала готово никакав утицај на потребно време одзива.

Претпоставља се да томе доприносе два фактора: 1) чињеница да приликом читања свих вредности индекси не значе много јер су осмишљени тако да брже пронађу одређену вредност или скуп вредности у табелама, и 2) чињеница да су операције са стринговима у принципу релативно споре у рачунарству, те је разлика коју индекси могу да направе у односу на време потребно за саму операцију провере стринга занемарљиво мала.

4.4 Општи закључци

На основу мерења, јасно је да под одређеним условима неки индекси имају потенцијал да значајно убрзају одзив на упите, али то убрзање над неком табелом нипошто не важи у свим условима и за произвољни упит. Подаци са којима се радило у овом раду су били високе селективности, што у општем случају више одговара индексу типа Б-стабло него бинарном индексу, те је можда зато Б-стабло готово увек имало боље резултате од бинарног индекса, а често су се и веома слично понашали.

Такође се може закључити да је индекс највише убрзао одзив при оним упитима који не морају да проваравају све торке, већ само нађу неке редове по вредности њихових обележја. Надаље, индекси су најзначајније смањили време одзива када су били довољно малог меморијског капацитета тако да цели могу да се чувају кеширани у радној меморији.

У Оракл СУБП [3] је могуће ручно подесити максималну дозвољену количину кешираног индекса. Стога би у пракси при решавању проблема спорог одзива упита прво требало да се уведе индекс, а потом да се провери величина тог индекса у односу на максималну дозвољену количину меморије за кеширани индекс, и обезбеди да дозвољени меморијски кеш за индекс буде већи од величине самог индекса.

Индекси су боље резултате показали при убрзању процесорски мање захтевних радњи, попут провере исте бројевне вредности, него при убрзавању процесорски захтевнијих радњи, попут претраге дела садржаја текста.

Ако је у неком систему упит где је део садржаја текста критеријум селекције критичан фактор који успорава рад, на основу овог истраживања, препоручује се испитивање других решења, а не употреба индекса. Индекси заузимају више меморије и успоравају измене података, а нису показали измерљиво убрзање рада. Овде треба напоменути и да је индекс прављен према целој вредности стринг обележја, а не према делу садржаја текста који је упит користио као критеријум селекције.

5 ДАЉИ ПРАВЦИ ИСТРАЖИВАЊА

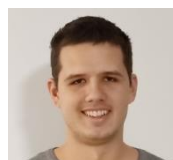
Након мерења и анализе података, може се закључити да индекси у неким случајевима, попут претраге по најмањој вредности обележја, стварно могу да убрзају одзив упита за више редова величине у односу на неиндексиране табеле. Такође се види да у другим случајевима исти индекси уопше не морају значајно утицати на време одзива, као приликом претраге по делу садржаја текста. Поред тога се види разлика у одзиву између индекса који су довољно малог меморијског капацитета да цели стају у радну меморију и оних који су превише велики, те их је потребно прво учитавати у радну меморију.

Најједноставнији смер за даља истраживања било би просто даље повећавање броја редова у табелама. Поред тога, вредело би променити податке, тако да вредности неких обележја буду из мањих скупова предефинисаних вредности уместо да у сваком реду буду насумично генерисани бројеви или стрингови. Тако би се можда више истакле разлике између бинарних индекса и индекса типа Б-стабло. На крају, оглед би вредело вршити и на потпуно различитим табелама, са више или чак мање обележја, другачијим типовима обележја и сложеним упитима који користе више различитих табела да додаје податке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. Comer, (1979), "The Ubiquitous B-Tree", Computing Surveys
- [2] <https://www.geeksforgeeks.org/bitmap-indexing-in-dbms> (27.12.2021)
- [3] <https://www.java.com/en/> * (09.02.2022)

Кратка биографија:



Никола Арсенијевић рођен је 1997. у Новом Саду. Дипломски рад из области рачунарства и аутоматике одбранио је 2020. године на Ф.Т.Н. у Новом Саду. Мастер студије на Ф.Т.Н. у Новом Саду је уписао 2020. године.

RAZVOJ RAČUNARSKE IGRE „HAPPY BIKER“**DEVELOPMENT OF „HAPPY BIKER“ GAME**Andrea Mendrei, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je opisan tok razvoja računarske igre namenjenoj deci. Opisan je celokupan tok igre, osnovna pravila i prepreke u igri. Zatim je opisan način modelovanja nekih modela u igri. Dalje, u radu se govori i o položajima kamera i zvučnim efektima implementiranim u igri. Na kraju je ukratko opisan i pozadinski kod koji je korišćen u igri.

Ključne reči: Računarska igra, modeli, kamera, zvučni efekti

Abstract – This paper describes the process of developing a game for kids. The whole flow, basic rules and obstacles in games are described. The mechanism of modelling for some models in game is described afterwards. Subsequently, the paper describes the position of cameras and sound effects that have been implemented in the game. Finally, the underlying code, that is used in the game is described.

Keywords: Computer game, models, camera, sound effects

1. UVOD

Zadatak ovog rada je bio da se uradi *EduTaiment* računarska igra namenjena deci, koja će im omogućiti da nauče osnovna pravila ponašanja u saobraćaju. Ovakva tema za master rad je izabrana jer edukacija predstavlja jako bitan deo odrastanja i razvoja svakog deteta i cilj je bio da deca koja provode neko vreme uz računarske igrice imaju mogućnost da iz jedne računarske igre nauče nešto novo i korisno.

U master radu je opisan razvoj računarske igre „*Happy Biker*“. Glavni junak ove igre je biciklista. Bicikl je izabran iz razloga što deca u današnje vreme to najviše koriste kao prevozno sredstvo i za njega postoje tačna pravila kako i gde sme da se vozi.

2. OPIS RAČUNARSKE IGRE

Računarska igra „*Happy Biker*“ razvijena je unutar *Unity* programa [1]. Ona govori o jednom dečaku koji vozi svoj bicikl kroz virtuelni grad. Tokom svoje avanture sakuplja zvezdice, pridržava se svih pravila u saobraćaju, bori se protiv jake magle, izbegava prepreke i takmiči se sa neprijateljima, kako bi na kraju igre napravio veliki vatromet u gradu.

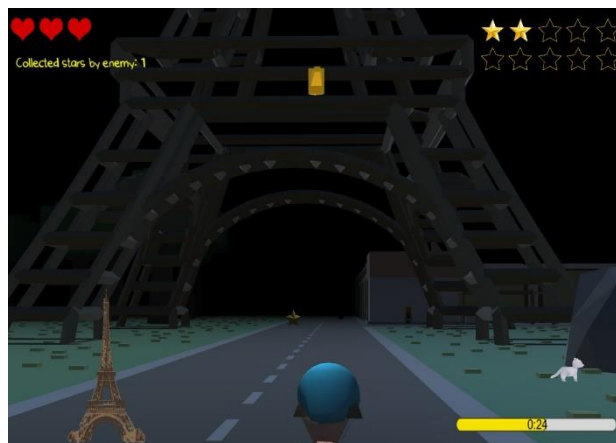
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.

Što se tiče samih dešavanja u igri pored toga što kroz igricu igrač može da nauči osnovna pravila ponašanja i bezbednosti u saobraćaju, ova igrice nudi i mogućnost razvijanja bolje orijentacije u prostoru. Dalje, igrač može da nauči kako da na pravi način očita mapu grada.

2.1. Tok igre

Zvezde u gradu se moraju pokupiti u određenom redosledu. Uvek postoji samo jedna vidljiva zvezdica, a kod koje građevine se ona nalazi korisnik može videti na ekranu. Kada se pokupi zvezdica u zavisnosti od nivoa igre intoniraće se ili himna one države gde se ta građevina nalazi ili neka poznata melodije iz te države. Posle toga sledeća zvezda se pojavljuje kod neke sledeće građevine, kako se može videti na slici 1.



Slika 1. Zvezdica koju igrač treba da pokupi kod Ajfelove kule

Kada se sakupe sve zvezdice potrebno je otići do cilja gde se nalazi jedna velika poklon-kutija u kome se nalazi veliki vatromet. U toku igre igrač može da koristi mapu grada na osnovu koje može da vidi gde se on tačno nalazi i kuda treba da ide. Takođe, iznad glave vozača nalazi se jedna strelica koja pokazuje gde se nalazi naredna zvezda. U toku igre igrač ima najviše tri života. Ukoliko izgubi sva tri života izgubio je igru i igra se prekida.

Po završetku igre igrač u zavisnosti od učinka dobija ocenu od 0 do 3. Ukoliko je dobijena ocena jednaka nuli sledeći nivo neće biti otključan. On će se otključati tek kada igrač dobije makar ocenu 1. Nivo, naravno, može igrati iznova i iznova, a uvek će važeća biti poslednja dobijena ocena. Kada se jednom otključa neki nivo, on će ostati otključan sve dok se ne „resetuju“ svi podaci u igri.

U toku igre osim zvezdica mogu se sakupiti još i satovi, oblaci i srca. Kada se pokupi sat, broj dozvoljenih sekundi provedenih van staze se poveća za 5 sekundi. Ukoliko se pokupi oblak, magla će se povećati, a ukoliko se pokupi

srce, biciklisti će se dodati jedan život, pod uslovom da u tom trenutku nema sva tri.

Pored bicikliste koji se nalazi u glavnoj ulozi u ovoj igri se pojavljuje lik još jednog dečaka koji takođe ima za cilj da pokupi zvezdice. Oni se takmiče, ko će pre da stigne do zvezde.

Osnovni cilj ove računarske igre je da deca nauče osnovna pravila ponašanja i bezbednosti u saobraćaju prilikom vožnje bicikla. Zbog toga na samom početku igre igrač mora staviti kacigu na glavu bicikliste. Ako to ne uradi, automatski gubi jedan život. Takođe, kada se igra odvija u noćnim uslovima, neophodno je upaliti svetla na biciklu. Ukoliko igrač na početku igre ne upali svetla ili ih isključi u toku igre u bilo kom momentu, automatski će izgubiti jedan život.

2.2. Opisi nivoa

Igra ima trenutno tri nivoa. Na nultom nivou, koji je stalno otključan u igri je dan. Magla jako polako pada. On služi da se igrač upozna sa samom igrom.

Na prvom nivou je noć. Raspored građevina je isti kao na nultom nivou. Magla koja otežava vidljivost postoji, ali je manja u odnosu na neke dalje nivoe. Osim prepreka na putu u vidu ograde ili branika postoje i automobili koji mogu da se kreću. Međutim, na vidljivom su mestu, biciklista ih može na vreme primetiti i izbeći.

Drugi nivo se igra noću. U njemu je raspored poznatih građevina drugačiji u odnosu na prethodne. Magla je veća u odnosu na prethodni nivo. U ovom nivou automobili se nalaze na manje vidljivim mestima, tako da vozač mora da prilagodi brzinu uslovima na putu.

3. MODELI U „HAPPY BIKER“ RAČUNARSKOJ IGRI

Za ovu igru su glavni junak i automobil koji predstavlja jednu od prepreka u igri modelovani unutar *Blender* programa [2].

3.1 Modelovanje bicikliste

Kako bi deci bilo što lakše da se poistovete sa glavnim junakom, bilo je neophodno modelovati karakter koji je njima sličan. Zbog toga model bicikliste predstavlja dete i ono se može videti na slici 2.



Slika 2. Model bicikliste

Model se sastoji iz dva posebna dela, bicikliste i bicikla. U igri je glavni lik namerno modelovan tako da se ne

može tačno odrediti pol deteta, kako taj detalj ne bi nekog kojim slučajem odgovorio od ideje da isproba igru.

Prvo je modelovan bicikl, a zatim i biciklista. Kako bi se ispoštovao simetričnost čoveka, biciklista je modelovan tako što su mu se prvo modelovali desni ekstremiteti, ruka i noga. Posle toga su se oni duplirali i novodobijeni delovi tela su prilagođeni tako da predstavljaju levu ruku i nogu.

Posle modelovanja bicikla i bicikliste, modelima su dodati materijali kako bi izgledali sto realnije [3].

3.2. Modelovanje automobila

Kreiran automobil se može smatrati *low poly* modelom jer se ne sastoji od velikog broja tačaka. Pošto auto treba da bude simetričan, prilikom modelovanja uključena je *mirror* opcija po X-osi, pa je bilo dovoljno modelovati samo jednu stranu automobila.

Kod automobila postoji sedam različitih materijala. To su materijali za sam automobil, za točkove automobila, za stakla, za svetla i za prednji deo automobila.

3.3. Animacija modela

U okviru *Blender* programa implementirane su animacije bicikliste, bicikla, svetla i kamera. Animirana su stanja vožnje bicikla i *idle* položaj.

Kako bi animacija bila što lakše implementirana na telo bicikliste dodata je „armatura“ [4], pomoću koje se telo bicikliste moglo predstaviti kao skelet. Tokom animacije nije bilo potrebno posebno animirati svaki deo tela, već je bilo dovoljno animirati skelet i on je na osnovu toga na adekvatan način pomerao i telo bicikliste. Kad je reč o animaciji automobila, implementirane su animacije kretanja automobila i *ablendovanje* [5].

3.4. Ostali modeli korišćeni u igri

U ovoj računarskoj igri za model grada, zgrade, drveta, trave, puteva je preuzet jedan paket sa *Unity Asset Store*-a [6]. Unutar preuzetog paketa postojao je već gotov model grada, koji je malo izmenjen i adaptiran je za potrebe ove igre. Dalje, model neba je takođe preuzet sa *Unity Asset Store*-a i prilagođen je potrebama igre.



Slika 3. Model grada i raspored poznatih građevina u njemu

Kako je prikazano na slici 3, u igri kao poznate građevine se pojavljuju Ajfelova kula, Brandenburška kapija, Sidnejska opera, Kip Slobode, Koloseum, Krivi toranj u Pizi, Big Ben, Crkva svetog Vasilija u Moskvi, Statua

Hrista u Riju, Burž Kalifa u Dubaiju, a igra se završava kod Velikih piramida iz Gize. Veličina znamenitih zgrada sveta u virtuelnom gradu proporcionalna je veličini tih zgrada u stvarnom svetu.

4. POLOŽAJI KAMERA I UGLOVI GLEDANJA U IGRI

U ovoj igrici su implementirana četiri ugla gledanja: „*First person*“ kamera [7], „*Third person*“ kamera [8], kamera koja simulira pogled iza bicikliste i kamera koja ima pogled na celokupnu scenu iz ptičje perspektive. Za „*first person*“ i „*third person*“ kamere su implementirane i njihove blage rotacije kako bi se povećao njihov ugao gledanja.

4.1. „*First person*“ perspektiva

Iz „*first person*“ ugla gledanja korisniku je svet prikazan iz perspektive karaktera. Kamera je postavljena u predelu glave i igraču se daje slika kako svet izgleda u očima bicikliste.

Ovaj ugao gledanja omogućava korisniku realističnu sliku pomoću koje će se više moći poistovetiti sa likom. Na realističan način može da doživi brzinu kojom vozi bicikl, da vidi prepreke na putu i pešake koji nailaze.

4.2. „*Third person*“ perspektiva

Kod „*third person*“ ugla gledanja korisniku je svet prikazan u široj perspektivi u odnosu na „*first person*“ ugao gledanja. Kamera je izmaknuta iza karaktera.

Vidi se veći deo lika, ali i okolina. Treće lice omogućava da igrač ima veći ugao gledanja, može da dobije širu sliku sveta oko sebe, da bi mogao da primeni najbolju strategiju u kretanju.

4.3. Ugao gledanja iza bicikliste

Ovaj ugao gledanja omogućava da korisnik vidi šta se dešava iza njega, da bude što je moguće više svestan svoje okoline i da može na adekvatan način da odreaguje na eventualne nedaće. Kamera je postavljena tako da simulira pogled iza levog ramena jer se i u stvarnom životu u nazad uglavnom gleda na taj način.

4.4. Pogled iz ptičje perspektive

Ovaj ugao gledanja najviše može da posluži kao mapa da se vidi gde se nalazi koji objekat. Biciklistom se ne može upravljati i iz ovog ugla. Ono što je karakteristično za ovu kameru je, da ona poštuje pravila koja mapa treba da ispuni, a to je da ima takav položaj da gornji deo grada predstavlja sever, a donji deo grada jug.

5. ZVUČNI EFEKTI KORIŠĆENI U RAČUNARSKOJ IGRI

U igri postoje pozadinski zvukovi i zvučni efekti [9]. Takođe se mogu čuti i neke poznate melodije, himne i tradicionalne odnosno popularne pesme nekih država. Kako bi ugođaj bio što bolji, u igri su date i mogućnosti da se jačine ovih zvukova povećaju ili smanje tako da igrač može podesiti jačinu zvuka kakva mu najviše prija.

5.1. Zvučni signali korišćeni u igri

Kako se radi o vožnji bicikla prvi zvučni signal koji se morao uvesti jeste zvuk okretanja pedala. Kad god se biciklista kreće u igri, čuje se škripanje pedala. Druga

osnovna stvar prilikom vožnje bicikla je kočenje. Zbog toga, kad god igrač želi tokom igre da uspori biciklistu čuje se zvuk škripanja kočnica.

U igrama kada se pokupi nešto što će predstavljati neku prednost u igri poželjno je čuti zvuk koji je prijatan kako bi igrač znao da je „uradio“ neku pozitivnu stvar. U slučaju da pokupi nešto što će mu otežati igru, treba igraču dati do znanja da je uradio nešto negativno i da obrati pažnju da to u buduću ne radi.

Prvi slučaj će se u igri desiti kada biciklista pokupi sat ili srce. Kada pokupi sat, čuće se zvuk otkućaja sata, a kada pokupi srce čuće se neki standardan „collect“ zvuk u igri. Međutim, ukoliko pokupi neki oblak, vidljivost će mu se smanjiti u igri i zbog toga će se čuti zvuk „Bljak“ koji upućuje na to da biciklisti „neće odgovarati“ to što se desilo.

Tokom igre igrač može da otvori mapu i da vidi gde se koja građevina nalazi. Prilikom otvaranja i zatvaranja mape čuje se zvuk otvaranja i zatvaranja novina ili neke vrste papira, što će igrača asocirati na to da je otvorio i zatvorio „papirnatu“ kartu grada.

Ukoliko igrač padne sa bicikla i izgubi jedan život jasno će se čuti zvuk pada. Posle pada, igrač može da se podigne. U tom slučaju će se čuti zvuk nalik na skok.

5.2. Intoniranje himni i sviranje tradicionalnih pesama

Na prva dva nivoa igre kad se pokupe zvezde mogu se čuti himne država [10], a na trećem nivou se čuje neka poznata melodija (tradicionalna ili popularna) iz te države gde se ta znamenitost nalazi [11].

Tako na primer, kad se pokupi zvezdica kod Ajfelove kule, može se čuti Marseljeza na prva dva nivoa, odnosno šansona od francuske pevačice Edith Piaf „*Non, Je ne regrette rien*“ na trećem nivou. Za pokupljene zvezdice kod Brandenburške kapije čuće se himna Nemačke i Betovenova „Peta simfonija“, Pored ruske himne kod Crkve svetog Vasilija se može čuti i „Kalinka“. Kod Big Bena će igrača dočekati „*God save the Queen*“ i „*We are the champion*“ grupe Queen...

5.3. Pozadinski zvukovi

U igri se u pozadini čuju zvukovi iz grada. Može se čuti kako automobili prolaze, mogu se čuti i njihove trube. Dalje, u pozadini se čuju i nejasni razgovori između ljudi, ponekad se čuje i poneki vrisak.

5.4. Podešavanja zvukova u igri

U igri postoji deo za podešavanje parametara igre. Postoji opcija da se posebno pojačaju i smanje pozadinski zvukovi odnosno zvučni efekti. Takođe, postoji opcija da se svi zvukovi u igri isključe, odnosno „mjutuju“.

6. POZADINSKI KOD U IGRI

U ovoj igri je implementirano nekoliko skripti [12], gde svaka predstavlja upravljanje nekim objektom. Tako se pomoću `PlayerController.cs` skripte se upravlja biciklistom u igri. U njemu je određeno kojim tempom će se bicikl ubrzati, kojim tempom će se usporavati. Takođe, u ovoj skripti se određuje šta se dešava kada se igrač sudari sa nekom preprekom ili pokupi neki objekat.

GameManager.cs skripta je namenjena za upravljanje samom igrom. U ovoj skripti se određuje koji objekti će biti prikazani u igri u zavisnosti od nivoa, šta će se desiti na ispisu kada igrač pobedi, odnosno izgubi igru, takođe se prikazuje i broj preostalih života u igri.

SkyMaterial.cs nije direktno vezana za samu igru ili neki konkretni postupak u igri. Ona se poziva na početku igre i u zavisnosti od nivoa koji se igra, podešava izgled neba u zavisnosti da li se igra danju ili noću. Takođe, unutar nje se podešava magla kao i brzina padanja magle u toku igre u zavisnosti od nivoa.

Dva najveća neprijatelja bicikliste u igri su dečak koji isto sakuplja zvezdice i vozilo koji se kreće. Ovi objekti u igri su opisani pomoću CarScript.cs i KidScript.cs skripite. Ono što je kod njih zajedničko je da se oni nalaze u stanju mirovanja sve dok im se biciklista ne približi. U trenucima kada im se biciklista približi, oni počinju da se kreću. Unutar HelmetController.cs skripte opisana je upotreba kacige i svetla.

Pored prethodno navedenih skripti, unutar igre postoji još nekoliko manjih. To su, na primer, ArrowScript.cs, koja je napisana za strelicu koja biciklistu usmerava prema trenutno aktivnoj zvezdici u igri.

CameraController.cs, CameraManager.cs i FollowPlayer.cs su skripte napisane kamerama i pomoću njih možemo u toku igre da menjamo perspektive gledanja i da rotiramo samu kameru. Treća skripta je namenjena za *Third person* kameru i ima zadatak da sve vreme bude iza bicikliste i da ga stalno prati.

I za kraj, CycleRotation.cs skripta koja je namenjena za sve zvezdice i srca u igri. Pomoću nje se one okreću oko svoje vertikalne ose.

7. ZAKLJUČAK

„Happy biker“ računarska igra je EduTaiment aplikacija prvenstveno namenjena deci. Glavni cilj ove igre je da deca nauče osnovna pravila o bezbednosti u saobraćaju. Takođe, kroz neke dodatne mogućnosti i funkcionalnosti igre oni mogu da unaprede svoju orijentaciju u prostoru i da nauče kako da očitaju mapu. Takođe, mogu da nauče i neke osnovne pojmove iz geografije.

Kada želimo da predstavimo neku potpuno novu računarsku igru, uvek je poželjno da pre svega glavni junak bude jedinstven, da ne liči na nekog već postojećeg. Zbog toga je u ovoj računarskoj igri modelovan glavni junak, kao i jedan od glavnih prepreka, automobil.

Pored toga, trebalo je omogućiti korisniku da „utone“ u igru, da mu bude što interesantnija, ali i da nauči nešto novo. Kako bi se to moglo realizovati, jedan od važnijih zadataka je bilo implementirati odgovarajuće položaje kamera.

Korišćenje odgovarajućih zvučnih efekata je bio jedan od primarnih ciljeva. Bilo je neophodno dobro usaglasiti zvuk sa scenom te da se igraču da odgovarajući *feedback* o njegovim postupcima. Pomoću ove aplikacije, deca neće naučiti samo osnovna pravila ponašanja u saobraćaju, nego će moći da nauče i himne i tradicionalne melodije nekih država. Zbog toga je ova igra jedinstvena.

8. LITERATURA

- [1] Unity 2020.3 – <https://unity.com/>
- [2] Blender 2.9 <https://docs.blender.org/>
- [3] Korišćenje materijala
https://docs.blender.org/manual/en/2.79/render/blender_render/materials/index.html
- [4] Korišćenje armature
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/index.html>
- [5] Animacija u Blenderu
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/index.html>
- [6] model grada i likovi iz igre preuzeti sa:
<https://assetstore.unity.com>
- [7] „First person“ perspective
[https://en.wikipedia.org/wiki/First-person_\(video_games\)](https://en.wikipedia.org/wiki/First-person_(video_games))
- [8] „Third person“ perspective
https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_camera_system#Third-person_view
- [9] Svi zvučni efekti su preuzeti sa sajta:
<https://www.zapsplat.com/>
- [10] Himne zemalja su preuzete sa sajta:
<https://www.anthemworld.com/>
- [11] Poznate melodije država su preuzete sa sajta:
<https://www.mp3juices.cc/>
- [12] Upotreba skripti unutar Unity programa
<https://docs.unity3d.com/Manual/CreatingAndUsingScripts.html>

Kratka biografija:



Andrea Mendrei rođena je u Novom Sadu 1998. god. Gimnaziju „Laza Kostić“ završila je 2016. godine u svom rodnom gradu. Iste godine upisala je Fakultet tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, koji je završila 2020. godine. Odmah posle završenih osnovno akademskih studija upisala je master studije na istom fakultetu, odsek Multimedija i računarske igre.

kontakt: mendrei.andrea@gmail.com

STRUJNI LIMITERI – IZBOR LOKACIJE ZA OGRANIČENJE VREDNOSTI STRUJE KRATKOG SPOJA

CURRENT LIMITERS – SELECTION OF LOCATION FOR LIMITING THE VALUE OF SHORT CIRCUIT CURRENT

Jelena Šavija, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu su detaljno objašnjeni tipovi strujnih limitera, kao i kratki spojevi. Detaljnije su pojašnjeni određeni algoritmi za određivanje optimalne lokacije strujnih limitera. Dati su rezultati proračuna kratkog spoja određene distributivne mreže bez i sa strujnih limitera, kao i rezultati pretrage optimalne lokacije tih strujnih limitera.

Ključne reči – Trofazni kratak spoj bez zemlje, Strujni limiteri, Distributivna mreža

Abstract – In this document, the types of current limiters as well as short circuits are explained in detail. Certain algorithms for determining the optimal location of current limiters are explained in more detail. The results of the calculation of the short circuit of a certain distribution network without and with current limiters are given, as well as the results of the search for the optimal location of these current limiters.

Keywords – Three-phase short-circuit, Current limiters, Distribution network

1. UVOD

U ovom radu obrađuju se strujni limiteri, kao i njihov izbor lokacije za ograničenje struja kratkog spoja. U drugom poglavlju objašnjeni su različiti tipovi strujnih limitera. Algoritmi za pronalaženje optimalne lokacije strujnih limitera, kao i njihovih parametara detaljno su objašnjeni u trećem poglavlju. U četvrtom poglavlju prikazani su rezultati struja kratkog spoja u mreži sa 20 čvorova, sa i bez upotrebe strujnih limitera. U petom poglavlju proračunava se optimalna lokacija strujnog limitera, gde struja kratkog spoja ne sme da bude manja od određene vrednosti. Šesto poglavlje je zaključak, a u sedmom poglavlju je dat spisak korišćene literature.

2. STRUJNI LIMITERI

Strujni limiteri (FCL – Fault Current Limiters) otpornog i induktivnog tipa obezbeđuju skoro nultu impedanciju pri normalnim uslovima rada, dok pri nenormalnim uslovima obezbeđuju otpornosti visoke impedanse [1,2].

Postoji više tipova strujnih limitera kao što su superprovodni i nesuperprovodni strujni limiteri. elektroenergetskog sistema kao što su proizvodnja, prenos, distributivna mreža za poboljšanje dinamičkih performansi ograničavanjem struje kvara [1,2].

NAPOMENA:

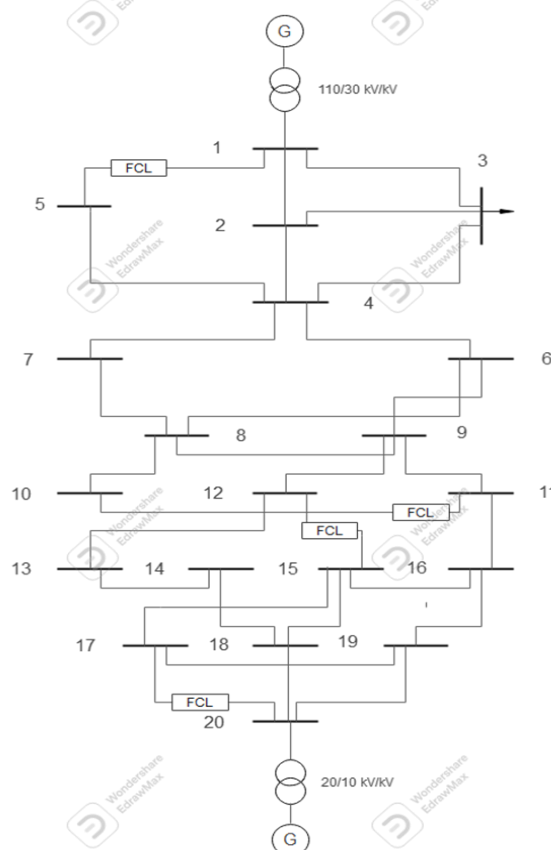
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Duško Bekut, red. prof.

3. OPTIMALNA LOKACIJA STRUJNIH LIMITERA

Optimalna lokacija strujnih limitera (FCLs – Fault Current Limiters) u mrežama ima veliku važnost i prednosti, kao što su povećanje sigurnosti i stabilnosti sistema, smanjenje struje kvara i pada napona, kao i poboljšanje sposobnosti sistema tokom kvara.

4. REZULTATI PRORAČUNA STRUJA KRATKOG SPOJA BEZ I SA STRUJNIH LIMITERA

U ovom poglavlju su prikazani rezultati proračuna struja kratkog spoja (3FKS – trofaznog kratkog spoja bez zemlje) [3] bez postavljenih strujnih limitera, kao i sa postavljenim limiterima u četiri grane [4]. U ovom slučaju se posmatra distributivna mreža sa 20 čvorova (sa ukupno 30 grana), gde su limiteri struja kvara (kratkog spoja) postavljeni u izabrane grane 1-5, 10-11, 12-15 i 17-20. Nominalan linijski napon čvora 1 iznosi 30 kV. Na slici 4.1 prikazana je šema razmatrane distributivne mreže.



Slika 4.1. – Šema razmatrane distributivne mreže

4.1. Prvi slučaj – proračun struja kratkog spoja bez limitera

Moduli struja [A] kratkog spoja I_{3PKS} u svih 20 čvorova bez dodatih strujnih limitera se mogu videti u tabeli 4.2.

Tabela 4.2 – Moduli struja kratkog spoja u 20 čvorova

Čvorovi	I_{3PKS}
1	663.3
2	657.7
3	653.3
4	647.4
5	645.2
6	638.4
7	634.7
8	629.5
9	624.8
10	621.7
11	616.5
12	611.9
13	608.4
14	603.7
15	598.6
16	594.2
17	591.0
18	585.7
19	582.0
20	555.3

4.2. Drugi slučaj – proračun struja kratkog spoja sa dodatim strujnim limiterima

Strujni limiteri su dodati u granama 1-5, 10-11, 12-15 i 17-20. U tabeli 5.3 prikazani su moduli struja kratkog spoja sa dodatim strujnim limiterima $I_{3PKSfcl}$, pri čemu su označene zelenom bojom vrednosti struja koje su se smanjile sa postavkom limitera.

Tabela 5.3 – Vrednosti struja $I_{3PKSfcl}$

Čvorovi	$I_{3PKSfcl}$
1	521.0
2	657.7
3	653.3
4	647.4
5	507.0
6	638.4
7	634.7
8	629.5
9	624.8
10	489.5
11	437.0
12	482.5
13	608.5
14	603.7
15	472.0
16	594.2
17	465.0
18	585.7
19	582.0
20	349.6

Može se primetiti da je struja kratkog spoja značajno smanjena u onim čvorovima u kojima su postavljeni strujni limiteri.

5. REŠENJE OPTIMIZACIONOG PROBLEMA STRUJNIH LIMITERA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

U ovom poglavlju je pokazan način na koji odabrati optimalne lokacije za četiri strujna limitera u prethodno prikazanoj distributivnoj mreži na slici 4.1 u četvrtom poglavlju. Cilj je da se amplituda struje u izabranim čvorovima 1, 5, 10, 11, 12, 15, 17 i 20 prilikom kratkog spoja ograniči na vrednost od $560A$ i da se pronađu optimalne lokacije za strujne limitera. Postoje dva koraka da se ovo ostvari. Treba naglasiti da se koriste strujni limiteri impedanse 35Ω .

5.1. Prvi korak

Potrebno je odabrati jedan strujni limiter, zatim ga postaviti u prvu od izabranih grana (1-5), izračunati struju u izabranim čvorovima, zatim ga ukloniti iz te grane, pa postaviti u sledeću, te ponoviti proračun. Ovaj postupak se ponavlja po svim granama i beleže se vrednosti struje u izabranim čvorovima. Na osnovu ovoga, može se odrediti gde je najbolja pozicija za prvi strujni limiter i to će biti prva lokacija sa strujnim limiterom koja se dalje neće menjati. Isti postupak se ponavlja za svaki sledeći limiter do ukupno 4-tog limitera.

Nakon ovog koraka, dobija se da su idealne grane u kojima se trebaju postaviti strujni limiteri 1-5, 8-10, 12-13 i 15-17. U tabeli 5.1 prikazani su moduli struja kratkog spoja. Žuta boja je iskorišćena za vrednosti koje su se malo povećale.

Tabela 5.1 – Moduli struja kratkog spoja posle odrađenog prvog koraka

Čvorovi	$I_{3PKSfcl}$
1	523.6
5	507.0
8	496.4
10	489.5
11	554.4
12	482.5
13	479.0
15	472.0
17	465.0
20	444.2

Rezultati koji se dobijaju zadovoljavaju kriterijum da amplituda struje kratkog spoja nije veća od $560A$.

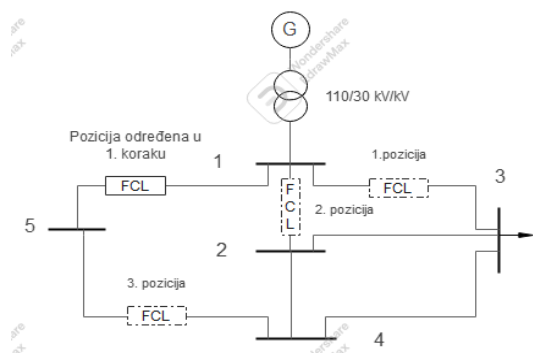
5.2. Drugi korak

Ovde se predloženim postupkom pokušava naći bolji lokalni optimum u odnosu na ovaj inicijalno dobijeni. Ta pretraga se radi tako što se izabere npr. prvi od limitera, pa se postavlja u susedne grane sa obe strane u odnosu na njegovu početnu poziciju.

Kada se postigao optimum, četiri strujna limitera pomerati jednu poziciju ulevo i jednu poziciju udesno u mreži i proveriti kako se menjaju struje kratkog spoja u čvorovima.

Na slici 5.2.1 prikazane su lokacije gde se postavlja prvi strujni limiter u susedne grane 1-3, 1-2 i 4-5 u odnosu na početnu poziciju 1-5.

U tabeli 5.2 prikazani su moduli struja kratkih spojeva (SKS) u zavisnosti od postavke prvog strujnog limitera. Crvena boja je korišćena za vrednosti koje su se značajnije povećale.

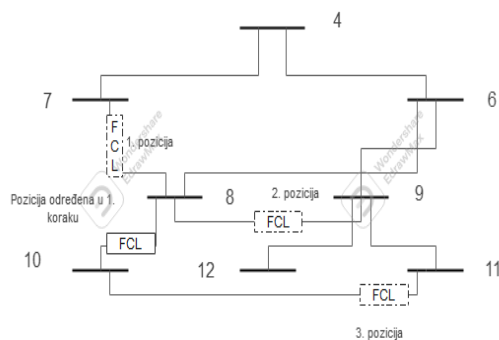


Slika 5.2.1 – Prvi strujni limiter postavljen u granama 1-3, 1-2 i 4-5

Tabela 5.2 – Moduli SKS ako je strujni limiter postavljen u grane 1-3, 1-2 i 4-5

Čvor	$I_{3PKS1-5}$	$I_{3PKS1-3}$	$I_{3PKS1-2}$	$I_{3PKS4-5}$
1	523.6	521.0	521.0	663.3
2	657.7	657.7	517.5	657.7
3	653.3	514.0	653.3	653.3
4	647.4	647.4	647.4	510.4
5	507.0	645.2	645.2	507.0

Iz tabele 5.2 se može videti da je optimalna lokacija strujnog limitera u grani 1-5. Drugi strujni limiter se prethodno nalazio u grani 8-10, a sada će biti postavljen u granama 7-8, 8-9 i na kraju u grani 10-11, što je prikazano na slici 5.2.2.



Slika 5.2.2 – Postavka drugog strujnog limitera u grani 7-8, 8-9 i 10-11

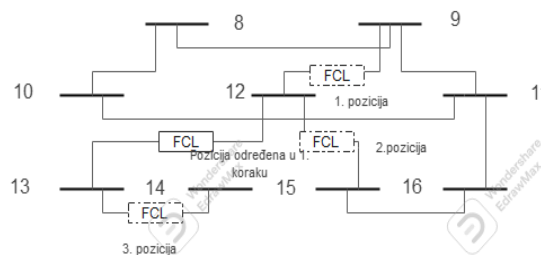
U tabeli 5.3 prikazani su moduli struja kratkog spoja kada je strujni limiter postavljen u prethodno navedene grane.

Tabela 5.3 – Moduli SKS u zavisnosti od postavke drugog strujnog limitera u grane 7-8, 8-9 i 10-11

Čvor	$I_{3PKS8-10}$	$I_{3PKS7-8}$	$I_{3PKS8-9}$	$I_{3PKS10-11}$
7	634.7	500.0	634.7	634.7
8	496.4	496.4	496.4	629.5
9	624.8	624.8	492.9	624.8
10	489.5	621.7	621.7	489.5
11	554.4	554.4	554.4	437.0

Zaključuje se da je optimalnija lokacija drugog strujnog limitera u grani 10-11, zato što se javlja manja vrednost struje od 437.0646A u čvoru 11, u odnosu na struju od 554.4776A, ako je limiter postavljen u grani 8-10.

Treći strujni limiter se sada postavlja u grane 9-12, 12-15 i 13-14, što je prikazano na slici 5.2.3.



Slika 5.2.3 – Postavka trećeg strujnog limitera u grani 9-12, 12-15 ili 13-14

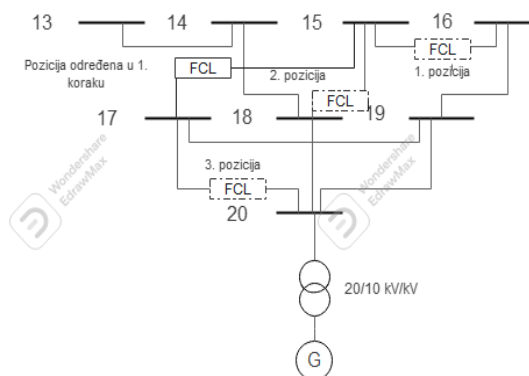
Vrednosti struja kratkog spoja $I_{3PKS12-13}$, $I_{3PKS9-12}$, $I_{3PKS12-15}$ i $I_{3PKS13-14}$ prikazane su u tabeli 5.4.

Tabela 5.4 – Moduli SKS u zavisnosti od postavke trećeg strujnog limitera u grane 9-12, 12-15 i 13-14

Čvor	$I_{3PKS12-13}$	$I_{3PKS9-12}$	$I_{3PKS12-15}$	$I_{3PKS13-14}$
9	624.8	492.9	624.8	624.8
12	489.5	489.5	489.5	489.5
13	479.0	608.4	608.4	479.0
14	603.7	603.7	603.7	475.5
15	472.0	472.0	323.6	472.0

Iz prethodne tabele se zaključuje da je idealna pozicija u grani 12-13.

Poslednji, četvrti strujni limiter se postavlja u granu 15-16, 15-18 ili 17-20. Ove pozicije prikazane su na slici 5.2.4. Vrednosti modula struja kratkog spoja $I_{3PKS15-17}$, $I_{3PKS15-16}$, $I_{3PKS15-18}$ i $I_{3PKS17-20}$ prikazane su u tabeli 5.5.



Slika 5.2.4 – Postavka četvrtog strujnog limitera u grani 15-16, 15-18 ili 17-20

Tabela 5.5 – Moduli SKS u zavisnosti od postavke četvrtog strujnog limitera u grane 15-16, 15-18 i 17-20

Čvor	$I_{3PKS15-17}$	$I_{3PKS15-16}$	$I_{3PKS15-18}$	$I_{3PKS17-20}$
15	472.0	472.0	472.0	598.6
16	594.2	468.5	594.2	594.2
17	465.0	591.0	591.0	465.0
18	585.7	585.7	461.5	585.7
20	444.2	444.2	444.2	444.2

Iz tabele 5.6 se može zaključiti da je idealna pozicija četvrtog strujnog limitera u grani 15-17, koja je određena u 1. koraku. Idealne lokacije strujnih limitera su sada u granama 1-5, 10-11, 12-13 i 15-17.

6. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati proračuna struja kratkih spojeva sa i bez korišćenja limitera. Kroz primer je pokazano koliko se struja kratkog spoja može ograničiti ako se na pojedine lokacije u mreži postave strujni limiteri. Takođe, prikazani su rezultati optimizacije lokacije strujnog limitera u dva koraka uz potvrdu da se obezbeđuje dodatna optimizacija i unapređenje rezultata vezano za ograničavanje vrednosti struja.

7. LITERATURA

- [1] Saumen Dhara, Alok Kumar Shrivastav, Pradip Kumar Sadhu, Ankur Ganguly, *A Fault Current Limiter Circuit to Improve Transient Stability in Power System*, International Journal of Power Electronics and Drive Systems, Vol 7, No 3, DOI:10.11591/ijpeds.v7.i3. pp769-780.
- [2] R. Parashar, C. Sasse, R. Banks, L. Falkingham, Fault current limiters for transmission & distribution networks, Electricity Distribution, 2005. CIRED 2005, DOI:10.1049/cp:20050911.
- [3] V.C.Strezoski: Analiza elektroenergetskih sistema, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.
- [4] Alam, Md S., Mohammad A.Y. Abido, and Ibrahim El-Amin. 2018. "Fault Current Limiters in Power Systems: A Comprehensive Review" *Energies* 11, no. 5: 1025. <https://doi.org/10.3390/en11051025>.

Kratka biografija:



Jelena Šavija rođena je u Somboru 1995. godine. Osnovne studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2020. godine. iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo, smer Elektroenergetski sistemi. Master rad, na istom fakultetu, je odbranila 2022. godine.

Kontakt: shavija.jelena@gmail.com

ФОРЕНЗИКА ОПЕРАТИВНОГ СИСТЕМА WINDOWS WINDOWS FORENSICS

Оливера Секулић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду описан је процес форензике оперативног система Windows, у склопу кога су представљене и разне технике, алати и начини спровођења форензичке истраге над дигиталним доказима који су резултат рада оперативног система Windows. Поред тога, дате су теоријске основе Windows оперативног система и описана је студија случаја која демонстрира процес дигиталне форензике оперативног система Windows.

Кључне речи: Дигитална форензика, дигитални докази, форензика оперативног система Windows

Abstract – This work describes Windows operating system forensics and includes description of various tools, techniques and methods of conducting examination of digital evidence that is the result of the operating system's activities. In addition, the theoretical foundations of the Windows operating system itself are given. Also, a case study is described, which covers the process of digital forensics over the described example.

Keywords: Digital forensics, digital evidence, forensics of Windows operating system

1. УВОД

Дигитална форензика или дигитална форензичка наука је грана форензичке науке која се фокусира на проналажење и прегледање материјала пронађеног у дигиталним уређајима. Првобитно је коришћена као синоним за компјутерску форензику, али се касније проширила на истрагу свих уређаја који чувају дигиталне податке. Оперативни систем садржи системски и апликативни софтвер који нуди различите функције корисницима. Неке од њих су: управљање процесором, меморијом, улазно/излазним уређајима, подацима и апликацијама, контрола приступа, бележење догађаја, конфигурација самог оперативног система, и многе друге. Као резултат извршавања ових функција, настају различити артефакти који могу бити од интереса за форензичку истрагу, а који ће бити описани у остатку рада.

Задатак овог рада је да опише теоријске основе оперативног система Windows, као и алате, технике и начин спровођења истраге над дигиталним доказима који су резултат рада оперативног система. Друго поглавље овог рада односи се на теоријске основе

оперативног система Windows о чијем форензичком истраживању је и реч. Објашњено је шта представља Windows оперативни систем, његов историјски развој, као и кључне карактеристике које га одликују. У трећем поглављу обухваћене су технике које су специфичне за форензику оперативног система Windows, као и начин њиховог функционисања. Четврто поглавље односи се на неке од алата који се користе у циљу оптимизоване истраге над оперативним системом Windows. Пето поглавље овог рада односи се на студију случаја преко које је представљен један од више могућих поступака форензичке истраге, а која је везана за Windows оперативни систем. Шесто поглавље представља закључак, резиме целокупног рада.

2. WINDOWS ОПЕРАТИВНИ СИСТЕМ

Microsoft Windows представља породицу оперативних система, чији главни задатак је да управља хардвером, подацима, као и да извршава наредбе корисника. Као такав, оперативни систем обједињује разнородне делове рачунара у складну целину, сакривајући од корисника детаље функционисања оних делова који нису битни за коришћење рачунара.

Са једне стране, он управља деловима од којих се састоји рачунар, са циљем да они буду што целисходније употребљени, а са друге стране, оперативни систем ствара приступачно радно окружење за крајњег корисника [1].

2.1. Кључне функције Windows оперативног система

Кључне функције Windows оперативног система су: контрола хардвера (контролише хардвер прикључен на рачунар),

- контрола програма (Windows помаже у отварању и затварању програма и даје им део меморије рачунара како би им омогућио да раде),
- контрола приступа (контролише какав приступ рачунару имају различити корисници),
- контрола грешака (бави се грешкама и издаје једноставне поруке о грешкама),
- складиштење података (контролише складиштење података),
- комуникација (омогућава кориснику да комуницира са рачунаром преко тастатуре, миша, микрофона итд.),
- мултитаскинг (Windows промовише мултитаскинг омогућавајући кориснику да ради неколико ствари на рачунару одједном) и

НАПОМЕНА:

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

- претрага и организација (садржи алатке за претрагу за лакши и бржи проналазак потребних ствари).

2.2. Предности Windows оперативног система

Неке од кључних предности Windows оперативног система су:

- погодност (сви облици Microsoft Windows-а имају нешто уобичајено у себи што клијентима олакшава прелазак на другу верзију оперативног система почевши од једног обрасца до другог),
- компатибилност (Windows је оперативни систем који је веома компатибилан са већином програма или уређаја који се дистрибуирају),
- погодност дизајна (интерфејс је уредан, функционалан и једноставан за коришћење, а дизајн се истиче јер је иновативан и визуелно пријатан),
- подршка за више уређаја (Windows се може носити на свим уређајима без икаквих проблема),
- софтверска подршка (Windows платформа је погодна за програмере софтвера и рачунарских игара) и
- подршка за нови хардвер (Windows има подршку за нови хардвер зато што ће практично сви произвођачи хардвера понудити подршку за најновију верзију Windows-а када изађу на тржиште са новим производом).

2.3. Архитектура Windows оперативног система

Архитектура Windows оперативног система представља слојевити систем који чине две главне компоненте: кориснички режим и режим језгра, односно кернел режим. Извршавање корисничких апликација одвија се у корисничком режиму, док процеси који припадају оперативном систему раде у режиму језгра (кернел режиму) [2].

2.4. Windows регистар

Windows регистар представља једну од есенцијалних компоненти Microsoft Windows оперативних система. Као такав, представља централну хијерархијску базу података намењену за складиштење информација које су неопходне за конфигурирање система за једног или више корисника, апликација и хардверских уређаја. Постоји много информација у регистру које говоре оперативном систему и апликацијама шта да раде, где да смештају оређене ствари, као и како да реагују на одређени стимуланс. Користи се за чување великог броја информација и поставки за софтверске програме, конфигурације оперативног система, корисничке преференције и још много тога [3].

2.5. Лог датотеке

Лог датотеке се користе, како за оптимизовање система, тако и за праћење понашања корисника, проналазак грешака у раду апликација, бележење обавештења, генерисање података који су корисни за истраживање активности малициозних програма и многих других активности. Апликација која се најчешће користи за преглед лог датотека назива се Event Viewer [4]. Три категорије у које су сврстане лог датотеке и информације о њима, унутар Event Viewer-а су:

- Application – у овој категорији се бележе догађаји који су евидентирани од стране апликација.
- System – сваки догађај евидентиран од стране оперативног система.
- Security – када је безбедносно евидентирање омогућено, ова категорија бележи догађаје који се односе на безбедност.

3. ФОРЕНЗИЧКЕ ТЕХНИКЕ

3.1. Анализа Windows регистра

Windows регистар користи се за чување великог броја информација, конфигурације оперативног система, поставки за софтверске програме и још много тога, па самим тим представља и један од главних извора података који се анализира приликом форензичке истраге оперативног система Windows. За форензичког аналитичара, Windows регистар је „кутија са благом“. Служи као спремиште, надгледа, посматра и бележи активности које корисник обавља на рачунару. Постоји неколико начина за интеракцију са подацима и њихово издавање из регистра. Један од њих јесте Registry Editor.

3.2. Анализа лог датотека

Анализа лог датотека Windows оперативног система је веома битна из перспективе дигиталне форензике из разлога што се ту чува сваки догађај који се догоди у оперативном систему. Са форензичке тачке гледишта, анализа лог датотека обухвата много података, а који су веома важни за форензичку истрагу. Тип догађаја који се снима може бити било која појава која утиче на систем: неуспешан покушај пријаве, модификација системских поставки, грешка апликације, квар система, коришћење ресурса као што су креирање, отварање или брисање датотека итд. Такође, веома је важна јер помаже у поновном креирању временске линије догађаја, како би се помогло у форензичкој истрази. Добра анализа и филтрирање лог датотека може дигиталног форензичара усмерити на прави пут у истрази и указати на то када су се десили неки догађаји релевантни за истрагу као и ко је изазвао те догађаје.

3.3. Анализа prefetch фајлова

Програмери који раде на одржавању оперативног система Windows, одувек су били заинтересовани за убразани процес покретања оперативног система и често коришћених програма. У ту сврху, Microsoft је дошао на идеју да се посвети праћењу података и библиотека које већина апликативних програма користи при покретању и њиховом чувању у таквом формату, да оперативни систем може лако да их учита у меморију пре него што заиста постану потребни. Од тада, сваки пут када се покрене нови програм у Windows-у, добија се унапред креирана датотека (енг. prefetch file), да убрза време следећег покретања програма. Сада, када постоји таква погодност, јавља се потреба за испитивањем безбедности и применом форензике ових датотека. Поред основних ставки које садржи у себи, prefetch фајлови садрже велики корпус података у којима се налази упутство за учитавање

онога што програм највише користи приликом свог покретања.

3.4. Преглед кластера

У оквиру Windows оперативног система, датотеке које се креирају у различитим дужинама у зависности од њиховог садржаја, чувају се у блоковима података фиксне дужине који се називају кластери. Веома ретко се величине датотека савршено подударају са величином једног или више кластера. Простор за складиштење података који постоји од краја датотеке до краја последњег кластера додељеног датотеци назива се „file slack“. Будући да file slack потенцијално садржи податке извучене насумично из меморије рачунара, могуће је идентификовати корисничка имена, лозинке и друге поверљиве информације повезане са коришћењем рачунара. На великим хард дисковима може укључивати неколико стотина мегабајта података. Такође, фрагменти ранијих е-маил порука и докумената за обраду текста се могу наћи унутар file slack-а. Са становишта дигиталне форензике, file slack је веома важан као извор дигиталних доказа унутар Windows оперативног система.

3.5. Swap датотека

Windows оперативни систем користи, за складиштење података из RAM-а, одређену датотеку под називом swap file. Њена функција јесте да обезбеди простор за складиштење података који припадају RAM-у, уколико је простор RAM-а пун. Знатно је већа од кластера, па је због тога већа вероватноћа добијања дигиталних доказа, унутар Windows оперативног система.

4. ФОРЕНЗИЧКИ АЛАТИ

4.1. ENCASE

Encase алат се сматра водећим комерцијалним алатом за дигиталну форензику Windows оперативног система. Сматра се једним од најбољих и најчешће употребљаваних софтверских форензичких алата [5]. Основне карактеристике су:

- Прилагођен је форензичким истрагама на великим количинама података
- Омогућава прикупљање, прегледање и анализу доказа на Windows оперативном систему
- Обезбеђује физичко и логичко прикупљање података
- Верификован је

4.2. X-Ways Forensic алат

Неке од значајнијих карактеристика које X-Ways алат нуди укључују аутоматско откривање изгубљених или избрисаних партиција, читање партиција унутар слика масовне меморије и анализу удаљених рачунара [6]. Поред наведених, такође има и следеће карактеристике:

- Клонирање и креирање слике диска
- Приступ логичкој меморији покренутих процеса
- Различите технике опоравка података

- Омогућава прегледање и уређивање бинарних структура података помоћу шаблона

4.3. FTK Imager

Неке од карактеристика форензичког алата FTK Imager су:

- Омогућава креирање форензичке слике локалних чврстих дискова, CD-ова и DVD-ова, флеш дискова или других USB уређаја, читавих фасцикли или појединачних датотека са различитих места у медијима
- Омогућава преглед датотека и фасцикли на локалним чврстим дисковима, CD-овима и DVD-овима, флеш дисковима, мрежним дисковима или другим USB уређајима
- Омогућава преглед форензичких слика ускладишћених на локалној машини или на мрежном диску

4.4. Autopsy + The Sleuth Kit

Неке од карактеристика овог алата које су везане за Windows оперативни систем су:

- Ефикасно идентификовање активности користећи графички интерфејс
- Груписање датотека према њиховом типу, ради лакшег проналажења докумената и слика
- Могућност ознаке датотека произвољним именима ознака
- Помаже у означавању датотека и фолдера на основу путање и имена

Autopsy форензички алат је бесплатан. Како се буџети смањују, исплатива дигитална форензичка решења су од суштинског значаја. Такође, овај алат нуди исте основне карактеристике као и други дигитални форензички алати и нуди друге битне карактеристике као што су анализа веб артефаката, као и анализу регистра које други комерцијални алати не пружају [7].

4.5. Volatility

Volatility је алат отвореног кода који се користи у дигиталној форензици меморије Windows оперативног система. Овај алат прегледа и издваја меморијске артефакте 32-битних и 64-битних система из нестабилне меморије [8]. Неке од карактеристика Volatility алата су:

- Садржи команду за излиставање покренутих процеса
- Брзи и ефикасни алгоритми
- Омогућава анализу RAM-а на великим системима без непотребних трошкова или потрошње меморије
- Подржава различите формате датотека

5. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

У овом примеру, представљен је студија случаја у којој је трговац, који ради у златари, украо накит и окривио особу која није одговорна за то дело. Какко би се утврдила истинитост дате ситуације, полиција даје налог за обуставу рада златаре и врши истрагу

над рачунаром, над којим су забележени записи које су снимиле камере.

5.1. Идентификација доказа

Ова фаза дигиталне форензике односи се на детектовање, препознавање и одређивање потенцијалних доказа које је потребно прикупити, сачувати, прегледати, анализирати и презентовати. Све што изгледа као потенцијални извор доказа се фотографише или снима, а такође и бележи, што ће послужити у каснијим корацима истраге.

5.2. Прикупљање доказа

Фаза прикупљања односи се на прикупљање података са дигиталних уређаја, правећи дигиталну копију података. У наведеном кривичном делу, истражитељи, након детектовања рачунара, пажљиво приступају рачунару и започињу фазу прикупљања, у овом случају то чине користећи Autopsy алат.

5.3. Прегледање доказа

Сви подаци који су прикупљени су подељени у више пакета унутар Autopsy алата, односно, у више категорија по којима се може вршити преглед.

5.4. Анализа доказа

Овај корак служи за обраду прикупљених података и самим тим одређивање чињеница о самом догађају, као и значају самих доказа и особа које су одговорне за исти, коришћењем специјалних алата.

5.5. Презентација доказа

Презентација доказа обухвата процес у којем форензичар дели резултате фазе анализе доказа у форми извештаја заинтересованим странама. Подаци који су релевантни се, на крају истраге, чувају и складиште на пажљив начин ради могуће касније употребе у даљим правним поступцима.

6. ЗАКЉУЧАК

Истражитељи који учествују у дигиталној форензици Windows оперативног система суочиће се са разним изазовима у будућности, међу којима је раст димензија уређаја које морају да провуку кроз истрагу, чиме се отежава форензичка истрага. Такође, долази до све већег броја злонамерног софтвера и метода крековања које напредују тако брзо да је истражитељима тешко да буду у току са новим методама. Поред наведених, постоји велика вероватноћа да ће бити и других изазова, али ће такође бити и евидентни напредак како алата тако и техника за спровођење дигиталне форензике.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Per Brinch Hansen, Operating system principles, California Institute of Technology, Englewood Cliffs, New Jersey, 2001.
- [2] Microsoft, Windows Hardware Developer, User mode and kernel mode, Article 2021, [online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/gettingstarted/user-mode-and-kernel-mode>.
- [3] Harlan Carvey, Windows Registry Forensics, Advanced Digital Forensic Analysis of the Windows Registry, pp. 1-27, USA, 2011.
- [4] Lucideus, Introduction to Event Log Analysis Part 1 – Windows Forensics Manual 2018, Oct 26, 2018. [online]. Available: <https://medium.com/@lucideus/introduction-to-event-log-analysis-part-1-windows-forensics-manual-2018-b936a1a35d8a>.
- [5] OpenText EnCase Forensic, [online]. Available: <https://security.opentext.com/encase-forensic>.
- [6] X-Ways Forensics: Integrated Computer Forensics Software, [online]. Available: <http://www.x-ways.net/forensics/>.
- [7] Autopsy, [online]. Available: <https://www.sleuthkit.org/autopsy/>.
- [8] Volatility Framework – Advanced Memory Forensics Framework, September 26, 2016., [online]. Available: <https://www.darknet.org.uk/2016/09/volatility-framework-advanced-memory-forensics-framework/>.

Кратка биографија:



Оливера Секулић рођена је у Врбасу 1997. године. Завршила је основну школу „Иса Бајић“ у Кули и гимназију „Петро Кузмјак“ у Руском Крстуру, општи смер. Школске 2016/2017. године уписује Факултет техничких наука у Новом Саду, смер Рачунарство и аутоматика.

IMPLEMENTACIJA GRAPHQL API-IJA ZA DOBAVLJANJE PODATAKA O NEW YORK TIMES ČLANCIMA**IMPLEMENTATION OF GRAPHQL API FOR FETCHING DATA OF NEW YORK TIMES DOCUMENTS**

Aleksandra Urban, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – PRIMENJENE RAČUNARSKE NAUKE I INFORMATIKA

Kratak sadržaj –U radu je predstavljen sistem za dobavljanje podataka o New York Times člancima preko GraphQL API-ija (eng. Application Programming Interface). Prvenstveno je implementiran REST API koji dobavlja podatke o New York Times člancima u sistem i koji su korisnicima dostupni preko GraphQL API-ija. U ovom radu može se videti razlika u implementaciji REST i GraphQL API-ija kao i njihove prednosti i mane. Diskutovane su koristi GraphQL API-ija i analizirane određene studije slučaja.

Ključne reči: New York Times članci, REST, GraphQL, studije slučaja.

Abstract – This paper describes and presents a system for acquiring data regarding New York Times articles using a GraphQL API. Firstly a REST API was implemented which gets New York Times article data from their official database and stores them in our system, which are then made available to users using a GraphQL API. In this paper multiple differences between REST and GraphQL are presented as well as their respectable pros and cons. Many GraphQL use cases were discussed and many case studies over the before mentioned subject were analyzed.

Keywords: New York Times documents, REST, GraphQL, case studies.

1. UVOD

Kako bi sistem bio što optimizovaniji prilikom dobavljanja podataka jedna od relevantnih stvari je brzina dobavljanja istih kao i ekstrahovanje tačno zahtevanih podataka.

Kako bi ispunili ove zahteve i poboljšali performanse svoje zahtevne aplikacije, programeri Facebook-a su 2012. godine razvili GraphQL koji predstavlja jezik upita za rad sa API-jima. GraphQL nudi korisnicima da preciziraju koje podatke žele, uključujući upite podskupa resursa i dozvolu više upita u jednom zahtevu.

Postoji nekoliko načina pomoću kojih se resursi razmenjuju između klijenta i servera.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivanović, red. prof.

Jedan od najzastupljenijih je REST koji funkcioniše veoma dobro dok koncept resursa ostaje nepromenjen, što znači da ako se resurs promeni naš API više nije upotrebljiv. Ovo takođe može da predstavlja problem kada su klijentu potrebni podaci iz više izvora istovremeno koji se rešavaju tako što klijent šalje više različitih zahteva ka serveru ili server isporučuje dodatne podatke koji u većini slučajeva nisu potrebni i čine sam odgovor glomaznim i nepreglednim.

GraphQL omogućava rešenje ovih problema tako što nudi klijentu da odabere koje podatke želi, uključujući upite podskupa resursa i server će mu vratiti odgovor u jednostavnom, sigurnom i predvidivom obliku.

U ovom radu je predstavljen sistem koji u sebe uvlači podatke pomoću REST-a, a korisnicima ih dostavlja uz pomoć GraphQL API-ija pri čemu mogu da se vide njihove suštinske razlike. Kroz nekoliko studija slučaja opisano je zašto najzastupljenije aplikacije prelaze sa REST-a na GraphQL.

2. TEORIJSKE OSNOVE GRAPHQL-A

Jedan od važnijih aspekata GraphQL-a je njegova hijerarhijska arhitektura koja je promenljivog tipa zasnovanog na zahtevima klijenta. Ova hijerarhija podataka slaže se sa graf strukturiranim skladištima podataka. Oblik vraćenih podataka u potpunosti je određen upitom klijenta, tako da je ovim izbegnuto vraćanje bespotrebnih podataka pri čemu su poboljšane performanse. Promene karakteristika resursa na serveru ne zahtevaju promene na klijentskoj strani pa samim tim ne utiču na već postojeće, upotrebljive klijentske pozive. Korišćenje GraphQL API-ija podrazumeva gađanje tačno jednog endpointa sa promenljivim telom zahteva, što podrazumeva promenljiv broj polja koja klijent zahteva. Koje su sve moguće varijacije tela zahteva određuje šema GraphQL-a.

Jezik za definisanje šeme (eng. Schema Definition Language, SDL) [1] je način za definisanje i opis GraphQL šeme. Glavne komponente šeme su **tipovi** objekta koji sadrže ime i polja. Ta polja su raščlanjena na konkretne podatke tj. skalarne tipove, koji predstavljaju krajnje tačke ili listove upita. Svaki nivo hijerarhijske strukture GraphQL-a odgovara određenom tipu, a svaki tip opisuje skup dostupnih polja. Tip u GraphQL-u se može predstaviti kao pandan klasi u objektno orijentisanom modelu podataka. Pored upita postoje još dva operacijskog tipa a to su **mutacije** i **pretplate**. Klijenti svoj zahtev pišu u vidu upita kada žele da dobavljaju

podatke sa API-ija. Mutacije se koriste za iniciranje upisa ili izmena podataka, a pretplatama se otvara konekcija ka serveru preko koje će u realnom vremenu stizati odgovori vezani za tipove šeme na koje se klijent pretplatio, svaki put kada se neka izmena na serveru dogodi.

GraphQL podržava prosleđivanje argumenata. U svako polje možemo proslediti jedan ili više argumenata. Kao argument dozvoljeno je da se proslede različiti tipovi kao na primer skalari, enumi ili kompleksni input object tipovi. Kao argumente je moguće prosleđivati promenljive. Kada se promenljive prosleđuju kao argumenti u upitu koriste se sa prefiksom \$, nakon čega sledi njihov tip. Kao i mnogi drugi tipovi sistema, GraphQL podržava i interfejsse. Interfejs je aspektni tip koji uključuje određeni skup polja koja tip mora da uključi da bi implementirao interfejs. Korisni su kada želimo da vratimo objekat ili skup objekata, a oni mogu biti različitih tipova. GraphQL takođe podržava pseudonime. Pošto se polja objekta odgovora podudaraju sa imenima polja u upitu, ali ne uključuju argumente, ne može se direktno postavljati upit za isto polje sa različitim argumentima. Zato su potrebni pseudonimi koji omogućavaju da se preimenuje polje u odgovoru kako ne bi došlo do konflikta. Na listingu 2.1. možemo videti primer najjednostavnijeg upita sa klijentske strane gde želimo da obuhvatimo samo neke attribute dokumenta sa prosleđenim parametrom za tačno određeni id, u našem primeru id sa vrednošću 4.

```
{
  documents(id: 4) {
    id
    source
    headline{
      id
      main
    }
    document_type
    section_name
  }
}
```

Listing 2.1 Primer GraphQL upita

GraphQL upiti odražavaju njihov odgovor što se može videti na listingu 2.2. koji predstavlja odgovor na prethodni upit.

```
{
  "errors": [],
  "data": {
    "documents": [
      {
        "id": 4,
        "source": "The New York Times",
        "headline": {
          "id": 9,
          "main": "Corrections: Sept. 01, 2021"
        },
        "document_type": "article",
        "section_name": "Corrections"
      }
    ]
  },
  "extensions": null
}
```

Listing 2.2. Primer GraphQL odgovora

U upitu mogu da se pojave samo polja koja su definisana u određenom tipu naše šeme. Redosled polja nije bitan i neće uticati na odgovor od servera. Ukoliko se prilikom definisanja polja u šemi nađe uzvičnik (!) to označava da je vrednost polja uvek prisutna (nije null) ako se potražuje. Svako polje za svaki tip je podržano funkcijom *resolver*, koju obezbeđuje programer GraphQL servera. Kada se polje izvrši, odgovarajući *resolver* se poziva da proizvede vrednost. Ako polje proizvodi skalarnu

vrednost poput niza ili broja, izvršenje se završava. Međutim ako polje daje vrednost objekta, upit će sadržati drugi izbor polja koja se primenjuju na taj objekat. Ovo se nastavlja sve dok se ne dostignu skalarne vrednosti. GraphQL upiti se uvek završavaju skalarnim vrednostima.

Na najvišem nivou svakog GraphQL servera je tip koji predstavlja sve moguće ulazne tačke u GraphQL API, po konvenciji se naziva *Root* ili *Query*. Iako GraphQL omogućava da se iz grafikona preuzmu tačno ona polja koja su nam potrebna, on ne garantuje automatski jednostavne odgovore. Liste koje dobija kao odgovor mogu da sadrže beskonačno mnogo elemenata, što može dovesti do enormnih odgovora na veoma jednostavne upite. Da bi rešili ovaj problem, GraphQL serveri mogu da paginiraju svoja polja koja predstavljaju liste. Postoji nekoliko načina na koje se može izvršiti paginacija korišćenjem ključnih reči kao što su *first*, *offset*, *after*, *limit* i *td*.

Još jedna odlika GraphQL-a je korišćenje direktiva. Direktiva se može dodeliti polju ili fragmentu i može uticati na izvršavanje upita na bilo koji način koji server želi. Osnovna GraphQL specifikacija uključuje tačno dve direktive koje mora podržati bilo koja implementacija GraphQL servera, a to su: *@include(if: Boolean)* – uključiće polje ako je argument tačan i *@skip(if: Boolean)* – preskočiće polje ako je argument tačan. Direktiva *@auth* govori GraphQL-u kako da primeni autorizaciju. Može se koristiti za definisanje pravila autorizacije za većinu tipova. Omogućava nam da kontrolišemo koji korisnici mogu da pokreću upite, kao i to koji korisnici mogu da dodaju, ažuriraju i brišu podatke pomoću mutacija.

2.1. REST i GraphQL

REST (*Representational State Transfer*) [2] arhitektura zasniva se na jedinstvenom i unapred definisanom skupu operacija koje korisnicima omogućavaju pristup i manipulaciju veb podacima. Za pristupanje nekom resursu koji se dobija pomoću REST API-ija, klijentu je potrebna putanja do tog resursa kao i da specificira metodu šta želi da uradi sa tim resursom. Najčešće korišćene metode su GET, POST, PUT i DELETE. U REST arhitekturi, API-iji izlažu svoju funkcionalnost kao resurse, koji su bilo koja vrsta usluge, podataka ili objekta kojima klijent može pristupiti. Značajna slabost sistema zasnovanih na REST-u je ta da klijent mora da se prilagodi jedinstvenom interfejsu koji obezbeđuje API. Uopšteno govoreći, podaci se prenose u standardizovanom obliku koji verovatno uključuje identifikator bilo kog pod-resursa ili celog traženog resursa iako je samo mali deo tog resursa potreban klijentskoj aplikaciji.

Kao i REST, GraphQL na neki način predstavlja arhitekturu dizajna API-ija, ali sa drugačijim pristupom koji je mnogo brži i fleksibilniji. Glavna i najvažnija razlika je u tome što se GraphQL ne bavi namenskim resursima [3]. Umesto toga, upit se može prilagoditi klijentskim potrebama, opisujući tačno šta želi da dobije kao odgovor. Moguće je kombinovati različite entitete u jednom upitu i moguće je odrediti koje attribute treba uključiti u odgovor. Ovakav pristup odgovara razvijanju

front-end aplikacija, jer se najveći deo posla obavlja na serverskoj strani. Najčešći problem RESTful aplikacija je problem overfetching-a i underfetching-a jer klijent ne može da izabere koje tačno podatke želi, nego mora da dobavi onakve resurse koji su omogućeni od strane servera.

3. STUDIJE SLUČAJA

U poslednjih nekoliko godina GraphQL je mnogo zastupljeniji za razliku od REST-a i postao je popularan među mnogim velikim organizacijama, koje ga koriste za pravljenje svojih veb aplikacija, kao što su *Facebook*, *Github*, *Artsy*, *Walmart Lab*, *Coursera*, *Major League Soccer* i mnoge druge. U nastavku će biti opisano, za neke od njih, na koji način su zamenili REST GraphQL-om [4].

3.1. Facebook

Kako su njihove mobilne aplikacije rasle i postajale sve kompleksnije, patili su od sve većeg degradiranja performansi, kao i čestih padanja aplikacija. Upravo iz tog razloga su odlučili da 2012.godine razviju jedan od najmoćnijih API-ja za dobavljanje podataka. Početna strana ove aplikacije ranije bila je isporučivana samo kao HTML, ali kako su prešli na izvorno implementirane modele i poglede, tako im je bila potrebna API verzija podataka početne stranice. Koristili su RESTful serverske resurse kao i FQL tabele (Facebook-ov API sličan SQL-u) za dobavljanje podataka početne stranice njihovih mobilnih aplikacija. Bili su frustrirani zbog razlika između podataka koje su želeli da koriste u aplikacijama i upita servera koji su im potrebni. Postojala je i značajna količina koda neophodna sa obe strane, kako serverske za pripremu koda tako i klijentske za parsiranje istog. Ova frustracija inspirisala je njihove programere da kreiraju GraphQL, koji bi im omogućio da preuzimaju podatke iz perspektive klijentske aplikacije. Sam GraphQL upit su kreirali tako da ima izgled JSON strukture, a serverska strana vraća identičan oblik, kako bi klijentskoj strani olakšali razumevanje. Ovo rešava problem nedovoljnog ili preteranog dobavljanja podataka, jer klijent dobija tačno ono što zahteva. Takođe klijent više nema problem da prikuplja podatke sa različitih krajnjih tačaka. Neophodno je samo da specificira oblik podataka koji su mu potrebni, pri čemu ne mora da pravi nikakve pretpostavke šta će dobiti nazad jer jasno zna oblik odgovora na osnovu svog upita [5].

3.2. GitHub

Najveća promena GitHub-a u API-iju je bila kada su odbacili XML u korist JSON-a, tačnije kada su GitHub API učinili dostupnim preko GraphQL-a. Kao i većina tehnologija, REST nije savršen i ima neke nedostatke. Njihova ambicija da promene API bila je fokusirana na rešavanje dva problema: problem skalabilnosti i problem fleksibilnosti. REST API je odgovoran za preko 60% zahteva upućenih njihovoj bazi podataka. Ovo je iz razloga što po svojoj prirodi, hipermedijska navigacija zahteva od klijenta da stalno komunicira sa serverom kako bi mogao da dobije sve informacije koje su mu potrebne. Njihovi odgovori su bili ogromni sa mnogim URL nagoveštajima koji bi pomagali ljudima da prolaze kroz API kako bi dobili željene podatke. Ponekad su bila potrebna dva ili više odvojena poziva da bi se sakupio

kompletan prikaz resursa što je predstavljalo dooljan razlog da pređu na GraphQL koji im omogućava da uz pomoć samo jednog endpointa dobiju sve željene podatke [6].

3.3. Artsy

Artsy tim je počeo da koristi GraphQL koji povezuje različite API-je sa više front-end aplikacija uključujući iOS aplikacije. Ovo im je pomoglo ne samo da budu dosledniji sa načinom na koji preuzimaju podatke iz aplikacija, već je poboljšalo i zadovoljstvo njihovih programera. Integracija GraphQL-a u njihov API je dovela do povećanja brzine učitavanja stranica. Njihov fokus je tokom prošlih godina najviše bio na tome kako se sadržaj pojavljuje, ali su se trenutno fokusirali na brzinu jer je u današnje vreme bitno prikazati korisnicima sadržaj u najkraćem mogućem roku. Kako bi povećali brzinu stranice refaktorirali su kod kako bi imali manje preuzimanja podataka, ali ovo nije efikasno zato su u svoj kod uveli GraphQL.

Do uvođenja GraphQL-a vraćali su kolekcije članaka sa svim njenim sadržajem, pri čemu je prikazivanje jedne jednostavne stranice sa listom članaka vršila preveliko opterećenje za njihov sajt. Sada im je uz pomoć GraphQL-a omogućeno da dobave samo nekoliko stvari kao što su naslov i slika, bez potrebe da rade bilo kakav dodatni posao. Ovo je posebno važno za korisnike koji se prijavljuju preko mobilnih uređaja koji se susreću sa sporijim brzinama mreže [7].

3.4. Walmart Labs

Timovima koji se bave mobilnim aplikacijama Walmart Labs-a kao i timovi koji razvijaju njihove veb stranice imaju različite zahteve o tome koji podskup podataka žele da dobiju. Iz tog razloga, učiniti podatke lako dostupnim predstavljalo je veliki izazov za njihove programere.

Vremenom su se našli u situaciji da imaju enormnu količinu API-ja, od kojih je svaki napravljen za poseban slučaj korišćenja. Svaki od ovih API-ja je bio drugačije konfigurisan i imao je sopstvene konvencije pisanja URL-a, parametara upita itd. Razvoj bilo kog od postojećih API-ja predstavljalo je veliki problem. Dodavanje novog polja u JSON odgovor je bilo vrlo rizično, jer bi moglo imati nepredviđene posledice za klijente koji su se oslanjali na prethodni odgovor.

Njihov glavni cilj je bio da razviju i poboljšaju API-je bez komplikovanijih migracionih planova. Želeli su da budu u mogućnosti da sa sigurnošću uvode promene u kod, bez straha o potencijalnim nuspojavama. Međutim, postojao je problem jer GraphQL nije bio podržan za programski jezik koji su oni koristili. Pošto GraphQL ima robusnu specifikaciju, uspeali su da izgrade sopstvenu potpuno realizovanu implementaciju – Lacinia.

Nakon što su razvili internu verziju Lacinia-e, bili su u mogućnosti da pregaze skoro sve postojeće API-je sa uslugama koje pokreće GraphQL [8].

4. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

U ovom poglavlju je dat opis implementacije aplikacije koja koristi REST arhitekturu za dobavljanje podataka o

New York Times člancima, koji se čuvaju u samoj aplikaciji, a klijentima su dostupni preko GraphQL API-ja. Aplikacija je implementirana u programskom jeziku Java (verzija 8), uz korišćenje radnog okvira Spring Boot radi razvijanja aplikacije visokih performansi.

4.1. Konfiguracija

Biblioteke koje su se koristile pri izradi aplikacije su **Spring Boot GraphQL Starter** koja nudi način za pokretanje GraphQL servera za vrlo kratko vreme i **GraphQL Java Tools**. Prva pomenuta biblioteka zapravo pretvara Spring Boot aplikaciju u GraphQL server koristeći GraphQL Java Tools biblioteku [9].

GraphQL Java Tools biblioteka omogućava nam da svoju schemu napišemo na jednostavan, prenosiv način, koristeći GraphQL jezik šeme umesto teško čitljivog koda. Ona zapravo služi za mapiranje GraphQL šeme na postojeće Java objekte.

4.2. GraphQL endpoint

New York Times članci su dostupni korisnicima preko GraphQL endpointa. Za komunikaciju sa ovim endpointom bila je neophodna implementacija *Controller*-a koji prima zahtev i prosleđuje ga dalje servisu koji je zadužen za poslovnu logiku. Svaki *Controller* označava se anotacijom *@RestController*. Implementaciju servisa je neophodno anotirati specijalnom anotacijom *@Service* koja govori da ta klasa zapravo izvršava poslovnu logiku. U servisu je implementirana *loadSchema()* metoda koja ima anotaciju *@PostConstruct* što znači da će se izvršiti kada se inicijalizuje servis. Ova metoda služi za učitavanje naše GraphQL šeme u aplikaciju. Ta šema mora da se parsira. Ovo je moguće izvršiti pomoću *SchemaParser*-a koji nam omogućava sam GraphQL koji smo uvukli u našu aplikaciju. Kada se šema parsira ona se učitava u *TypeDefinitionRegistry* koji nam je isto omogućio GraphQL. Tako da će se GraphQL odnositi na taj registar koji ima podatke šeme i pratiće koji se objekti u njoj nalaze, kao i koje objekte mi zahtevamo. *RuntimeWiring* nam omogućava da mapiramo polja iz šeme. Kada je mapiranje završeno i registar spreman, oni se nude GraphQL šemi koju kreiramo da bude izvršiva.

Kako bi se dobavili podaci za svaki upit, neophodno je da imamo dobavljače podataka, a to su *Data Fetcher*-i. *Data Fetcher* je odgovoran za vraćanje vrednosti podataka za dato polje GraphQL-a. GraphQL koristi alat za preuzimanje podataka da dobavi logičko polje u objekat, koji se kreira u vreme izvršavanja, koji će biti vraćen kao deo GraphQL odgovora. U drugim implementacijama oni se ponekad nazivaju "Resolvers" ili "Field Resolvers" jer oni pretvaraju logičko polje GraphQL-a u stvarnu vrednost podataka. Svako polje u GraphQL-u je povezano sa *graphql.schema.DataFetcher*-om. Neka polja će koristiti specijalizovani kod za preuzimanje podataka koji zna kako da pristupi bazi podataka kako bi dobio informacije o polju, dok većina jednostavno uzima podatke iz vraćenih memorijskih objekata koristeći naziv polja. Svakom *Data Fetcher*-u se prosleđuje objekat *graphql.schema.DataFetchingEnvironment* koji sadrži koje polje se preuzima, koji su argumenti dostavljeni u polje i druge informacije kao što su tip polja i tip nadklase. Definisanje dostupnih tipova za upit postiže se

kreiranjem šeme. Tip koji se u ovoj aplikaciji koristi za sve moguće ulazne tačke je *Query* tip. U njemu je naveden tip upita koji može da se koristi a to je *document* uz koji se prosleđuju neobavezni parametri: *id* dokumenta, *offset*, *limit* i *filter*. Da bi se mogao koristiti ovaj upit neophodno je deklarirati tip *Document* kao i svaki drugi objektni tip koji se koristi u šemi.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je uloga GraphQL-a u dobavljanju članaka iz New York Times-ove baze podataka. Opisane su prednosti i mane ove tehnologije u poređenju sa REST arhitekturom kroz implementaciju samog rada.

U današnje vreme brzina i preciznost vraćenih podataka predstavljaju najznačajnije karakteristike GraphQL-a. Ova tehnologija smanjuje količinu vraćenih podataka zavisno od potreba klijenata. Jedna od najvažnijih karakteristika GraphQL-a koja je opisana u ovom radu je šema koju ova tehnologija koristi radi preciznijeg i lakšeg dobavljanja podataka.

6. LITERATURA

- [1] Schema Definition Language <https://graphql.org/learn/schema/>
- [2] Representational State Transfer <https://www.ibm.com/cloud/learn/rest-apis>
- [3] GraphQL vs REST <https://blog.api.rakuten.net/graphql-vs-rest/>
- [4] GraphQL Case studies <https://www.graphql.com/case-studies/>
- [5] Facebook case study <https://engineering.fb.com/2015/09/14/core-data/graphql-a-data-query-language/>
- [6] GitHub case study <https://github.blog/2016-09-14-the-github-graphql-api/>
- [7] Artsy case study <https://artsy.github.io/blog/2016/11/02/improving-page-speed-with-graphql/>
- [8] Walmart case study <https://medium.com/walmartglobaltech/open-sourcing-lacinia-our-graphql-library-for-clojure-96a4ce5fc7b8>
- [9] Spring Boot GraphQL Starter <https://docs.spring.io/spring-graphql/docs/1.0.0-M5/reference/html/>

Kratka biografija:



Aleksandra Urban rođena je 27.12.1997. godine u Sremskoj Mitrovici. Godine 2016. upisala je Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, odsek Računarstvo i automatika. 2018. upisuje usmerenje Primenjene računarske nauke i informatika, a 2019. godine se opredeljuje za modul Internet i elektronsko poslovanje. U septembru 2020. godine je diplomirala i upisala Master akademske studije.

Kontakt: urb.saska@gmail.com

NELINEARNA STATIČKA ANALIZA VIŠESPRATNE ZIDANE ZGRADE U NOVOM SADU**NONLINEAR STATIC ANALYSIS OF A MULTI - STOREY MASONRY BUILDING IN NOVI SAD**

Božidar Kojić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Dokaz nosivosti za seizmička dejstva sprovodi se putem nelinearne statičke analize („pushover“), koja se u Evrokodu daje kao alternativa linearnim metodama analize, ali i za verifikaciju performansi postojećih objekata. Pri analizi kapaciteta, razmatrana su granična stanja ograničenja oštećenja (DL), nosivosti (SD) i blizu kolapsa (NC). Prvu celinu rada čini tehnički opis konstrukcije sa osvrtom na način dimenzionisanja elemenata konstrukcije. Drugu celinu čine teorijska poglavlja o odredbama Evrokodova 8-1 i 8-3, o načinima analize konstrukcija na seizmička dejstva i o načinima modeliranja zidanih konstrukcija. Praktični deo prikazuje nelinearnu statičku analizu i zaključke, na osnovu dobijenih rezultata, i opravdanost propisa za jednostavne zidane konstrukcije i propisanih vrednosti faktora ponašanja u Evrokodu 8.

Ključne reči: Seizmička dejstva, Nelinearna statička analiza, Odredbe Evrokoda 8, Metode analize

Abstract – Proof of capacity for seismic actions is performed via nonlinear static analysis („pushover“), which Eurocode gives as an alternative for linear methods of analysis, but as well as for performance verification of existing buildings. While analyzing capacity, damage (DL), ultimate (SD) and near collapse (NC) limit states were considered. The first part of the thesis consists of technical description of the structure with a reference to the method of design of structural elements. Second part consists of theoretical chapters about provisions of Eurocode 8-1 and 8-3, means of analysis of structures exposed to seismic actions and about ways of modeling of masonry structures. Practical part shows nonlinear static analysis and conclusions, based on the obtained results, and justification of provisions for simple masonry structures and prescribed values of behaviour factor by Eurocode 8.

Keywords: Seismic actions, Nonlinear static analysis, Provisions of Eurocode 8, Analysis methods

1. UVOD

Osnovu rada čini zgrada projektovana u okviru Diplomskog rada autora. Kako je ona tada ispunjavala sve kriterijume za „jednostavnu zidanu zgradu“ [1], proračun uticaja usled dejstva seizmike bio je izostavljen.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz Master rada čiji mentor je bio vanr. prof. dr Vladimir Vukobratović.

U međuvremenu, seizmički hazard na lokaciji je povećan dva puta, te zgrada više ne može biti klasifikovana kao „jednostavna“ - broj etaža za dato ubrzanje tla je veći od dozvoljenog. Objekat je spratnosti P + 3 + Pk, u osnovi 14,66 m x 29,85 m i visine 16 m. Spratna visina je 2,95 m. Rešen je kao masivni sistem sa nosećim zidanim zidovima, uokvirenim armiranobetonskim (AB) horizontalnim i vertikalnim serklažima. Usvojen je minimalan broj nosećih armiranobetonskih greda, tamo gde je bilo potrebno za oslonac međuspratnim tavanicama ili konzolnim ispustima. Noseći zidovi su debljine 25 cm i zidani su glinenim blokovima sa vertikalnim šupljinama normalizovane srednje čvrstoće pri pritisku $f_b = 11,5$ MPa. Blokovi su povezivani u sklop zida malterom M5 (5 MPa), opšte namene, i to na način da su pored horizontalnih spojnica, popunjene i vertikalne spojnice. I vertikalni i horizontalni serklaži su izvedeni od betona C25/30.

Raspored serklaža prati u svemu propise EC6 [2]. Svi vertikalni serklaži se pružaju od temelja do vrha zgrade. Nalaze se na ukrštanjima, sučeljavanjima, suticanjima i krajevima zidova, kao i sa obe strane otvora većih od 1,5 m². Dodatno, vertikalni serklaži se moraju pojaviti i na rastojanjima ne većim od 4 m. Horizontalni serklaži nalaze se iznad svih nosećih zidova u nivou tavanica. Tavanice su polumontažne tipa „fert“, po svojoj statičkoj prirodi sitnorebraste tavanice noseće u jednom pravcu, ukupne visine 20 cm.

2. NELINEARNA STATIČKA ANALIZA

Pushover analizom možemo demonstrirati kako se progresivni lom u zgradi stvarno dešava, i identifikovati modus konačnog loma. Pushover je nelinearna analiza za procenu kapaciteta i snage konstrukcije izvan elastičnog limita, pa sve do svoje krajnje snage u post-elastičnom opsegu. U procesu, ova metoda takođe predviđa potencijalne slabe zone u konstrukciji, prateći sekvence oštećenja svakog konstruktivnog elementa ponaosob. Nelinearna statička analiza se sprovodi pod konstantnim gravitacionim opterećenjem, i sa monotono rastućim horizontalnim opterećenjem. Primenjuje se za sledeće potrebe [3,4]:

→ Za izračunavanje ili proveru tzv. faktora redundantnosti, odnosno faktora prekoračenja čvrstoće α_u/α_1 .

→ Za procenu očekivanog plastičnog mehanizma i raspodele oštećenja.

→ Za procenu konstrukcijskih performansi postojećih ili saniranih, dograđenih, rekonstruisanih, adaptiranih objekata.

→ Kao alternativa proračunu baziranom na uticajima proizašlim iz linearno elastične analize, te na primeni faktora ponašanja q .

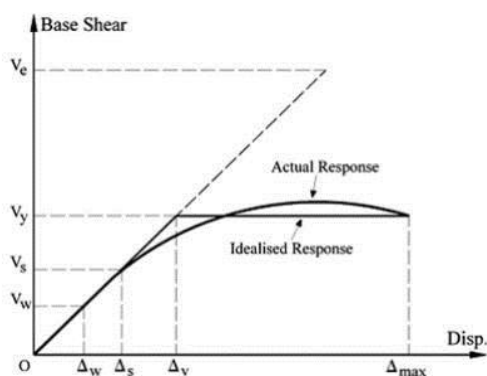
Analiza se vrši primenom elastičnog, a ne projektnog spektra. Sprovodi se uz pretpostavku materijalno nelinearnog ponašanja materijala. Matematički model koji se koristi u elastičnoj analizi treba da se proširi tako da uključi nosivost konstrukcijskih elemenata i njihovo post-elastično ponašanje. Na nivou elemenata treba da se koristi bilinearna veza sila-deformacija. Kod zidanih zgrada, elastična krutost u bilinearnoj relaciji sila-deformacija treba da odgovara isprskalim presećima. Osobine elemenata treba da budu zasnovane na osrednjenim vrednostima osobina materijala. Aksijalne sile usled gravitacionih opterećenja treba da se uzmu u obzir pri određivanju zavisnosti sila-deformacija za konstruktivne elemente. Momenti savijanja usled gravitacionog opterećenja u vertikalnim elementima mogu da se zanemare. Model konstrukcije materijalno nelinearnih karakteristika se opterećuje gravitacionim opterećenjem i horizontalnim silama, koje simuliraju inercijalne sile. Barem dve vertikalne raspodele bočnih sila moraju biti primenjene [1]:

→ Uniformna šema u kojoj su sile proporcionalne samo masama, a nezavisne su od visinskog položaja masa.

→ Modalna šema koja odgovara principu određivanja seizmičkog dejstva metodom bočnih sila.

Bočne sile moraju da se apliciraju na mestu koncentrisanih masa u proračunskom modelu, sa uzimanjem u obzir slučajnog ekscentriciteta [1]: $e_{ai} = \pm 0,05L_i$ (dimenzija objekta u osnovi). Povećavanjem inkrementalnog opterećenja dolazi do otkazivanja pojedinih elemenata konstrukcije, što uzrokuje smanjenje krutosti sistema.

Praćenjem razvoja plastifikacija u nelinearnom sistemu stiže se uvid u plastični mehanizam. Ocena zemljotresne otpornosti se daje na osnovu praćenja jednog karakterističnog čvora – kontrolnog čvora. Kontrolni čvor je najčešće centar masa najvišeg sprata. Na osnovu pomeranja kontrolnog čvora crta se kriva nosivosti iz koje se može oceniti seizmička otpornost sistema, i koja zapravo predstavlja osnovni rezultat pushover analize – kriva kapaciteta. Kriva kapaciteta predstavlja dijagram koji daje zavisnost između ukupne bazne sile (ukupno aplicirano horizontalno opterećenje) V_b , i kontrolnog pomeranja d_n . Kontrolno pomeranje je pomeranje kontrolnog čvora. Oblik krive kapaciteta prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Izgled pushover krive

U analizi, horizontalno opterećenje se povećava u inkrementima od nule, do opterećenja koje rezultuje horizontalnim pomeranjem od 100 do 150% ciljnog pomeranja. Ciljno pomeranje je definisano kao seizmički zahtev određen iz elastičnog spektra odgovora, preko pomeranja ekvivalentnog sistema sa jednim stepenom slobode kretanja (SDOF). Procedura za njegovo određivanje data je u Aneksu B EN1998-1. Prema EN1998-3 nelinearnim metodama analize konstrukcija, poredi se zahtev sa kapacitetom. Zahtev je pomeranje vrha zgrade koje odgovara ciljnom pomeranju, a kapacitet je pomeranje vrha zgrade pri kojem, usled progresivnih oštećenja i loma elemenata konstrukcije, bazna sila opadne ispod 80% maksimalne nosivosti konstrukcije [5].

3. ODREĐIVANJE FAKTORA PONAŠANJA

Zbog toga što konstrukcijski sistemi imaju kapacitet da se zemljotresnim dejstvima suprotstave u nelinearnom domenu, to nam dozvoljava da za proračun njihove seizmičke otpornosti koristimo sile koje su manje od onih koje odgovaraju linearno elastičnom odgovoru. Uzevši u obzir kapacitet konstrukcije za disipaciju energije kroz duktilno ponašanje njenih elemenata, sprovodi se elastična analiza zasnovana na spektru odgovora koji je redukovao u odnosu na elastičan spektar. Ova redukcija se ostvaruje uvođenjem faktora ponašanja q . Prema Evrokodu 8 [1], faktor ponašanja konstrukcije q je "aproksimacija odnosa između seizmičkih sila, koje bi nastale u konstrukciji ako bi se ona ponašala potpuno elastično sa 5% relativnog viskoznog prigušenja, te minimalnih seizmičkih sila koje se mogu upotrebiti kod projektovanja sa konvencionalnim elastičnim računskim modelima, koje još osiguravaju zadovoljavajući odgovor konstrukcije." Vrednost faktora ponašanja q za zidane zgrade daje se između 1,5 i 3,0. Međutim, pri primeni linearne analize sa takvim faktorima ponašanja, nailazi se na niz problema u praksi [4]:

→ Poteškoće u zadovoljenju graničnih stanja nosivosti, posebno za nearmirane zgrade, već sa dva ili tri sprata.

→ Rezultati analitičkih provera sigurnosti ne odgovaraju eksperimentalnim ispitivanjima koja su pokazala veće nosivosti takvih konstrukcija.

→ Dolazi se do kontradikcije za odredbe za jednostavne zidane zgrade pri kojima za neke slučajeve ne trebamo dokaz za seizmičko opterećenje, a pritom pri proveru konstrukcija ne zadovoljava.

→ Rezultati linearne analize daju mnogo nižu nosivost nego rezultati nelinearne analize.

Pri tome, standard preporučuje upotrebu vrednosti na donjim granicama preporuka. Međutim konačna odluka ostavlja se nacionalnim dodacima. Procena i određivanje osnovne vrednosti faktora ponašanja q^* , kao i faktora prekoračenja OSR , može se izvršiti numeričkim modeliranjem sprovođenjem nelinearnih metoda analiza (što je obrađeno u praktičnom delu rada). Posmatrajući duktilnost pomeranja konstrukcije, μ , koja predstavlja najpogodniju količinu za ocenu zahteva i kapaciteta prilikom seizmičkog dejstva, osnovna vrednost faktor ponašanja q^* može se predstaviti preko odnosa pomeranja:

→ pomeranje pri graničnom kapacitetu nosivosti konstrukcije d_u

→ i pomeranje na granici tečenja, d_y , određeno sa krive kapaciteta idealizovane bi-linearne krive

Na osnovu pravila o jednakosti pomeranja ili jednakosti energije (u zavisnosti od vrednosti perioda vibracije konstrukcije T^* za SDOF sistem), osnovna vrednost faktor ponašanja q^* može se izraziti na sledeći način:

$$\rightarrow q^* = 1 + (\mu - 1) \cdot T^* / T_c \quad \text{za } T^* < T_c \quad (1)$$

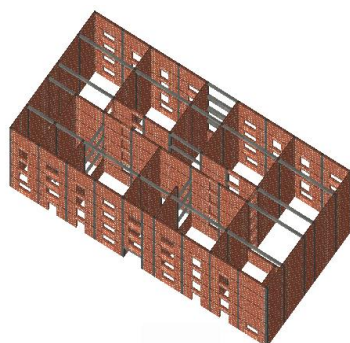
$$\rightarrow q^* = \mu \quad \text{za } T^* \geq T_c \quad (2)$$

Koeficijent prekoračenja OSR možemo izraziti preko odnosa F_y/F_{el} , gde je F_y granična smičuća sila (na idealizovanoj bi-linearnoj krivi), a F_{el} smičuća sila koje odgovara dostizanje kapaciteta po savijanju ili smicanju prvog zida u konstrukciji zgrade prema linearno-elastičnoj analizi (pronalazi se inkrement u kojem se desila plastifikacija u prvom zidu, po savijanju ili smicanju). Faktor ponašanja q se tada može odrediti, prema [6] primenom izraza:

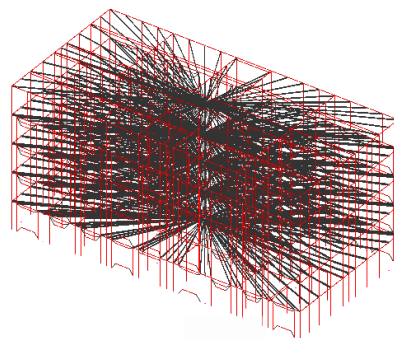
$$\rightarrow q = q^* \cdot OSR \quad (3)$$

4. NAČIN MODELIRANJA

Računski model konstrukcije, kao što je ranije rečeno, odrađen je u softverskom paketu "AmQuaq". Seizmička verifikacija se obavlja prateći odredbe Evrokoda 8, koristeći pushover analizu i metodu modeliranja ekvivalentnih okvira [7,3]. U ovoj metodi konstrukcija je predstavljena linijskim (1D) elementima postavljenim u težišne linije zidova, serklaža, parapeta i nadvoja. Ovakav pristup dovodi do sadejstva između zidova i u ovoj metodi dolazi do varijacije intenziteta aksijalnih sila (za razliku od drugog najčešćeg pristupa, konzolnog). Zidana konstrukcija modelira se primenom 1D elemenata sa pretpostavkom da zidovi imaju elasto-plastično ponašanje sa ograničenom deformacijom (bi-linearna veza sila-deformacija). Beskonačno krute tavanice u svojoj ravni omogućuju kompatibilnost horizontalnih pomeranja svih čvorova, odnosno zidova koje povezuju. Svi betonski linijski elementi su modelirani sa tačno usvojenom armaturom, a to se odnosi na vertikalne i horizontalne serklaže, nadvratne i natprozorne grede, klasične AB grede i visoke grede. Na Slikama 2 i 3 je, respektivno, dat izgled trodimenzionalnog (3D) modela u svom "render" obliku, kao i u svom "žičanom" (wired) obliku, koji je fizičko - matematička idealizacija realnog stanja prema metodi ekvivalentnih okvira.



Slika 2. 3D model konstrukcije u programu AmQuaq



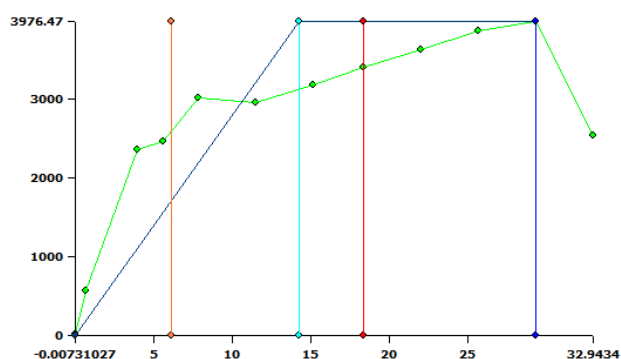
Slika 3. "Žičani model" sa konačnim elementima

5. REZULTATI ANALIZE I ZAKLJUČAK

Izvedena su dva zasebna proračuna na identičnom modelu: jedan za SD stanje, jedan za NC stanje, i pri tome se u oba slučaja razmatra i granično stanje ograničenja oštećenja (DL). U Tabeli 1, kao primer, biće prikazani rezultati pushover analize za jedan slučaj opterećenja, za jedno razmatrano granično stanje nosivosti (konkretno SD). Na Slici 4 prikazan je izgled pushover dijagrama za rezultate iz tabele. Dijagram pokazuje ciljna pomeranja za DL i SD označen narandžastom, odnosno crvenom bojom. Svetlo plavom bojom označena je granica tečenja d_y , a tamno plavom kapaciteti.

Tabela 1. Rezultati za $X+$, $e+$, uniformna raspodela sila

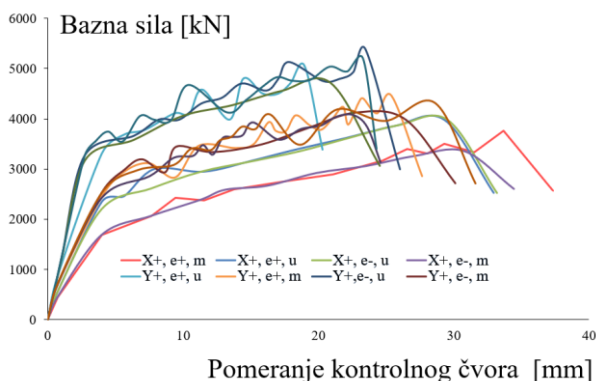
veličina (jedinica mere)	vrednost	veličina (jedinica mere)	vrednost
F_y (kN)	3976,5	T^* (s)	0,48
d_y (mm)	14,30	μ (/)	2,05
$d_{t, DL}$ (mm)	6,10	OSR (/)	1,70
$d_{c, DL}$ (mm)	29,30	q^* (/)	2,05
$d_{t, GSN \times 1,5}$ (mm)	18,40	q (/)	3,48
$d_{c, SD (GSN)}$ (mm)	29,30		



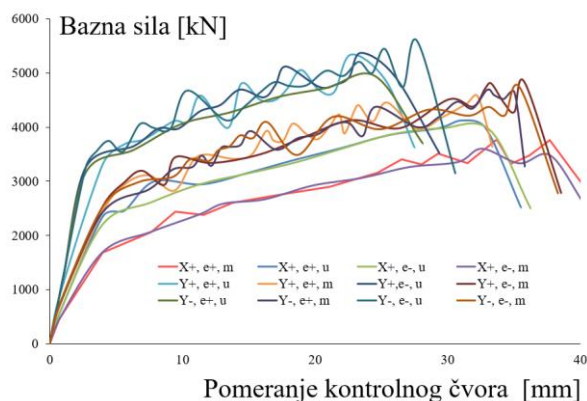
Slika 4. „Pushover“ kriva

Na Slikama 5 i 6 prikazane su sve krive kapaciteta za sve slučajeve opterećenja (dva moguća pravca, dva smera, dva ekscentriciteta, dve raspodele bočnih sila), za svako granično stanje nosivosti ponaosob (SD i NC). Analiza pokazuje da u svim slučajevima opterećenja konstrukcija zadovoljava sva granična stanja (NC, SD, DL). Za granična stanja DL pokazalo se da su ciljna pomeranja uvek u delu dijagrama koji odgovara linearnom elas-

tičnom odgovoru konstrukcije, što je bilo i za očekivati (npr. slika 4).



Slika 5. Krive kapaciteta granično stanje SD



Slika 6. Krive kapaciteta granično stanje NC

Poredeći kapacitete pomeranja za DL, sa ciljnim pomeranjima, pokazuje se da su ta granična stanja zadovoljena sa velikom rezervom, u svim slučajevima (oko 79 % u proseku). Granična stanja nosivosti su takođe zadovoljena sa rezervama. Za granično stanje SD zaliha iznosi prosečno 32,9 %, dok za NC iznosi nešto više – 41,5%. Količnik kapaciteta po pomeranju za dva razmatrana granična stanja nosivosti, iznosi u proseku 1,23. To približno odgovara odnosu od 4/3 koje nalaže EC8-3, za odnos kapaciteta ugla otklona za NC i SD stanje (kao i globalnih kapaciteta) [5]. Projektno ubrzanje tla je $0,1g = 0,981 \text{ m/s}^2$. Maksimalno moguće referentno ubrzanje tla, koje konstrukcija može da podnese, proizašlo iz pushover analize iznosi najmanje $1,32 \text{ m/s}^2$. To je više za 34%. Ista konstrukcija ranije bila je tretirana kao jednostavna zidana zgrada, prema kome dokaz nosivosti za seizmičko dejstvo nije potreban [1]. Uzevši u obzir rezerve po pomeranjima, kao i ubrzanjima tla, ova analiza potvrđuje taj stav i pokazuje sa kolikim konzervativizmom odredbe EC8-1 daju uslove za jednostavne zidane zgrade. Može se razmatrati da ima prostora da se takve odredbe ublaže. Kada govorimo o faktorima ponašanja (q faktorima), poznato je da EC8-1 propisuje vrednosti od 1,5 do 3,0. Pushover analiza pokazuje q faktore u rasponu od 2,83 do 4,12. Faktori ponašanja tako u proseku iznose: 3,48 za SD stanje i 3,71 za NC stanje. Osnovne vrednosti q faktora dobijene iz pushover analize iznose 2,03. Ovaj parametar je upravo reda veličine koji bi EC8-1 preporučivao za faktor ponašanja. Postoji, međutim, nešto što omogućava

uvećanje q faktora. To je faktor prekoračenja čvrstoće, OSR (eng. overstrength factor), koji u proseku iznosi 1,78. Ovaj faktor je izuzet iz definicije q faktora za zidane konstrukcije u EC8-1. Može se reći da te propisane vrednosti predstavljaju zapravo osnovne vrednosti faktora ponašanja. Postojanje takve konzervativnosti može da izazove poteškoće navedene u Poglavlju 3. Zbog pozitivnih rezultata naučnih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja, može se očekivati da nadolazeća generacija Evrokodova ublaži kriterijume i za jednostavne zidane zgrade, i za veličinu q faktora za zidane konstrukcije. Važno je napomenuti da zidane konstrukcije treba koristiti i razmatrati znajući sve njihove dobro poznate prednosti i mane. Pri samom koncipiranju, i projektovanju, potrebno je pridržavati se svih preporuka Evrokodova za aseizmičko projektovanje: posvetiti pažnju dispoziciji, rasporedu elemenata, regularnostima u osnovi, visini, kontinuitetu zidova. Potrebno je pažnju posvetiti pravilnom rešavanju detalja i, što je najvažnije, pridržavati se maksimalno propisanih spratnosti za data ubrzanja tla na lokaciji.

6. LITERATURA

- [1] SRPS EN 1998-1. Evrokod 8 - Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija - Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade. Srpski standard, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, 2015.
- [2] SRPS EN 1996-1-1. Evrokod 6 - Projektovanje zidanih konstrukcija – Deo 1-1: Opšta pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije. Srpski standard, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, 2012.
- [3] Vukobratović, V.: Odabrana poglavlja zidanih konstrukcija. Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Novi Sad, 2019.
- [4] Manojlović, D.: Primena Evrokodova za proračun novih i procenu stanja postojećih zidanih zgrada, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Novi Sad, maj 2019.
- [5] SRPS EN 1998-3. Evrokod 8 - Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija - Deo 3: Ocena stanja i ojačanje zgrada. Srpski standard, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, 2015.
- [6] Tomažević, M.: Introducing Eurocodes and the calculation of seismic resistance of the masonry constructions. Materijali i konstrukcije 51/2(2008) 3-24.
- [7] Cervenka, J., Jendele, L., Janda, Z.: AmQuake - Program documentation. Cervenka Consulting Ltd., Praga, April 12, 2016.
http://www.amquake.eu/download3/AmQuake_Documentation.pdf

Kratka biografija:



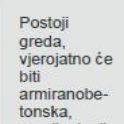
Božidar Kojić rođen je u Doboju, 1994. godine. Osnovne akademske studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka 2018. godine, iz oblasti građevinarstvo – konstruktivni smer. Master akademske studije smer – konstrukcije upisao je iste godine. Master rad iz oblasti zidanih konstrukcija uradio je i odbranio u 2021. godini.

1147

2.2. LOD – Nivoi razvijenosti elemenata BIM modela

Nivo razvijenosti, odnosno nivo razvijenosti elemenata BIM modela je mera koja se koristi za opisivanje poudzdanosti informacija koje su deo elemenata modela u različitim fazama razvijenosti BIM modela, odnosno projekta. Primarna svrha nivoa razvijenosti jeste da

svakom učesniku projekta tokom projektovanja ili građenja bude jasno šta se od njega očekuje prilikom razvoja BIM modela u nekoj fazi projekta, a da u isto vreme i drugi znaju šta mogu očekivati od ostalih učesnika u projektu. Nivoi razvijenosti određuju se LOD tablicama u intervalima po 100.

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 350	LOD 400	LOD 500
					
Nema informacija (nije uopće poznato je li gređa potrebna).	Postoji gređa, vjerovatno će biti armiranobetonjska, procijenjenih dimenzija.	Armiranobetonjska gređa, točno određenih svojstava betona i armature definiranog presjeka, predgotovljena, sve dimenzije su precizno određene.	Kompromis: koristi se LOD međukorak, plan oplote i armature te PKOK gređe u tvornici.	Izvedbeni projekt, uz plan oplote i armature te PKOK, razrađeni su svi detalji građenja: oprema za podizanje, mjesta prihvata i drugo.	Snimak izvedenog stanja.

Slika 3. LOD nivoi na primeru

2.3. 4D vremensko planiranje

Dosadašnja praksa učvrstila je saznanje i sastav rada u 2D CAD projektovanju. S tehnološkim napretkom CAD se razvio i u novoj dimenziji te je stvoren 3D CAD. Daljnji napredak tehnologije zamjenio je CAD tehnologiju BIM tehnologijom, čija je baza 3D model na koji se vežu i razvijaju dodatne dimenzije, poput vremena (4D), troškova (5D), održivosti i potrošnje energije (6D) i upravljanja i održavanja (7D).

Vremensko planiranje je proces u kome se 4D BIM model (to je 3D BIM model sa dodatnom komponentom vremena) koristi kako bi se efikasno planiralo zauzeće prostora tokom renoviranja, prenamene, dograđivanja u fazi korišćenja objekta ili kako bi se prikazao redosled građenja i potreban prostor na gradilištu u fazi građenja. 4D modeliranje je moćan alat za vizualizaciju i komunikaciju koji projektnom ili izvođačkom timu, uključujući Investitora daje bolji uvid u glavne događaje projekta kao i uopšteno u plan građenja [2].

3. BIM SOFTVER

BIM softver mora imati mogućnost prezentovanja i fizičkih i funkcionalnih svojstava objekta kao objektivno usmerenog modela na koji se veže baza podataka. Korisnici BIM softvera moraju imati mogućnost pregleda i komunikacije s modelom u trodimenzionalnim i dvodimenzionalnim pogledima. BIM softver omogućuje da su, s razvojem modela, svi nacrti unutar projekta na odgovarajući način prilagođeni potrebama projekta [3].

Kako bi BIM softverski alati isporučili integrisani model, moraju zadovoljiti sledeće uslove:

- Pristupačnost,
- Prostornost (3D),
- Napredne postavke uvoza i izvoza dokumenata ili modela korišćenjem protokola i formata za razmenu informacija,

- Udaljavanje od desktop aplikacija prema Internet-based aplikacijama,
- Postavke i alati koji podržavaju prikaz i izradu složenih izgleda i detalja.

3.1. Revit

Revit se sastoji od: Revit Architecture, Revit Structure i Revit MEP gde su obuhvaćeni svi saradnici na projektu. Model se gradi od parametarskih elemenata koji se u Revitu zovu familije, koje dolaze kao kolekcija gotovih familija.

3.2. Bexel Manager

Predstavlja podršku za klasičan način rada građevinskoj industriji i namenjen je analizi i obradi projekata u cilju poboljšanja modela i optimizaciji troškova i radnih procesa u svim fazama razvoja projekta. Program podržava otvoreni BIM standard, što podrazumeva da program omogućuje razmenu datoteka kreiranih različitim BIM softverskim alatima [4].

3.3. Analiza modela i 4D simulacija

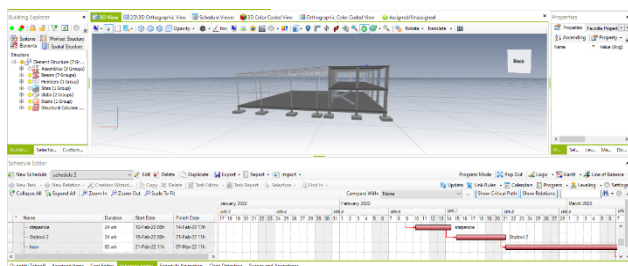
Model koji je predmet praktičnog dela rada je projekat hale u Rumenci. Za potrebe predmetnog zadatka napravljen je 3D model konstrukcije u softveru Revit, a koji je dalje korišćen pri izradi 4D simulacije.



Slika 4. 3D model

4D simulacija rađena je u program Bexel Manager. Preko formata BX3 iz softvera Revit je uvezen model u program i za potrebe toka građenja napravljen je dinamički plan

čije su sve veze bile Finish to Start (FS). Zbog realnijeg prikaza simulacije, po prepruci za trajanje aktivnosti korišćeni su radni sati (working hours).



Slika 5. 3D model sa dinamičkim planom

4. ZAKLJUČAK

Danas se u građevinarstvu sve veći naglasak stavlja na pitanje održivog projektovanja. Metoda BIM omogućuje postizanje održivosti u postupku projektovanja i to prikupljanjem relevantnih informacija, isto kao i njihovo grupisanje u samo jedan model koji omogućava obavljanje raznih ocena održivosti u ranim fazama projektovanja.

Nivo primene BIM-a u građevinarstvu još uvek je prilično niska, trenutna percepcija BIM-a na našem tržištu je u okvirima trenda koji „tek dolazi“, no BIM na svetskom nivou već dugo postoji, konstatno se razvija i u poslednjih 20. godina je brzo evoluirao, i promoviše novi, moderniji i proaktivniji pristup upravljanju projektima [5].

5. LITERATURA

- [1] <https://građevinarstvo.rs>
- [2] HKIG – Opće smernice za BIM pristup u graditeljstvu 2017
- [3] <https://www.foresitegroup.net>
- [4] <https://bexelmanager.com/>
- [5] Optimizacija kao glavni zadatak digitalnog gradilišta

Kratka biografija:



Goran Smiljanić rođen je u Novom Sadu 1996. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka, na departmanu za Građevinarstvo i Geodeziju odbranio je 2020. godine.
Kontakt: goransmi15@gmail.com

UPRAVLJANJE UGOVORIMA NA GRAĐEVINSKIM PROJEKTIMA U BIM OKRUŽENJU**CONTRACT MANAGEMENT ON CONSTRUCTION PROJECTS IN THE BIM ENVIRONMENT**

Milan Pavlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad ima za cilj da izvrši poređenje domaćih i međunarodnih tipova ugovora u građevinarstvu kroz upotrebu BIM načina rada kao savremeni pristup izrade tehničke dokumentacije i ostalih mogućnosti koje omogućuje BIM model.

Ključne reči: Tipovi ugovora, Domaći ugovori, FIDIC, BIM model

Abstract – This paper is reduced to a comparison of domestic and international types of contracts in construction through the use of BIM mode of work as a modern way of making technical documentation and other possibilities provided by the BIM model.

Keywords: Types of contracts, Domestic contracts, FIDIC, BIM model

1. DOMAĆI I MEĐUNARODNI UGOVORI**1.1. Domaći ugovori**

Ugovor o delu kojim se izvođač obavezuje da prema određenom projektu sagradi u ugovorenom roku određenu građevinu na određenom zemljištu, ili da na takvom zemljištu, odnosno na već postojećem objektu izvrši kakve druge građevinske radove, a naručilac se obavezuje da mu za to isplati određenu cenu. U Zakonu o obligacionim odnosima, pod članom 630, Ugovor o građenju je ugovor o delu kojim se izvođač obavezuje da prema određenom projektu sagradi u ugovorenom roku određenu građevinu na određenom zemljištu, ili da na takvom zemljištu, odnosno na već postojećem objektu izvrši kakve druge građevinske radove, a naručilac se obavezuje da mu za to isplati određenu cenu. Ugovorom o građenju je definisano sledeće:

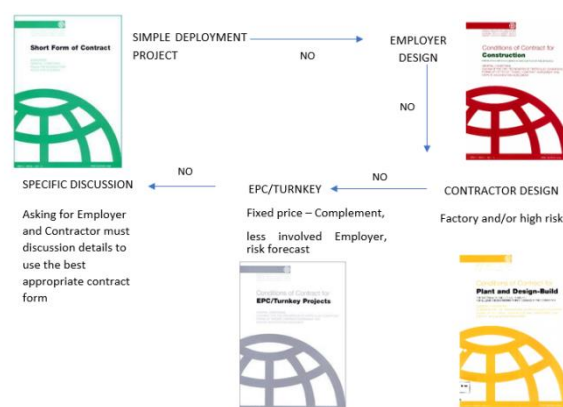
Opšte odredbe ugovora o građenju, ugovor o građenju sa posebnom odredbom, odgovornost za nedostatke i odgovornost izvođača i projektanta za solidarnost građevine [1 i 2].

1.2. Međunarodni ugovori

Najkorišćeniji međunarodni ugovori su FIDIC-ovi opšti uslovi ugovaranja. Međunarodna organizacija pod čijim okriljem nastaju ovi opšti uslovi ugovora, od samog

osnivanja nosi francuski naziv “Fédération Internationale Des Ingénieurs Conseils” (skr. FIDIC), što u prevodu na srpski jezik znači: “Međunarodna organizacija konsalting inženjera”. Drugo izdanje FIDIC-ovih opštih uslova sadrži sledeće knjige:

Opšti uslovi ugovora za građevinske radove („Crvena knjiga“), opšti uslovi ugovora za projektovanje i izvođenje elektro-mašinskih radova i građevinskih radova čija odgovornost projektovanja pada na izvođača („Žuta knjiga“), opšti uslovi ugovora za izvođenje radova po sistemu ključ u ruke („Srebrna knjiga“) i Kratka forma ugovora („Zelena knjiga“) [3 i 4].



Slika 1. Algoritam izbora tipa FIDIC ugovora [5]

Opšti uslovi poslovanja predstavljaju skup pravila koja su sadržana u ugovoru ili drugom pravnom aktu izvan njega, prethodno pripremljeni u pisanom obliku, od jedne strane, koje su istovremeno izvor ovlašćenja i obaveza za obe strane. Ovi opšti uslovi se razlikuju od adhezionih ugovora, jer kad su drugoj strani ponuđeni ona može slobodno da predloži pogodbe koje joj više odgovaraju dok se obe ugovorne strane ne usaglasu. U tom smislu FIDIC-ovi opšti uslovi ugovora su oni koji su kao takvi objavljeni od strane FIDIC-a, kao nezavisne, stručne i profesionalne organizacije. Njihovom primenom se uređuju odnosi dveju strana, koje sa FIDIC-om (kao profesionalnim udruženjem, organizacijom) ne stoje ni u kakvoj pravnoj vezi, te ih predlaže naručilac posla.

Često, u specifičnim i realnim okolnostima ti opšti uslovi nisu u potpunosti adekvatni zbog čega su opšti uslovi ugovora praćeni posebnim uslovima “particular conditions/special conditions” kojim se opšti uslovi menjaju, prilagođavaju ili isključuju. Tehnika izmena koje

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Peško, vanr. prof.

sadrže “particular conditions”, odnosno posebni uslovi je takva da se u tim posebnim uslovima navede član, stav ili tačka iz opštih uslova koji se menja, a zatim i vrsta promene, tako da bude izvesno da li je priroda promene takva da se član briše, ili da se menja samo jedan deo, što bi na primeru izgledalo: “Sub Clause 4.1. shall be amended as follows...”, “Clause 17 shall be deleted in its entirety” i slično.

1.3. Poređenje domaćih i međunarodnih ugovora

Pravni akti od strane srpskog zakonodavstva:

Zakon o obligacionim odnosima, zakon o planiranju i građenju, zakon o bezbednosti i zdravlja na radu, pravilnik o zaštiti na radu pri izvođenju građevinskih radova, uredba o bezbednosti i zdravlja na radu na privremenim i pokretnim gradilištima.

Koja forma ugovora će se uzeti u obzir zavisi od odluke Investitora i rezultata razmatranje njegovih posebnih interesa. Da bi se neizvesnost umanjila, FIDIC ugovori raspolazu velikim arsenalom mehanizama kao što su:

Uputstvo i varijacije, potraživanja, nalozi za obustave, predlozi za varijacije, promene projekta.

Opšte prednosti Međunarodnih ugovora FIDIC:

Koriste se u više od 100 zemalja širom sveta, u 2009. godini potpisano je preko 70.000 ugovora po FIDIC-u, zakonska obaveza u nekim zemljama (npr. Rumunija, Abu Dabi), usaglašeni zakoni sa FIDIC ugovorima u zemljama (npr. zemlje EU), koriste se za projekte koje finansira WB, EU, državni i privatni finansijski fondovi; Jedini pravi međunarodni standard, isproban i testiran u vremenu od skoro 100 godina, preveden na 30 jezika, poverenje hiljada klijenata, izvođača, konsultanata, investitora, pravnika, projektovan za praktičnu upotrebu – stvaraju ga i projektuju korisnici [4]

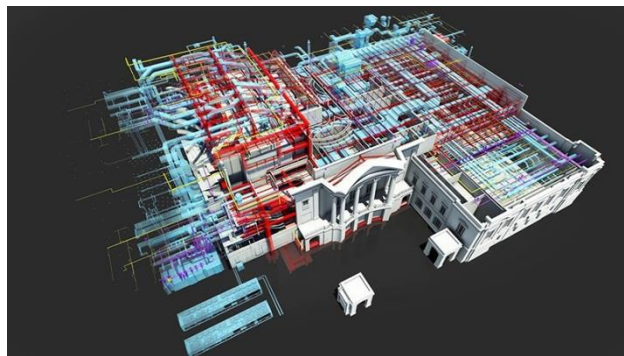
2. BIMU GRAĐEVINARSTVU

BIM je relativno inovativan alat projektovanja i pruža novu definiciju rada projektantima koji su decenijama koristili dvodimenzionalnu dokumentaciju. Stečene navike se nevoljno napuštaju, ali, korišćenje BIM softvera ne znači istovremeno da uobičajena dokumentacija projektovanja više nije potrebna.

Umesto toga, u okviru pružamka usluga tj. radova koji se moraju izvršiti, BIM model predstavlja dodatni korak u projektovanju. BIM softver ne služi prvenstveno za obuku inženjera građevinske struke ili arhitekata.

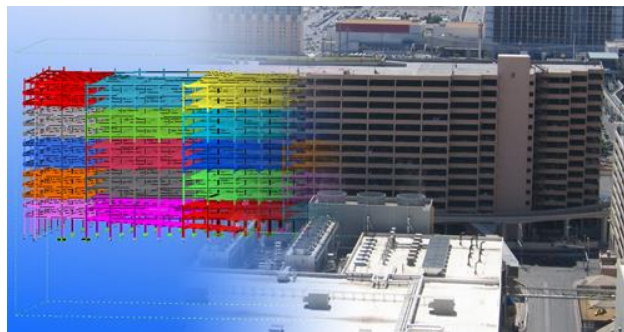
Znanje koje je potrebno za korišćenje BIM alata i koje se mora implementovati u preduzeće stiče se odvojeno. Budući da je ovo vrlo složen softver, on se ne može koristiti intuitivno i bez određenog znanja. U tim činjenicama, pojačana potražnja za BIM menadžerima i BIM koordinatorima na tržištu rada dokaz je da postoji trend koji građevinska industrija u budućnosti želi pratiti i implementirati. Prednosti kojima BIM raspolaže:

- 3D vizualizacija,
- Upravljanje izmenama,
- Simulacija objekta i upravljanje podacima.



Slika 2. Prikaz instalacija u BIM modelu

Ovi podaci dobijeni BIM modelom nisu samo korisni za vreme faze projektovanja i izgradnje objekta nego se mogu koristiti tokom čitavog životnog veka objekta s ciljem da se smanje troškovi održavanja i upravljanja zgrade, a to su daleko veći troškovi od same izgradnje objekta. Veća integracija procesa projektovanja podrazumijeva da projektanti građevinske, mašinske i elektro struke koriste isti BIM model, čime se eliminiše potreba naknadnih intervencija na instalacijama. Danas sve veći broj proizvođača komponenti obezbeđuje BIM modele sa specifikacijama uključenim u metapodatke o proizvodu. BIM modeli sadrže podatke o potrošnji energije, u radu, ali i u pripravnom načinu rada. Izračunava se energetska efikasnost objekta koja postaje zakonska obaveza.



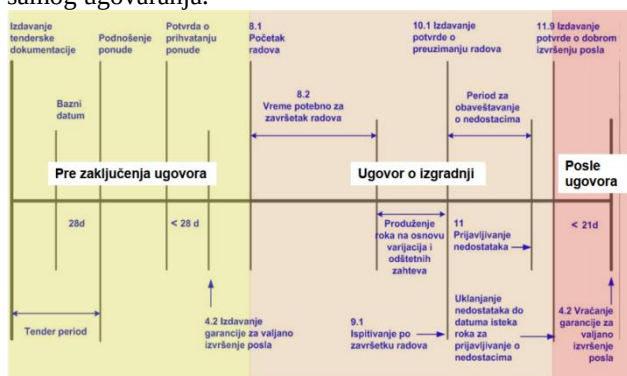
Slika 3. Prikaz faza rada u BIM modelu

Budućnost u građevinskom sektoru je digitalna, a BIM je budućnost dizajna i dugoročno upravljanje objektom, kao što su hardver, softver i cloud aplikacije koje najavljuju veću sposobnost za rukovanje većom količinom sirovih podataka i informacija. Tako će korišćenje BIM-a postati sve izraženije u budućim projektima nego što je sada. Sve ove prednosti su prepoznate u svetu pa su se počele donositi zakonske odrednice po pitanju korišćenja BIM-a.

2. PRIMENA DOMAĆIH I MEĐUNARODNIH UGOVORA U BIM OKRUŽENJU

U domaćem zakonodavstvu se BIM tehnologija još ne razmatra, to je zbog usporenog sistema delovanja između zakonodavstva i generalno gledano noviteta. Iako se pri određenim projektima koristi BIM tehnologija ona ne ugrožava niti osporava delovanje domaćeg tipa ugovora između ugovornih strana. Kako smo već spomenuli da naše zakonodavstvo još uvek ne razmatra korišćenje BIM tehnologije što bi se trebalo promeniti jer BIM tehnologija doživljava jak rast u svim svojim segmentima.

Za implementaciju BIM tehnologije se može slobodno reći da je u pitanju neminovan, nezaustavljiv i nepovratan proces. Kao što je svojevremeno CAD tehnologija zamenila ručno crtanje, tako se u arhitektonskim biroima i građevinskim firmama sve veći broj korisnika opredeljuje za BIM. U FIDIC-ovom drugom izdanju Rainbow Suite, nije bilo posebnog pomena BIM-a u opštim uslovima. Umesto toga, postoji posebna savetodavna beleška u okviru posebnih odredbi koja se bavi upotrebom BIM-a. Umesto postavljanja posebnog pristupa, FIDIC je odabrao da istakne pitanja koja oni koji rade sa BIM-om moraju uzeti u obzir prilikom korišćenja ugovora FIDIC. Na primer, iako napominje da mnogi projekti koriste BIM protokol, FIDIC nije pripremio sopstveni protokol niti je preporučio upotrebu nekog posebnog. Posebnu poteškoću za FIDIC predstavlja činjenica da se ugovor koristi tako široko u svetu. Kako se već reklo da se većinom FIDIC-ovi tipovi ugovora izvorno iz zakonodavstva Velike Britanije, a u Velikoj Britaniji, drugo izdanje CIC protokola u suštini navodi da će Protokol imati prednost nad glavnim ugovorom samo ako postoji sukob u pogledu onih klauzula u protokolu koje se odnose na obaveze poslodavca i izvođača dovodi do opravdanih očekivanja da bi i sam FIDIC mogao tako nešto usvojiti. Bitno je naglasiti i odgovoriti na izazov u kolikoj meri će BIM način rada imati uticaj na proceduru i korake u postupku samog ugovaranja.



Slika 4. Vremenska linija kroz projekat iz ugla ugovaranja

U Izveštaju o anketi o upotrebi BIM -a koji je u septembru 2017. godine sproveo II Upravni odbor FIDIC Forumu mladih stručnjaka istaknuto je da je 49% ispitanika koristilo BIM u svom radu, ali 44% nije. Iako će se ta brojka promeniti, ona pokazuje veliki jaz znanja koji FIDIC treba da prihvati u svojim smernicama. Zaista, Savetodavna beleška priznaje da postoji širok opseg razumevanja i upotrebe onoga što FIDIC naziva „različiti stepeni složenosti“ povezani sa BIM -om. Ovo je nešto što FIDIC treba da reši i verovatno objašnjava, u velikoj meri, vreme koje je potrebno FIDIC -u da finalizuje svoju poziciju. FIDIC takođe prepoznaje vrednost ranog proaktivnog angažovanja svih strana u projektu. FIDIC napominje da bi svaki Zahtev za prijedlog trebao opisati šta poslodavac očekuje u smislu ciljeva i koristi. FIDIC je dobro pozicioniran u tom pogledu. „Zlatni princip 2“ poziva se na „Jasnu i nedvosmisleni izradu nacrt“. Stoga je verovatno da će sve „BIM definicije“ koje usvoji FIDIC biti zasnovane na međunarodnim standardima, po mogućstvu ISO 19650.

3. ZAKLJUČAK

Domaće zakonodavstvo je puno toga definisalo i usmerilo kuda i kako se treba ugovarati na građevinskim projektima što se nekima čini dovoljno, ali nije ni blizu celokupne priče. Ako se okrenemo većim zemljama i međunarodnim propisima možemo videti da je FIDIC kompletirao celu priču o ugovaranju u građevinarstvu sve do pojave BIM-a koji daje nove izazove.

BIM je skraćenica za Building Information Modeling. Opisuje načine na koje svako može razumeti zgradu korišćenjem digitalnog modela. Modeliranje imovine u digitalnom obliku omogućava onima koji stupaju u interakciju sa zgradom da optimizuju svoje radnje, što rezultira većom životnom vrednošću imovine.

Jedna posebna poteškoća za FIDIC je to što je on međunarodni oblik ugovora. Dizajniran je za upotrebu u mnogim različitim kulturama u kojima posluje inženjerska i građevinska industrija. Daleko od toga da postoji bilo kakav ujednačen ili standardni pristup. Ovo bi bilo dragoceno, ne samo s obzirom na inženjersko iskustvo FIDIC-a. Takođe bi bilo od pomoći jer BIM znači toliko različitih stvari različitim ljudima i organizacijama. Ove razlike u razumevanju i primeni i upotrebu BIM-a mora razumeti svako ko sastavlja projekat.

4. LITERATURA

[1] Zakon 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, 9/2020 i 52/2021.

https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_planiranju_i_izgradnji.html

[2] Zakon o obligacionim odnosima, "Sl. list SFRJ", br. 29/78, 39/85, 45/89 - odluka USJ i 57/89, "Sl. list SRJ", br. 31/93, "Sl. list SCG", br. 1/2003 - Ustavna povelja i "Sl. glasnik RS", br. 18/202.

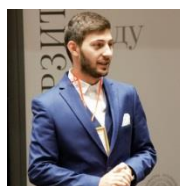
https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_obligacionim_odnosima.html

[3] Inženjerska komora Srbije, Uslovi ugovaranja za projektovanje-izgradnju i ključ u ruke, Beograd 2008 godine.

[4] Inženjerska komora Srbije, Uslovi ugovaranja za građevinske radove za građevinske i tehničke radove po projektu investitora, Opšti uslovi, drugo ispravljeno izdanje, Beograd 2008.

[5] FIDIC-ovi opšti uslovi ugovora i njihova primena na domaćem tržištu, Ivan Nikčević, Stručni radovi - pregledna studija Univerzitet Singidunum, Beograd, Srbija, 2016 godine.

Kratka biografija:



Milan Pavlović rođen je u Vranju 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Organizacija i tehnologija građenja, BIM u upravljanju građenjem, odbranio je 2020.god.

kontakt: milan.pavlovic995@gmail.com

ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ КАНАЛИСАЊА УПОТРЕБЉЕНИХ И АТМОСФЕРСКИХ ВОДА НАСЕЉА ГОСПОЋИНЦИ**CONCEPTUAL SOLUTION OF SEWERAGE OF USED AND ATMOSPHERIC WATERS OF THE SETTLEMENT GOSPOĐINCI**

Александар Којић, Матија Стипић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У раду је приказано идејно решење одвођења употребљених и атмосферских вода насеља Госпођинци. Представљен је пример канализационог система где се због топографије терена јављају велике дубине укопавања цевовода, што изискује изградњу црпних станица. Хидрауличка анализа одвођења употребљених и атмосферских вода из предметног насеља извршена је помоћу програмског пакета EPA SWMM 5.1.

Кључне речи: Одвођење употребљених и атмосферских вода, хидраулички прорачун канализационе мреже, хидрауличка анализа

Abstract – The paper presents the conceptual solution for the drainage of used and atmospheric water in the settlement of Gospodjinci. An example of a sewage system is presented, where due to the topography, large depths of pipeline burial occur, which requires the construction of pumping stations. Hydraulic analysis of drainage of used and atmospheric water from the settlement in question was performed using the software package EPA SWMM 5.1.

Keywords: Drainage of used and atmospheric water, hydraulic calculation of sewerage network, hydraulic analysis

1. УВОД

Постојеће стање канализационе мреже употребљених и атмосферских вода у насељу Госпођинци је незадовољавајуће. Отпадне воде из домаћинства се евакуишу путем септичких јама чиме се непосредно загађује животна средина. Атмосферске воде из насеља одводе се путем отворених уличних канала који су делимично у функцији јер су већином запуштени и обрасли вегетацијом.

Циљ овог рада јесте побољшање услова који директно утичу на квалитет живота у Госпођинцима, а огледају се у већем степену заштите животне средине. Реализација поменутог захтева изградњу сепарационе канализационе мреже путем које ће се одводити употребљене и атмосферске воде из насеља ка реципијенту. Предвиђени реципијент канализационих система је канал Мала Бара који се налази у северном делу насеља.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Матија Стипић.

Употребљене воде представљају искоришћене воде у оквиру стамбених и пословних објеката и индустријске отпадне воде настале као последица технолошког процеса у индустрији. Атмосферске воде су настале као последица кише, града, топљења снега и слично. Главни колектор употребљених вода пружа се дуж Светосавске и Чурушке улице, а одвођење атмосферских вода је главним колектором који прати улицу Краља Петра Првог.

Код каналисања употребљених вода јавља се потреба за изградњом пет црпних станица, а случају атмосферских вода за једном. Изградња црпних станица произтекла је из ограничавања максималне дубине укопавања цевовода. Црпне станице подижу дубоко укопане канале на више коте терена и након тога одвођење се наставља гравитационим путем. Одвођење отпадних вода је путем зацењене канализационе мреже, док је каналисање атмосферских вода спроведено комбиновањем отворених канала и зацењеног система.

2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НАСЕЉА ГОСПОЋИНЦИ

Госпођинци су насеље у Србији, у општини Жабаљ. Налазе се у Војводини, у јужној Бачкој. Од Жабља су удаљени 8 km. Према последњем попису из 2011. године, насеље има 3.715 становника. Госпођинци су типично равничарско, панонско насеље. Повезани су асфалтним путем и железничком пругом са свим већим привредним и културним центрима.

Подручје обухваћено регулационим планом насеља Госпођинци је територија катастарске општине Госпођинци.

Катастарска општина се граничи са општином Темерин са севера и запада, са општином Нови Сад са југа, а са истока катастарским општинама Чуруг, Жабаљ и Ђурђево. Површина катастарске општине Госпођинци је $P = 5.205,77$ ha. Регулационим планом насеља предвиђено је да зона становања обухвата површину од 174,9 ha, те да просечна густина насељености износи 23 st/ha.

Иако данас у Госпођинцима нема активних индустријских капацитета, ову развојну могућност треба имати у виду због вишеструких погодности овог насеља као што су добра саобраћајна опслуженост, сировинско залеђе, понуда радне снаге, релативно ниски трошкови активирања и слично [1].

3. МОДЕЛИРАЊЕ ТЕЧЕЊА У КАНАЛИЗАЦИОНОЈ МРЕЖИ

Хидраулички прорачун течења је процес којим се описује понашање свих протицаја који се уливају на узводном крају сваког канала и њихово транспортање до низводног краја, током временског интервала Δt . Код канализационих система употребљених вода промена дотока је веома спора па се они могу третирати без узимања у обзир неусталених појава. У случају атмосферске канализације неусталеност је изразито већа и не можемо је занемарити. Канализациони систем представља се као мрежа цеви повезаних чворовима, у којима су симулирани колектори, шахтови, преливи, пумпе, изливи и резервоари. Струјање воде у системима канализације обично се описује једначинама одржања масе и количине кретања за линијско (једнодимензионално) течење воде у отвореном каналу, тзв. Сен-Венановим једначинама. На поменути једначинама базиран је и програмски пакет EPA SWMM, а њихов облик је следећи:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (2)$$

Сен-Венанове једначине представљају парцијалне диференцијалне једначине које немају аналитичко решење. У програмском пакету EPA SWMM постоје три могућности за извођење хидрауличког прорачуна, односно решавање Сен-Венанових једначине:

- Модел усталеног течења;
- Модел кинематског таласа;
- Модел динамичког таласа.

Сваки следећи од наведених модела тачније решава једначине од претходног. Изостављање било каквих чланова поједностављује нумеричко решавање, али то за последицу има недовољну тачност тако добијеног решења. Из тог разлога, приликом хидрауличке анализе коришћен је модел динамичког таласа. Овај модел даје најпрецизније резултате зато што решава комплетне једнодимензионалне Сен-Венанове једначине. Моделом динамичког таласа могуће је симулирати све услове који доводе до промене протока а јављају се у канализационим системима у виду враћања воде, преоптерећења и плављења система[2].

4. ПРОГРАМСКИ ПАКЕТ EPASWMM

Програмски пакет EPA SWMM често се користи у фазама планирања, анализе и пројектовања система канализације за кишне и употребљене воде. Он омогућава да се у интегралном графичком окружењу врши унос података, покретање хидролошких, хидрауличких и симулација везаних за квалитет отицаја, као и преглед резултата у различитим формама. За потребе димензионисања и анализирања канализационе мреже насеља Госпођинци унети су неопходни улазни параметри. Тај процес је сложен и обухвата дефинисање свих елемената слива и канализационог система, њихово моделирање и задавање потребних вредности. Као улазне параметре

који су коришћени у овом раду, а потребни су за симулацију и анализу сепарационог одвођења употребљених и атмосферских вода, можемо навести следеће:

- број становника;
- предвиђени пројектни период;
- меродавна количина употребљене воде од стране становништва, индустрије, јавних објеката и инфилтрација стране воде;
- меродавна количина падавина
- површина пропусних и непропусних површина у оквиру слива
- коефицијенти непропусних површина
- коефицијент неравномерности дотока употребљених вода;
- врста и особине примењених цеви за канализацију (пречник, коэф. храпавости);
- максималне и минималне дубине полагања цеви у канализациони ров [3].

5. МЕРОДАВНИ ПОДАЦИ И ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА

5.1. Употребљене воде

Употребљене воде чије је одвођење разматрано у овом раду, сачињене су од употребљених вода из домаћинства, индустрије и различитих установа. Поред наведених, у обзир су узете и могућности инфилтрирања подземних вода.

За хидрауличко димензионисање одређених објеката канализационог система неопходно је познавати режим дотицаја отпадних вода који зависи од режима потрошње воде. Режим потрошње зависи од многобројних чинилаца који су у вези са начином живота и људским активностима. Знатније осцилације изражене су код насеља са мањим бројем становника где се уочава драстично мања потрошња воде ноћу него дану.

Потрошња је већа у јутарњим и послеподневним часовима. У већим, односно градским срединама ове осцилације су мање изражене, а фактор пропорционалности изражава се преко коефицијената дневне и часовне неравномерности.

У овом раду усвојен је коефицијент дневне неравномерности $k_{max,dn} = 1.5$, према немачком стандарду, у односу на број становника у насељу. Коефицијент часовне неравномерности износи $k_{max,h} = 1.63$. Усвојена специфична дневна потрошња (планирана потрошња) воде по становнику на дан $qs_{pec} = 150 \text{ l/st/dan}$. На основу усвојених параметара и познатог броја становника, израчунато је чворно оптерећење система, које се као такво уноси у модел.

Чворно оптерећење:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \Sigma L_i \quad (3)$$

ΣL_i – низводне деонице од чвора.

5.2. Атмосферске воде

Падавине су најбитнији улазни податак у прорачуну отицаја и димензионисања колектора атмосферске канализације. Обрадом великог броја података о падавинама долази се до зависности између трајања, јачине и учесталости кише.

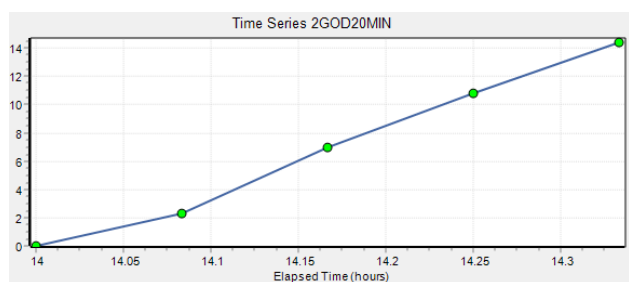
Ова зависност може се приказати у виду дијаграма или у виду једначина. У пракси се најчешће користи дијаграм на ком се приказује зависност интензитета кише-трајања кише-повратни период (тзв. ITR криве). Свака сливна површина у програмском пакету EPA SWMM повезана је са кишомером који је извор улазних падавина за дати слив.

У зависности од врсте хидротехничких објеката које пројектујемо, меродавне величине за њихово димензионисање су најчешће протицаји, нивои воде и запремине. Начин одређивања меродавних протицаја на основу рачунских киша састоји се од следећих корака:

- Одређивање рачунских киша
- Одређивање ефективне кише (трансформација бруто у нето кишу)
- Трансформација ефективне кише у хидрограм отицаја

Због недоступности података о падавина у самом насељу Госпођинци, у овом раду коришћени су подаци о падавинама са метеоролошке станице Римски Шанчеви [4], која се налази недалеко од Новог Сада и предметног насеља. Према препорукама европског стандарда EN 752-2, канализациони систем руралног насеља какви су и Госпођинци димензионисан је на кишу двогодишњег повратног периода.

Провера мреже извршена је на основу десетогодишње кише, услед које сме доћи до течења под притиском и плављења. Трајање меродавне кише за потребе овог рада је 20 минута, а симулација почетка падавина је у 14:00 часова. Сумарна линија кише која је коришћена приликом димензионисања атмосферске канализације дата је на следећој слици (слика бр.1).



Слика бр.1: Сумарна линија кише повратног периода 1 у 2 године и трајања 20 минута[5]

6. ОБЈЕКТИ НА КАНАЛИЗАЦИОНОЈ МРЕЖИ

Као основни објекти на изградњи канализационе мреже наводе се: цевоводи, ревизиони силази-шахтови, каскаде, резервоари, преливи, испусти, црпне станице. У случају атмосферске канализације додатно још имамо присуство отворених канала и сливника.

Приликом изградње канализационог система посебну пажњу треба обратити на минимални и максимални подужни пад цевовода. Минимални нагиб мења се у зависности од пречника цеви и прописан је из разлога остваривања минималне транспортне моћи и само-испирања цевовода. Максимални нагиби ограничавају се у циљу спречавања хабања цевовода и пратећих објеката услед великих брзина тока. Такође, прописан је и минимални пречник цеви код канализације отпадних вода од $\phi 250$ mm, док је код атмосферских вода минимални пречник $\phi 300$ mm.

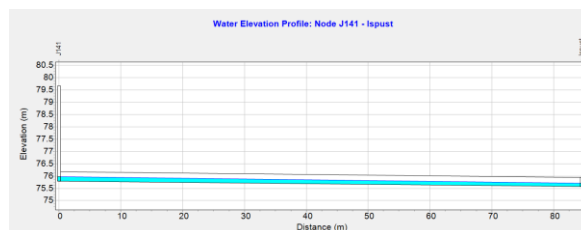
За изградњу канализационог система употребљених вода усвојене канализационе PVC цеви, чији се пречници крећу од $\phi 250$ до $\phi 400$ mm.

Оно што је карактеристично за атмосферску канализацију код равничарских предела, какви су и Госпођинци, јесте присуство отворених уличних канала попречног пресека у облику трапеза. У овом раду су усвојени су на местима где год је било могуће, и њихова минимална дубина износи 0.5 метара. Деонице отворених канала пружају су се до дубине укопавања од 1.3 метра након чега се настављају зацељени канализациони колектори. Усвојени минимални нагиб дна канала износи 0.05%. Брзина воде у каналима ограничава се од минималних 0.3 m/s до максималних 0.9 m/s. Нагиб косина канала зависи од карактеристика земљишта и за насеље Госпођинци усвојен је нагиб од 1:1.5.

За изградњу атмосферске канализационе мреже усвојене су цеви од полиестера ојачане стакленим влакнима.

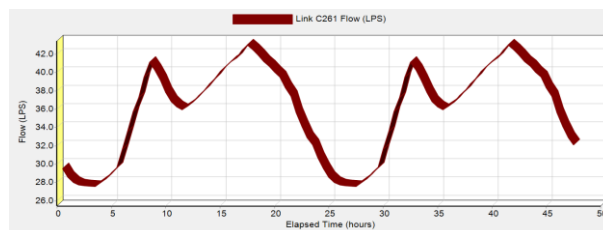
7. РЕЗУЛТАТИ ПРОРАЧУНА

Слика бр.2 приказује подужни профил деонице која се налази непосредно пред испустом канализације употребљених вода. Максимална испуњеност колектора износи 40% чиме је задовољен критеријум ограничења максималне испуњености од 65%..



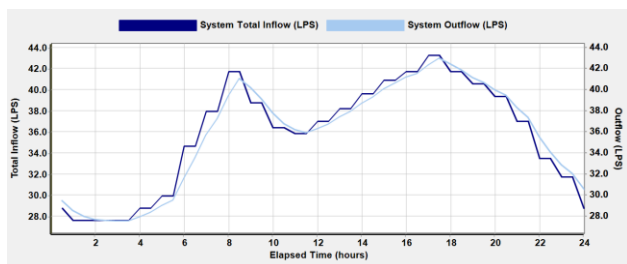
Слика бр.2: Приказ резултата симулације[5]

На слици бр.3 приказана промена протока кроз поменути деоницу која је непосредно пре канализационог излива. Пик протока кроз ову деоницу јавља се у 17 h и износи 43,04 l/s.



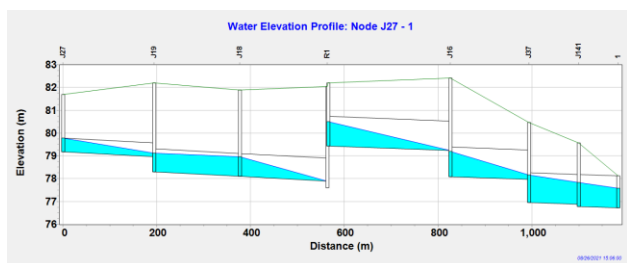
Слика бр.3: Приказ резултата симулације [5]

На слици бр.4 приказани су збирни улазни и излазни хидрограми целог канализационог система употребљених вода, у току 24 сата. Јасно се уочава разлика улазног и излазног хидрограма, што је последица велике дужине канализационе мреже.



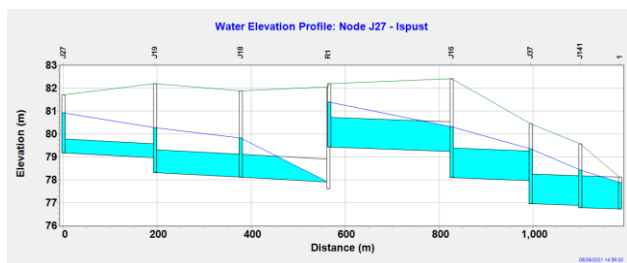
Слика бр.4: Приказ резултата симулације[5]

Код канализације атмосферских вода максимална оптерећеност главног колектора током кише повратног периода 1 у 2 године јавља се сат времена након почетка падавина, слика бр.5.



Слика бр.5: Приказ резултата симулације[5]

Просечна испуњеност главног колектора при десетогодишњој киши износи 98%. Са следеће слике јасно се уочава преоптерећеност система.



Слика бр.6: Приказ резултата симулације[5]

8. ЗАКЉУЧАК

У овом мастер раду приказано је једно од идејних решења сепарационог одвођења употребљених и атмосферских вода.

Према расположивим подлогама и прикупљеним подацима, систем одвођења употребљених и атмосферских вода је испројектован као комбинација гравитационог система и система под притиском. Код канализације употребљених вода јавља се потреба за изградњом 5 црпних станица, а у случају атмосферских потреба је за једном црпном станицом.

За изградњу потисног цевовода коришћене су полиетиленске цеви високог квалитета. У оба случаја усвојен је за реципијент канал Мала Бара, који се налази у северном делу насеља.

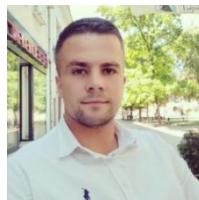
Моделирањем мреже и симулацијом њеног рада у програмском пакету EPA SWMM 5.1., добијени су излазни подаци у виду максималних протока, брзина и максималних испуњености колектора. На основу њих усвојени су потребни пречници и димензије канализационе мреже.

У оквиру рада димензионисани су и основни објекти система канализације као што су црпне станице. Након проналаска оптималног решења итеративним методама, дат је приказ свих резултата прорачуна у форми табела и у графичкој форми.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Регулациони план насеља Госпођинци
- [2] Механика флуида књига прва. Увођење у хидраулику, Георгије Хајдин, Грађевински факултет, Београд, 2002
- [3] Ана Мијић – Примена програмског пакета EPA SWMM, за моделирање отицаја са урбаних сликова, 2006
- [4] Писана предавања: доц. др Матија Стипић, Комунална хидротехника, Факултет техничких наука у Новом Саду, 2016
- [5] EPA SWMM 5.1. – Софтвер за хидрауличку анализу и симулацију

Кратка биографија:



Александар Којић рођен је 14. октобра, 1993. године у Лозници. Дипломски рад из области грађевинарства – хидротехничке мелиорације одбранио је у октобру, 2018. године на Факултету техничких наука у Новом Саду. Мастер рад из области комуналне хидротехнике под називом – „Идејно решење канализације употребљених и атмосферских вода насеља Госпођинци“ одбранио је на истом факултету 2021. године.



Матија Стипић рођен је у Сомбору 1964. године. Докторирао је на Факултету техничких наука 2009. године у Новом Саду, а од 2011. има звање доцента. Област интересовања су му хидраулика и комунална хидротехника.

**PROJEKAT AB VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE PREMA EVROKODU I
UPOREDNA ANALIZA PRORAČUNA GRANIČNOG STANJA TRANSVERZALNIH
SILA PREMA EC2 I BAB87**

**PROJECT OF RC MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING ACCORDING TO
EUROCODE AND COMPARATIVE ANALYSIS OF DESIGN FOR ULTIMATE SHEAR
FORCES ACCORDING TO EC2 AND BAB 87**

Vladimir Erić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SEIZMIČKA ANALIZA KONSTRUKCIJA

Kratak sadržaj – Ovim radom predstavljena je analiza opterećenja i statičko-dinamički proračun armirano betonske konstrukcije sa dimenzionisanjem elemenata prema Evrokodu. Izvršeno je i upoređivanje proračuna transverzalnih sila prema BAB87 i Evrokodu.

Ključne reči: Armirani beton

Abstract – This work represents load analysis and static-dynamic calculation of reinforced concrete construction with sizing of the elements. Comparison of shear forces calculation between BAB87 and Eurocode standards was also made.

Keywords: Reinforced concrete

1. UVOD

Već nekoliko godina unazad, usvojeni su standardi Evrokod. Prethodni standard, BAB87, za svoje vreme bio je dovoljno napredan, proračun prema graničnim stanjima, posledice seizmičke modalne analize na konstrukciju itd. Nov standard Evrokod, se nadovezuje na to, s obzirom da su i ostali svetski i evropski standardi slični međusobno, zbog veoma česte primene i rasprostranjenosti armirano-betonskih konstrukcija.

Kao dominantno opterećenje, zbog mase betona koja utiče na konstrukciju, seizmičkom opterećenju je data pažnja u ovom radu. Ona se odnosi na opis pojave seizmičkog dejstva a kasnije i na princip projektovanja sa smanjenim seizmičkim dejstvom a na račun programiranog ponašanja okvira sa ukrućenjem u vidu smičućih seizmičkih zidova.

Veliko olakšanje u analizi konstrukcija, čini upotreba softvera za statičko-dinamičku analizu i dimenzionisanje elemenata kao i za izradu detalja armiranja. Načelno, kao i ostali softverski paketi tog tipa, koristi se metoda konačnih elemenata, a ovde je korišćen softver domaćeg proizvođača Radimpex Tower 8. Implementacija programiranog ponašanja se odvija vršenjem dimenzionisanja u nekoliko koraka, naizmeničnim proračunom i usvajanjem armature. Proračun uparen sa uputstvima i zahtevima za detalje elemenata i čvorova, daje sigurnost konstrukciji.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Ladinović.

2. PODACI O OBJEKTU

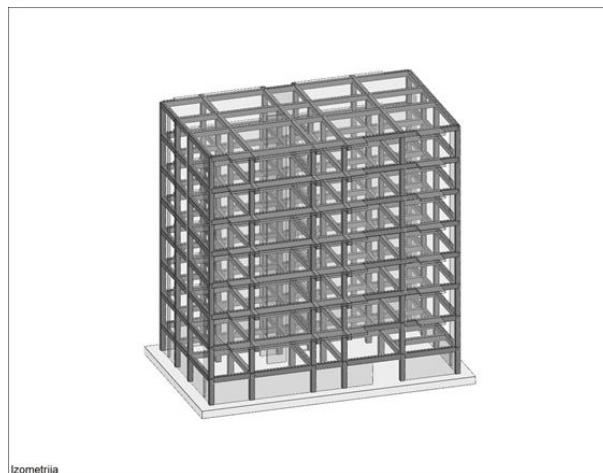
Posmatrani objekat je višespratna stambena zgrada čiji su okviri pridržani sa po dva zida u oba pravca okvira. Zgrada je spratnosti Po+Pr+5 i ukupnom visinom 20,5 m, a lokacija objekta je u Novom Sadu.

2.1. Arhitektonsko rešenje

Dispoziciono rešenje čine ortogonalni okviri različitog rastera stubova 2,75 do 5,44 m. Spratne visine su 2,86 m izuzev podruma gde je 2,38 m. Dimenzije objekta u prizemlju su 13x21 m, tj. 278 m² bruto korisne površine. Ostale etaže imaju 302 m² bruto, što ukupno daje 1.788 m² bruto.

2.2. Noseći elementi

Armirano-betonska konstrukcija je skeletnog tipa sa zidovima za ukrućenje, sl. 1. Skelet je ramovski, 6 okvira u x-pravcu i 4 okvira u podužnom y-pravcu.



Slika 1. Prostorni proračunski model razmatrane zgrade

Okviri sadrže grede i stubove, sledećih dimenzija:

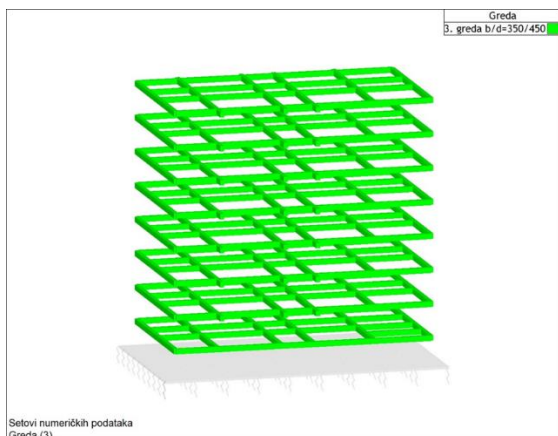
Stubovi:

- b/h = 40/45 cm od podruma do vrha, unutrašnji
- b/h = 35/40 cm od podruma do vrha, obodni

Grede:

- b/h = 35/45cm sve etaže

Međuspratne konstrukcije su debljine 16, temeljna ploča 50, dok su zidovi debljine 20 cm. Cela konstrukcija se izvodi u klasi betona C30/37.



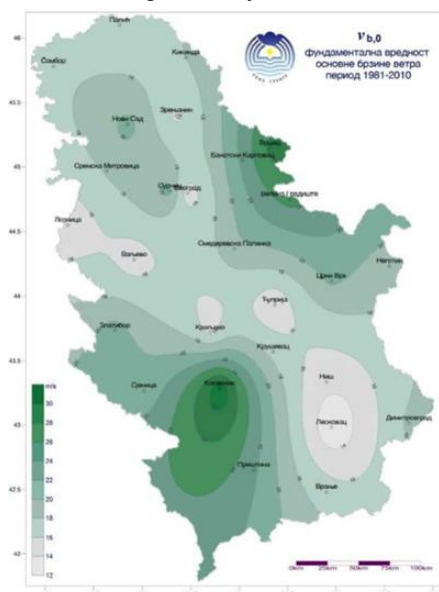
Slika 2. Primer modeliranih greda

3. ANALIZA OPTEREĆENJA

Analiza opterećenja sprovedena je primenom odredbi Evrokoda 0 i 1, a seizmičko dejstvo Evrokoda 8. U Evrokodovima su definisana stalna, promenljiva incidentna i seizmička opterećenja. U stalna opterećenja spadaju sopstvena težina generisana programski, kao i težina obloga, pregradnih i fasadnih zidova. Promenljiva opterećenja su definisana namenom površina ili dejstvima, poput snega i vetra. Tako je korisno opterećenje u stanovima $2,0 \text{ kN/m}^2$, sneg $1,2 \text{ kN/m}^2$, a vetar osnovne brzine 22 m/s .

Kat.	Namena	Primer/pod-kategorija	q_k	Q_k
A	Stambene površine	Sobe u stambenim zgradama i kućama, spavaće sobe i odeljenja u bolnicama, spavaće sobe u hotelima i prenoćnicama, kuhinje i toaleti.	Podovi 1.5-2.0 Stepeništa 2.0-4.0 Balkoni 2.5-4.0	2.0-3.0 2.0-4.0 2.0-3.0
		Kancelarije.		2.0-3.0 1.5-4.5
C	Površine na kojima je moguće okupljanje ljudi	C1: Površine sa stolovima (u školama, čitaonicama, trepezarijama...)		2.0-3.0 3.0-4.0
		C2: Površine s nepokretnim stepeništima (u crkvama, pozorištima, bioskopima, učionicama, čekaonicama...)		3.0-4.0 2.5-7.0 (4.0)
		C3: Površine bez prepreka za kretanje (u muzejima, izložbenim prostorima, površine u javnim i administrativnim zgradama, hotelima, bolnicama...)		3.0-5.0 4.0-7.0
		C4: Površine sa mogućim fizičkim aktivnostima (plesne dvorane, gimnastičke sale, pozornice...)		4.0-5.0 3.5-7.0
		C5: Površine osetljive na veliko okupljanje (zgrade za javne događaje, koncertne, sportske dvorane uključujući tribine, terase, železničke platforme)		5.0-7.5 3.5-4.5
D	Prodajne površine	D1: Površine u maloprodajnim radnjama D2: Površine u robnim kućama		4.0-5.0 3.5-7.0 4.0-5.0 3.5-7.0
F	Saobraćajne i parking površine za laka vozila (ne više od 30kN bruto težine vozila i ne više od 8 sedišta, ne uključujući vozača)	Garaže, parking površine, parking hale		1.5-2.5 10-20
G	Saobraćajne i parking površine za srednja vozila (više od 30kN, ali manje od 160kN, na dve osovine)	Prilazi, dostavne zone, pristupne zone za vatrogasna vozila		5.0 40-90

Slika 3. Preporučene vrednosti korisnih opterećenja [1]

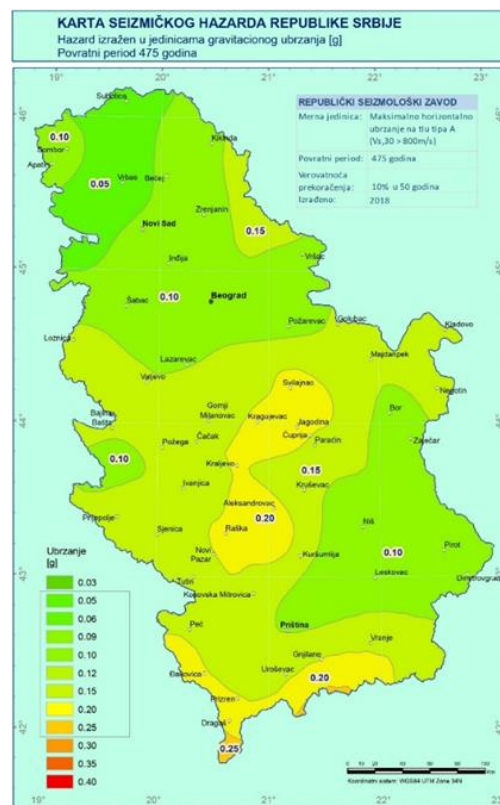


Slika 4. Osnovna brzina vetra [2]

3.1 Seizmičko opterećenje

Seizmičko dejstvo je posledica inernosti mase (stalno i korisno opterećenje), koja je preko krutosti konstrukcije vezana za podlogu koja se pomera. Tako dobijamo sile koje napadaju konstrukciju, indukovane masom, koja je pripadajuća za svaki čvor posmatrajući MKE model i ubrzanjem tla, koje je dato kartom povratnog perioda za sve zemlje gde važe Evrokodovi, a predstavlja referentno ubrzanje koje odgovara zahtevima da se konstrukcija ne sruši (NCR no-collapse requirement): povratnom periodu dejstva od 475 godina, odnosno referentnom periodu od 50 godina u kojem je verovatnoća prekoračenja a_{gR} vrednosti 10%. Umnožak ubrzanja zavisi i od tipa tla na kome konstrukcija leži, važnosti konstrukcije kao i sopstvenog perioda oscilovanja. Pripadajuće mase su u funkciji odnosa prema ukupnoj masi i udela pomeranja u datom tonu oscilovanja.

Vrednosti seizmičkih sila se određuje na osnovu projektnog, redukovanog spektra, čime se želi postići ekvivalentnost pomeranja nelinearnog i elastičnog odgovora konstrukcije. Zbog smanjenja vrednosti projektnih seizmičkih sila, projektom se mora obezbediti odgovarajuća duktilnost noseće konstrukcije kako bi se kroz sukcesivno stvaranje plastičnih zglobova na unapred određenim mestima ostvario povoljan plastični mehanizam.

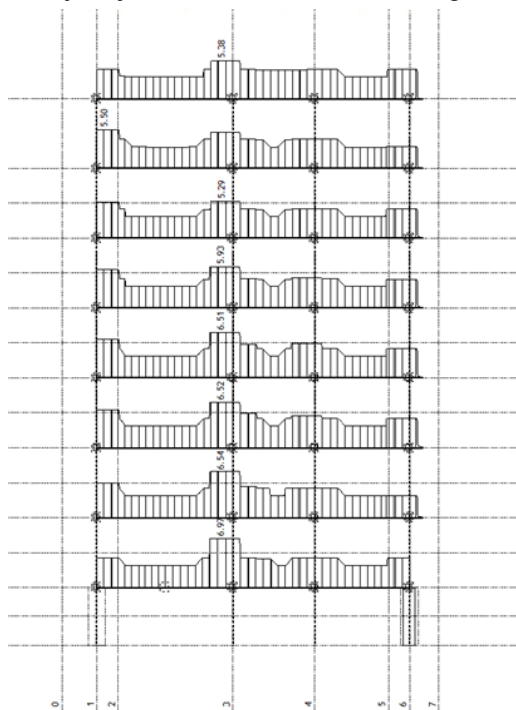


Slika 5. Karta seizmičkog hazarda za povratni period 475g [2]

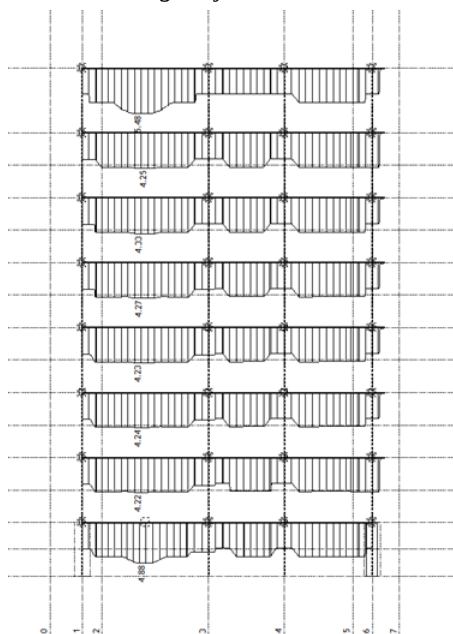
4. DIMENZONISANJE ELEMENATA

Sa dobijenim presečnim silama, primenom softvera se dimenzionišu kritični preseči nosećih elemenata konstrukcije prema odgovarajućem standardu. U svemu se primenjuje Evrokod 2, a odredbe Evrokoda 8 se primenjuju procedurom sukcesivnog proračuna i usvajanja armature. U kritičnim zonama mora postojati određena

razlika između pritisnute i zategnute podužne armature. Sa usvojenom podužnom armaturom greda sledi određivanje potrebne podužne armature stubova. Razlog ovom postupku je uzročnost podužne armature stubova od nosivosti krajeva greda. Za okvirne sisteme i dvojno dominantne ukružene okvire, u svakom čvoru okvira je potrebno obezbediti da zbir nosivosti na krajevima stubova bude najmanje 30% veći od zbira nosivosti greda.



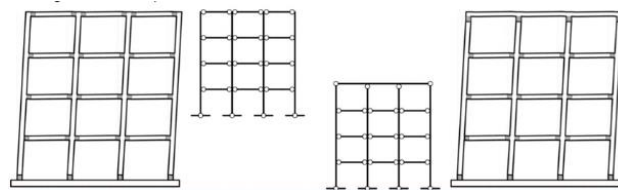
Slika 6. Primer potrebe za podužnom armaturom, gornja zona



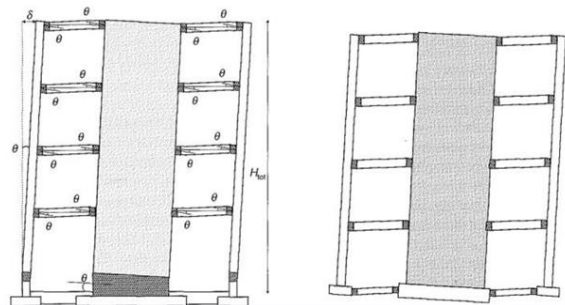
Slika 7. Primer potrebe za podužnom armaturom, donja zona

Zatim se proračunava potreba za poprečnom armaturom greda i stubova, na osnovu projektnih sila iz momenata nosivosti greda i stubova, jer se smičući lom smatra krtime se od njega obezbeđujemo dimenzionisanjem na maksimalne pojavne sile. Posebna pažnja se mora posvetiti

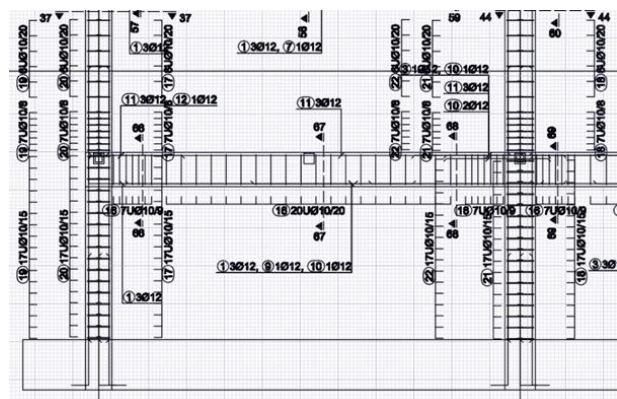
proveri lokalnih duktilnosti donjeg dela stuba i zida iznad uklještenja gde se očekuju najveće nelinearne deformacije.



Slika 8. Poželjni plastični mehanizmi okvirne konstrukcije [1]



Slika 9. Poželjno ponašanje ukruženog okvira [1]



Slika 10. Primer potrebe za vertikalnom armaturom

5. PRORAČUN PRESESKA NA GRANIČNE UTICAJE TRANSVERZALNIH SILA PREMA EVROKODU 2 I BAB87

Poređenjem proračuna poprečne armature, koja služi za osiguranje od uticaja transverzalnih sila, prema pravilnicima EUROCODE2 i BAB 87 zaključeno je da postoje određene razlike, kako u načinu proračuna, tako i u količini dobijene potrebne armature.

Prema BAB87, u zavisnosti od intenziteta smičuće sile i rezultujućeg smičućeg napona, mogu se javiti sledeći slučajevi:

$\tau < \tau_n$ – u ovom slučaju nije potrebna dodatna armatura

$\tau < \tau_n < 3\tau$ – deo transverzalne sile se poverava betonu, a deo armaturi

$3\tau \leq \tau_n \leq 5\tau$ – celokupna smičuća sila se poverava armature

Za razliku od ovoga, prilikom proračuna prema EUROCODE2, celokupna smičuća sila se poverava armaturi (ukoliko je armatura potrebna za prijem uticaja).

U konkretnom primeru, za gredu iz primera, proračunom prema EUROCODE2 i BAB 87, dobijene su određene razlike. Prema BAB 87 računski nije potrebna armatura za prijem uticaja od transverzalne sile, pa se na celoj dužini grede može usvojiti minimalna armatura, dok je proračunom prema EUROCODE2 dobijeno da je u presecima sa najvećim vrednostima transverzalne sile, tj. na delu grede u blizini oslonca, potrebno progustiti poprečnu armaturu.

6. ZAKLJUČAK

Postupak programiranog ponašanja pri projektovanju, koji je primenjen u Evrokodu 8, obezbeđuje se dovoljna sigurnost konstrukcije da se ne sruši za projektno dejstvo zemljotresa i da, po kriterijumu oštećenja, noseća konstrukcija ostane u elastičnoj oblasti pri dejstvu umerenih zemljotresa čija je pojava moguća više puta u životnom veku građevine. Primena Evrokoda 8 omogućavaju povoljno ponašanje zgrada na globalnom nivou pri dejstvu zemljotresa sa različitom verovatnošću pojave.

Posebno treba istaći važnost odredbi za detalje armiranja datim u Evrokodu 8, kroz posebna pravila za oblikovanje armature u kritičnim oblastima, zavisno od perioda oscilovanja i tipa konstrukcije, čime se problem duktilnosti prenosi sa globalnog na lokalni nivo.

Evrokodovi su od ove godine postali važeći tehnički propisi za projektovanje nosećih konstrukcija u našoj zemlji, što treba da omogući veću sigurnost zgrada i drugih građevinskih objekata. Uvođenje Evrokodova u našu inženjersku praksu nudi i mogućnost našeg uključivanja u šire tržište od domaćeg, na koje se može konkurisati kroz projektovanje i izvođenje.

7. LITERATURA

- [1] Zoran Brujić, "Betonske konstrukcije u zgradarstvu - prema Evrokodu", Novi Sad 2018.
- [2] EN 1990 Eurocode: Basis of Structural Design,
EN 1991 Eurocode: Actions on structures,
EN 1992 Eurocode: Design of concrete structures,
EN 1993 Eurocode: Design of steel structures,
EN 1994 Eurocode: Design of composite steel and concrete structures
EN 1998 Design of structures for earthquake resistance
- [3] Ratko Salatić, "Dinamika konstrukcija i zemljotresno inženjerstvo", Beograd 2014.
- [4] Srđan Janković, "Osnove seizmičkog planiranja i projektovanja", AGM Knjiga 2014.

Kratka biografija:



Vladimir Erić rođen je u Užicu 1993. god. Osnovne akademske studije završio je 2018. god na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije odbranio je 2021.god. kontakt: vladeeric@gmail.com

PRINCIPI LEAN KONCEPTA U PROIZVODNIM PROCESIMA

PRINCIPLES OF THE LEAN CONCEPT IN PRODUCTION PROCESSES

Dejana Brujić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Lean proizvodnja predstavlja jedan kompletan sistem upravljanja preduzećem sa ciljem da se eliminišu gubici. Primenom lean alata koji su sastavni deo Lean koncepta omogućuje se da preduzeće poveća produktivnost, obezbedi visok kvalitet proizvoda i snizi cene svojih proizvoda.

Ključne reči: *Lean principi, Lean instrumenti, proizvodni proces*

Abstract – Lean production is a complete system of enterprise management with the aim of eliminating losses. By applying the lean concept, it enables the company to increase productivity, ensure high product quality and lower the prices of its products.

Keywords: *lean principles, lean instruments, production processes*

1. UVOD

Današnji visokokonkurentni i nepredvidivi uslovi poslovanja uneli su značajne novine na svetskom tržištu, namećući svim učesnicima novu poslovnu filozofiju “kupac u fokusu”. Današnji kupci su postali povlašćeni jer proizvodnja i broj proizvođača prevazilaze broj kupaca. Kupci su postali zahtevniji po pitanju boja, oblika i brzine dobijanja željenog proizvoda.

Kako bi ostali konkurenti na tržištu i ostvarili profit, proizvođači moraju da oslušuju potrebe kupaca. Iz tih razloga kao i zbog povećanog unapređenja tehnologije, proizvođači moraju da projektuju proizvodne sisteme koji su sposobni da u najkraćem roku odgovore na zahteve kupca. Pri tome je neophodno da troškovi proizvodnje budu svedeni na minimum, proizvod treba da bude jeftin a kvalitet treba maksimalno da zadovolji potrebe kupca.

Lean sistem proizvodnje omogućuje da se postigne maksimalan kvalitet proizvodnih procesa, identifikovanjem i eliminisanjem nepotrebnih i rasipničkih aktivnosti pri čemu se pažnja usmerava isključivo na ono što stvara vrednost sa stanovišta kupca.

Sa razvojem Lean-a razvijao se i veliki broj alata i metoda, čija je osnovna funkcija da pomognu pri projektovanju proizvodnih sistema zasnovanih na Lean konceptu kao i da ukažu na manjkavost postojećih sistema.

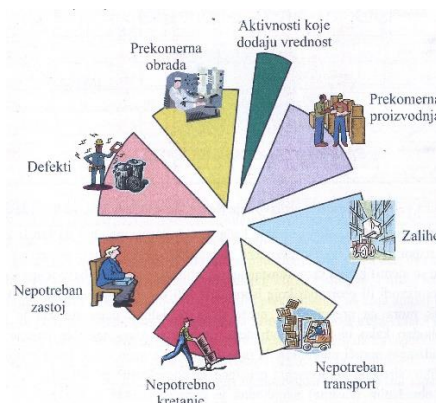
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Igor Peško.

2. ISTORIJA LEAN FILOZOFIJE

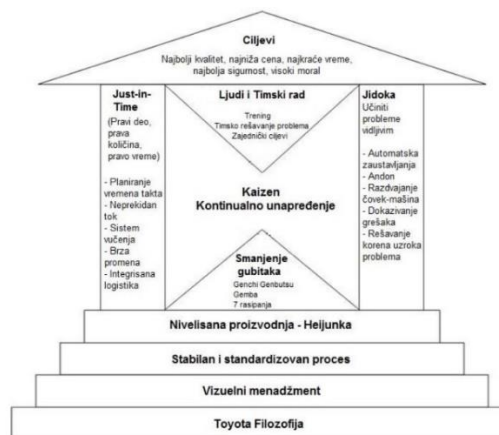
Lean filozofija je Tojotin proizvodni sistem (eng. Toyota Production System - TPS) koji je nastao početkom 50-tih godina prošlog veka i nastavio je da se razvija do danas. Osnova TPS-a je eliminacija nepotrebnih troškova i njihovo sveukupno smanjenje a osnovni cilj je apsolutna eliminacija gubitaka. Taiichi Ohno je definisao sedam tipova gubitaka u TPS-u koji mogu nastati u različitim fazama nastanka proizvoda. To su:

1. Prekomerna proizvodnja (eng. Over production)
2. Nepotreban transport (eng. Unnecessary transportation)
3. Nepotreban zasto - čekanje (eng. Waste)
4. Prekomerna obrada (eng. Over processing)
5. Zalihe (eng. Overstock)
6. Nepotrebno kretanje (eng. Unnecessary motion)
7. Defekti (eng. Defects) [5]



Slika 1. Sedam Lean gubitaka [1]

Rezultat Lean filozofije je stvaranje fleksibilnih preduzeća koji su u stanju da odgovore na zahteve kupca bez stvaranja zastoja u proizvodnji.

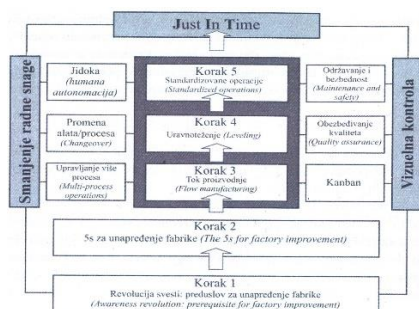


Slika 2. Metode i tehnike Lean koncepta – *Lean kuća* [3]

Dva osnovna stuba TPS koncepta čine: Just in Time (JIT) i Jidoka.

2.1. Just In Time proizvodnja

JIT proizvodnja obezbeđuje da se za proizvodni proces obezbedi tačno određenja količina materijala, u tačno određeno vreme. Kako bi se sproveo JIT proizvodni sistem neophodno je da se uvedu sledeća unapređenja: tok proizvodnje, upravljanje više procesa, kanban, smanjenje radne snage, vizuelna kontrola, utavnoteženje, izmena, obezbeđivanje kvaliteta, standardizovanje operacija, inteligentna automocija, održavanje i bezbednost.



Slika 3. Koraci pri uspostavljanju JIT proizvodnje [1]

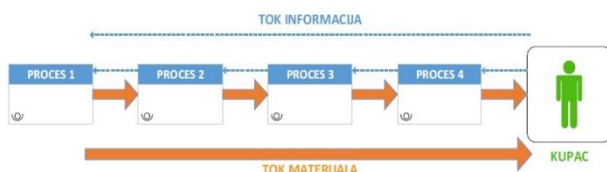
Samo ukoliko se sprovedu svi koraci JIT proizvodnje, preduzeće može u potpunosti uspostaviti JIT proizvodnju. Isto tako od ključnog značaja za pravilnu implementaciju je kompletno angazovanje svih zaposlenih počevši od vrha menadžmenta do radnika na proizvodnoj liniji.

2.1.1 Čelijska proizvodnja

Osnovni zadatak JIT proizvodnje je kontrola zaliha. To se postiže poručivanjem i korišćenjem sirovina za proizvodnju samo onih proizvoda koji ispunjavaju zahteve kupca. Na taj način se smanjuje lead time i što je važnije "zarobljeni" kapital preduzeća između procesa ne postoji. Uspešno upravljanje nedostacima u preduzeću postiže se implementacijom čelijske proizvodnje. Čelijska proizvodnja predstavlja jedan od osnovnih Lean koncepta koji obezbeđuju ispunjenje Lean principa i to:

1. Pull sistem
2. Kontinualni tok proizvodnje
3. Takt time

Pull sistem je ključan za tok informacija. Aktivnosti se izvršavaju na osnovu informacija koje dolaze od subjekta koji zahteva aktivnost. Tok informacija je suprotnog smera od toka proizvodnje što za rezultat obezbeđuje snabdevanje sirovinama samo onda kada su potrebni u potrebnim količinama i na tačno određenom mestu.



Slika 4. Koraci pri uspostavljanju JIT proizvodnje [2]

Kontinualan tok proizvodnje se uspostavlja kada se eliminišu nepotrebna zaustavljanja toka proizvoda između procesa. Neraskidivo je povezan sa pull sistemom što za

rezultat daje smanjenje lead time proizvoda kao i smanjenje nepotrebnih zaliha.

Takt time je vreme koje je potrebno za proizvodnju jednog proizvoda. Može da se izračuna jednačinom 1.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Ukupno vreme u radu za jedan radni dan}}{\text{Zahtevi kupca na nivou jednog dana}} \quad (1)$$

Svaki proces mora da ima definisano vreme ciklusa kako bi se ispunili zahtevi definisani takt time-om. Vreme ciklusa se zasniva na raspoloživosti celokupnog proizvodnog procesa i može da se izračuna pomoću izraza 2 :

$$\text{Vreme ciklusa} = \frac{\text{Ukupno vreme u radu za jedan radni dan}}{\text{Ukupan broj proizvoda za jedan dan}} \quad (2)$$

Uspostavljanjem čelijske proizvodnje koja može imati raspored u obliku slova "U" ili "C", potrebno je odrediti broj radnika koji će obavljati dati proizvodni proces. Može da se odredi pomoću izraza 3.

$$\text{Broj radnika} = \frac{\text{Ukupno vreme u radu za jedan proces}}{\text{Takt time}} \quad (3)$$

Primena čelijskog rasporeda omogućava da se smanji potreban prostor za 60%, zalihe za više od 70%, produktivnost oko 50% i lead time za oko 70%.

2.2. Jidoka

Jidoka predstavlja automatizovani sistem sa ljudskim dodirnom. To znači da je sistem u stanju da detektuje pojavu greške na proizvodu, automatski se zaustavi i obavesti operatera o nastanku greške (pomoću andon semafora ili zvučnog signala). Jidoka koristi tehniku poput poka-yoke alata koji je odličan za prevenciju i eliminaciju greške na izvoru njihovog nastanka. Svaki put kada se pojavi škart potrebno je utvrditi uzroke njegove pojave pomoću metode 5 zašto. Najveći uzroci pojave škarta mogu da bude loš kvalitet sirovine, neadekvatna radna procedura, ljudska greška, kvar na mašini itd.

3. OSNOVNI PRINCIPI LEAN KONCEPTA

Lean predstavlja pristup kako uraditi više sa manje resursa (manje vremena, manje prostora i manje napora) sa ciljem da se zadovolje svi zahtevi kupca.

Osnovni principi lean koncepta su:

1. Prepoznavanje gubitaka (eng. waste)
Kako je kupac u glavnom fokusu, sve što ne dovodi do stvaranja vrednosti iz korisnikove perspektive predstavlja trošak i treba ga eliminisati.
2. Standardizacija procesa (eng. process standardization)
Standardizacija jasno definiše sve aktivnosti koje je potrebno izvršiti čime se obezbeđuje stabilna proizvodnja bez obzira na to koji je radnik izvršava.
3. Neprekidan tok (eng. sustained flow)
Uspostavljanjem neprekidnog toka eliminišu se uska grla, čekanje i prekidi u proizvodnim procesima.
4. Sistem vučenja (eng. Pull System)
Pull sistem jeste koncept koji se zasniva na principu povlačenja resursa u tačno određenom trenutku.
5. Kvalitet na izvoru (eng. quality at source)

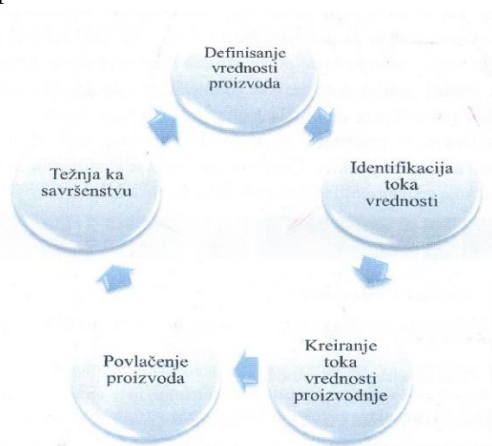
Cilj lean koncepta je da se greške u proizvodnji otkriju u samom nastajanju.

6. Kontinualno unapređenje (jap. Kaizen)

Neprekidno traganje ka savršenstvu u proizvodnji postiže se konstantnim uklanjanjem gubitaka iz proizvodnje. Da bi se to sprovelo neophodno je da svi zaposleni budu uključeni u ovaj kontinualan proces [4].

3.1. Osnovni principi pri implementaciji Lean proizvodnje

Primarni cilj svakog preduzeća jeste da ostvari vodeću poziciju na tržištu. Usled rastuće konkurencije, konstantnih tehnoloških inovacija, opadanja lojalnosti kupaca, a kao rezultat višegodišnjeg savladavanja postojećih problema u proizvodnim sistemima Lean proizvodnja se može definisati kroz pet osnovnih principa:



Slika 5. Pet osnovnih Lean principa [1]

1. Definisanje vrednosti proizvoda (eng. Identify value)- Pošto krajnju vrednost proizvoda definiše kupac, neophodno je izvršiti analizu potreba i definisati koje aktivnosti stvaraju vrednost a koje ne. Aktivnosti koje se sprovode u procesu proizvodnje mogu se podeliti na:

- Aktivnosti koje dodaju vrednost (eng. VAA- Value Added Activities) – to su aktivnosti koje je kupac spreman da plati.
- Aktivnosti koje ne dodaju vrednost, ali su neophodne (eng. SVAA – Semi Value Added Activities)
- Aktivnosti koje ne dodaju vrednost i mogu se odmah eliminisati (eng. NVAA – Non Value Added Activities)



Slika 6. Udeo aktivnosti koje dodaju vrednost u proizvodnom procesu [1]

2. Identifikovanje toka vrednosti za određenu vrstu proizvoda (eng. Map the value stream) - Tok vrednosti predstavlja skup svih aktivnosti koje dodaju i koje nedodaju vrednost u toku jednog procesa - od sirovine do kupca. Identifikacijom se

utvrđuje koje sve aktivnosti ne dodaju vrednost i koje je potrebno eliminisati.

3. Kreiranje neprekidnog toka vrednosti proizvodnje (eng. create flow) – podrazumeva grafičku prezentaciju toka vrednosti. Mapom toka vrednosti se vizuelno predstavljaju svi koraci u nekom procesu, pa se na taj način lakše uočavaju gubici koji utiču na pojavu prekida u toku vrednosti. Nakon toga je potrebno odrediti takt proizvodnje i na osnovu takta projektovati neprekidan tok. Na taj način se eliminiše vreme predmeta u procesu koji ne dodaju vrednost.
4. Princip vučenja ili sistem povlačenja proizvoda kroz celu proizvodnju (eng. Establish pull) – odnosi se na pokretanje proizvodnje isključivo na zahtev kupca. Cilj sistema povlačenja zasniva se na proizvodnji samo onoga što je potrebno i kada je potrebno jer u suprotnom dolazi do prekomerne proizvodnje koji predstavlja fundamentalni gubitak koji utiče na sve ostale procese. Težnja lean preduzeća jeste da smanji vreme od porudžbine od kupca što se postiže jakom dvosmernom komunikacijom između marketinga i proizvodnje.
5. Težnja ka savršenstvu (eng. Seek perfection) – predstavlja neprekidno usavršavanje u proizvodnji i poslovanju kako bi se ostvarila potpuna eliminacija gubitaka a to zahteva uključenost svih zaposlenih.

Ako se svi principi efikasno implementiraju u preduzeće i sprovede svakodnevno, takvo preduzeće će imati:

- smanjene zalihe,
- skraćeno vreme ciklus proizvodnje,
- povećan kvalitet proizvoda,
- povećanu efikasnost radnika,
- smanjen broj otkaza mašina,
- povećanu iskorištenost mašina i prostora,
- smanjena skladišta.

3.2. Ključni indikatori performansi

Ključni indikatori performansi (eng. Key Performance Indicators) – KPI su jedinice za merenje performansi industrijskog postrojenja ili njegovog pojedinačnog segmenta, koji se analiziraju od strane menadžmenta.

Odabir pravih performansi i njihovih indikatora u praksi je vrlo komplikovan. Najveći izazov je kako od nekoliko stotina pa čak i hiljada mogućih pokazatelja odabrati dvadesetak ključnih i kako utvrditi da li su oni zaista ključni za poslovanje.

Identifikacija ključnih indikatora performansi uključuje pristup od vrha ka osnovi piramide. Počinje definisanjem vizije, ciljeva i strategije preduzeća, a zatim se definišu relevantne funkcije i kritični faktori uspeha.



Slika 7. Mesto KPI u strategijskoj piramidi odlučivanja [1]

Najčešće korišćeni indikatori performansi u proizvodnim procesima su :

1. Produktivnost

Produktivnost se ne vezuje za brzinu već za tempo proizvodnje. Do unapređenja produktivnosti dolazi sa smanjivanjem korišćenja opreme i ostalih resursa, manje uloženog napora i manjim brojem radnika. Produktivnost direktno utiče na troškove pa je neophodno da fokus bude na efikasnosti radnika jer radnici direktno dodaju vrednost proizvodu.

2. Kvalitet

Kvalitet je jedan od ključnih indikatora performansi koje je moguće pratiti kako eksterno tako i interno. Jedan od eksternog načina praćenja kvaliteta proizvodnje je broj žalbi kupaca u toku meseca kao i troškovi koji proisteknu prilikom rešavanja istih. Troškovi u internim procesima mogu da se odnose na troškove popravki, troškove koji se odnose na količinu otpada nastalog u toku proizvodnog procesa, kao i procenat proizvoda lošeg kvaliteta. Postupci koji se sprovode u cilju povećanja kvaliteta jeste eliminisanje svih navedenih.

3. Zalihe

Prekomerne zalihe akumuliraju veliku količinu novca i uzročnici su velikih problema i gubitaka u preduzeću. Ovaj tip gubitaka uključuje delove, poluproizvode i gotove proizvode. Zalihe su značajan parametar kako bi se ostvarila niža cena, kvalitet i brža isporuka. Cena je značajno niža ukoliko ne postoje nepotrebne zalihe, kvalitet je viši ukoliko su oštećenja proizvoda ređa isporuka je brža ukoliko se eliminiše transport proizvoda od jednog mesta do drugog.

4. Iskorišćenje prostora

Slobodan prostor u preduzeću je jedan vid luksuza a iznajmljivanje ili kupovina prostora je jedan od najvećih finansijskih opterećenja. Svrha prostora u preduzećima je podrška aktivnostima koje dodaju vrednost proizvodu. Efikasnim iskorišćenjem prostora, postiže se bolja preglednost čitavog preduzeća, samim tim olakšan je transport proizvoda i delova unutar proizvodnog procesa što dovodi do kraćeg lead time-a.

5. Realno vreme proizvodnje

Ovo vreme predstavlja vreme koje proizvod provede u proizvodnom procesu i ima direktan uticaj na vreme isporuke. Sto više vremena proizvod provede u proizvodnom procesu to kupac više čeka na isporuku. Suština je smanjiti lead time tj. smanjiti rastojanje proizvodnog procesa od ulaza – porudžbine do izlaza – finalnog proizvoda.

4. ZAKLJUČAK

Koncept Lean proizvodnje jeste maksimalno ispunjenje zahteva kupaca, smanjenje svih poznatih gubitaka uz unapređenje znanja i veština radnika, proizvodnih procesa, vremena i cene proizvoda. Sve u cilju projektovanja fleksibilnih proizvodnih sistema. Fleksibilna preduzeća imaju takve sisteme koji su u stanju da se brzo adaptiraju na novonastale zahteve tržišta bez da moraju da zaustave kompletnu proizvodnju.

Svako preduzeće je drugačije i kao ključ za pravilnu implementaciju lean alata leži u definisanju i preciznom analiziranju proizvodnih procesa takvih kakvi jesu. Koncept i pristup vođeja mora da odgovara specifičnim potrebama tog preduzeća. Na osnovu rezultata dobijenih sprovođenjem detaljnih analiza, odlučuje se koji će se alati primeniti.

Najveća prednost Lean metoda je veza između smanjenja troškova, unapređenja produktivnosti i kvaliteta. Jednostvenost Lean-a se ogleda u uključivanju zaposlenih, timskom radu i kontinualnom unapređenju.

Rezultat Lean filozofije ogleda se u stvaranju fleksibilnih proizvodnih sistema koji na zahteve kupaca odgovaraju u najkraćem roku bez stvaranja rastoja u proizvodnji. To je upravo ono što današnji zahtevi tržišta nameću.

5. LITERATURA

- [1] Mačuzić, Đapan, Lean koncept u upravljanju proizvodnjom
- [2] Dragan Dragičević, Metoda za projektovanje i optimizaciju sistema za montažu zasnovanih na lean konceptu
- [3] <https://docplayer.net/95452243-Logo-lean-prof-dr-peda-milosavljevic-oktobar-2016.html>
- [4] <https://www.process.st/lean-manufacturing-principles/>
- [5] <https://www.slideshare.net/adrianlsmith/agile-and-alen-for-construction-9384237>

Kratka biografija:



Dejana Brujić rođena je u Bačkoj Palanci 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Organizacija i tehnologija građenja odbranila je 2021.god.
kontakt: denny.brujic@gmail.com

ИДЕНТИФИКАЦИЈА РИЗИКА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ДИНАМИКУ И ТРОШКОВЕ**IDENTIFICATION OF RISKS AND THEIR IMPACT ON DYNAMICS AND COSTS**Никола Милекић, Владимир Мученски, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

Кратак садржај – Један од основних елемената управљања пројектима јесте управљање ризиком пројекта, узимајући у обзир да ризици могу негативно да утичу на успешност реализације пројекта тако што неће бити остварен у задатом временском року, са одређеним квалитетом или у планираном буџету. Неизвесност било које врсте везана за реализацију постављених циљева може се назвати ризиком пројекта. Једини начин упознавања са карактеристикама пројекта лежи у системском приступу тј. анализи путем које је могуће сагледати како компоненте пројекта тако и њихове међусобне везе. Технике управљања пројектима нису ништа друго до покушај смањења неизвесности догађања у сврси достизања постављених циљева.

Кључне речи: ризик, методологија управљања пројектним ризицима, идентификација ризика.

Abstract – One of the basic elements of project management is project risk management, taking into account that risks can negatively affect the success of project implementation by not being realized in a given time frame, with a certain quality or in the planned budget. Uncertainty of any kind related to the realization of the set goals can be called project risk. The only way to get acquainted with the characteristics of the project lies in a systematic approach, analysis through which it is possible to see both the components of the project and their interrelationships. Project management techniques are nothing more than an attempt to reduce the uncertainty of events in order to dose the set goals.

Keywords: risk, project risk management, risk identification.

1. УВОД

Просторним планом Републике Србије од 2010 до 2020. дефинисан је дугорочни програм развоја железничке инфраструктуре коридора Х. Планирана је реконструкција, изградња и модернизација постојећих пруга коридора Х (Е-70 и Е-85) кроз Србију у двоколосечне електрофициране пруге "високе перформансе" за мешовити (путнички и теретни) саобраћај и комбиновани транспорт.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Владимир Мученски, ванр.проф.

Република Србија и "Железнице Србије" ад, као један од приоритета развоја железничке инфраструктуре, планирају реконструкцију, модернизацију и изградњу савремене двоколосечне пруге Е-85: Београд – Нови Сад – Суботица – граница Мађарске – (Келебија), која представља део железничког Коридора Хб: Београд – Будимпешта.

Време путовања возом од Београда до Будимпеште, дужине око 350 км, данас износи преко 8 часова са стајањем на граници, а комерцијална брзина је око 43 км/час. Циљ је да са модернизацијом пруге комерцијална брзина повећа на, најмање, 130 км/час и значајно скрати време путовања.

Као део пројекта реконструкције, модернизације и изградње двоколосечне пруге деонице Стара Пазова – Нови Сад, предвиђена је изградња друмског надвожњака на км 67+042,46. Део овог рада представља извођење овог надвожњака и проблеми који су се том приликом јавили.

2. УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ ГРАЂЕВИНСКОГ ПРОЈЕКТА

У литератури постоји велики број различитих дефиниција ризика. Издвајају се две које на целовит и прецизан начин описују ризик.

Ризик је неизвесан догађај или стање које, уколико се догоди, може позитивно или негативно утицати на циљеве пројекта (време, буџет, обим, квалитет).

Ризик је кумулативни утицај случајности неизвесних догађаја који неповољно утичу на циљеве пројекта.

Циљ процеса управљања ризиком јесте увећање вероватноће и утицаја позитивних догађаја, смањење вероватноће и утицаја негативних догађаја или трансформација истих у позитивне догађаје тј. прилике.

Основне групе процеса које међусобно повезане чине целину су:

1. Процеси иницијације (покретања пројекта),
2. процеси планирања (планирање обима, технологије, времена, ризика, трошкова, квалитета, итд.),
3. процеси извршења,
4. процеси надзора и контроле,
5. завршни процеси (затварање пројекта)

Битно је заинтересоване стране идентификовати као могуће изворе ризика.

Кључне заинтересоване стране за грађевинске пројекте су:

- Корисници/купци,

- инвеститори (инвеститори су често и крајњи корисници објекта или услуга),
- интересни центри битни за пројекат (влада државе, локална самоуправа, невладине организације, конкуренти итд.)
- топ менаџмент (особа или тим људи који управљају предузећем ангажованим на посматраном пројекту),
- средњи менаџмент пројекта (особа или тим људи из посматраног предузећа који управљају са више пројеката)
- менаџер пројекта и чланови пројектног тима (особа и тим људи који управљају посматраним пројектом),
- извођачи (подизвођачи) радова

Очекивања заинтересованих страна често су опречна, међусобно искључива, што може изазвати ризик у свим облицима.

Управљање интеграцијом грађевинских пројеката

Измене у току реализације су честе у грађевинарству. Свака измена почетног плана је потенцијални извор ризика као и стриктно држање плана без адапције пројекта тренутним условима. Из тог разлога битан аспект управљања ризиком је и контрола измена пројекта.

Управљање обимом грађевинских пројеката

Способност сагледавања потребног обима радова директно је повезана са детаљношћу анализе пројектне документације, детаљношћу анализе градилишних услова, јасноћом захтева инвеститора, познавањем одговарајуће регулативе.

Управљање временом грађевинског пројекта

Карактеристике динамичких планова у великој мери утичу на ниво ризика пројекта. Кратки временски рокови за последицу имају смањене резерве времена. Недостатак резерви времена у многоструком утиче и на повећање психолошког притиска код менаџмента пројекта и свих нижих нивоа менаџмента што се коначно пројектује и на раднике на градилишту.

Управљање трошковима грађевинских пројеката

У фазама покретања и планирања пројекта могућа је „акумулација“ ризика које је касније тешко контролисати. До акумулације долази у случају да ризици нису идентификовани.

Врло често такви ризици имају огроман утицај на касније фазе пројекта јер су настали у периоду доношења стратешких одлука у оквиру пројекта. Пример за такве ризике био би избор неадекватне технологије грађења или избор лоше механизације.

Управљање комуникацијама грађевинских пројеката

Управљање комуникацијама састоји се из следећих активности:

- Планирање информација,
- дистрибуција информација,
- извештавање о извршењу,
- завршетак пројекта – колаудација

Управљање људским ресурсима грађевинских пројеката

1. Управљање, посматрајући људску радну снагу као ресурс и
2. управљање људским ресурсима са аспекта развоја.

Веза ризика са процесом набавке

Готово да не постоји процес изградње који не укључује трећу страну тј. подизвођаче радова или добављаче материјала. Врло често су подизвођачи ангажовани за уско специјализоване радове у циљу постизања високог квалитета или за радове које главни извођач није у стању да изведе јер нису у опису његове делатности.

3. ТЕХНИЧКИ ОПИС ОБЈЕКТА

У Сремским Карловцима предвиђен је надвожњак за прелаз преко новопроектване, двоколосечне железничке пруге Стара Пазова - Нови Сад. Овај надвожњак обезбеђује везу дела насеља према Дунаву са магистралним путем Београд - Нови Сад.

Усвојени распони надвожњака су: $9 \times 25.0 = 225.0 \text{ m}$. Између стубова С5 и С6 пролази новопроектвана двоколосечна пруга, док кроз следећи распон, С6 - С7, пролази новопроектвани локални пут.

Надвожњак је армиранобетонска преднапрегнута конструкција грађена уз помоћ скеле, оплате и бетона ливеног на лицу места. Распонска конструкција је круто везана са средњим стубовима, док су на опорцима предвиђена лежишта. На крајевима распонске конструкције, уз парапет обалних стубова, предвиђене су водонепропусне дилатације.

4. ТЕХНОЛОГИЈА ИЗВОЂЕЊА РАДОВА

Ова технологија укључује следеће радове:

- Припремни радови
- Земљани радови
- Армирачки радови
- Тесарски радови
- Бетонски радови
- Остали радови

5. ОРГАНИЗАЦИЈА ГРАДИЛИШТА

Сви извођачи радова, односно правно и одговорно лице извођача радова, одговорни су да о почетку рада обавесте надлежну инспекцију рада, најмање осам дана пре почетка рада и истовремено уз пријаву о почетку рада доставе и прописани елаборат о уређењу градилишта и обезбеђењу услова за нормалан и здрав рад запослених.

За запослене и друга лица док раде или се крећу по градилишту, коришћење прописаних средстава и опреме личне заштите, обавезно је. Градилишни путеви по чврстоћи и осталим путним елементима морају бити прилагођени возним и осталим карактеристикама средстава који се по њима крећу. Свака зона рада обавезно се обележава видљивим обележјем (ограда, трака, табле, боја, светло) без обзира на то да ли се на њој тренутно изводе или не изводе радови. Ради обезбеђења континуитета и елиминисања застоја који су последица неравномерне

испоруке и потрошње материјала, на градилишту биће изграђени складишни простори, одређене депоније материјала и складишта којима ће бити обезбеђене довољне залихе за нормалан и континуиран рад.

6. ПРОБЛЕМИ ОРГАНИЗАЦИОНЕ СТРУКТУРЕ ГРАЂЕЊА

Проблеми који утичу на процес изградње објекта можемо посматрати кроз измену динамике изградње објекта и на додатне, не планиране, трошкове које ти проблеми могу изазвати. Узрочнике тих проблема можемо поделити у две групе, на интерне и екстерне узрочнике проблема.

У интерне узрочнике проблема можемо сврстати све унутрашње факторе који су део организације која изводи радове на изградњи објекта (у даљем тексту извођач радова). Сваки од тих фактора представља део организационог система извођача радова.

Уколико систем добро функционише и уколико су делови унутар њега боље и јасније повезани, утолико су интерни узрочници проблема мањи. Тежњом да се организациони систем усавршава, тежимо да сам процес рада боље функционише, а интерне узрочнике проблема минимизирамо.

У екстерне узрочнике проблема спадају сви они фактори који су део процеса изградње објекта, а нису део унутрашње структуре извођача радова. У ову групу спадају инвеститори, надзорни органи, пројектантске фирме, подизвођачке фирме, добављачи материјала, временски услови итд...

Радници који су главни чинилац процеса рада у највећој мери утичу, како на интерне, тако и на екстерне узрочнике проблема. Стручност, одговорност и залагање радника, који учествују у процесу изградње, било као интерни или екстерни фактори, главни су разлози за степен успеха изградње објекта.

Интерни узрочници проблема

Фирме које се баве извођењем радова у исто време имају више екипа које изводе радове на различитим објектима, који су, у зависности од пројекта, део истог или различитог пројекта.

Интерне узрочнике проблема исто тако можемо поделити на интерне и екстерне узрочнике интерних проблема. У овом случају интерни проблеми су проблеми који се јављају унутар тимова који руководе пројектом, односно објектом као предметом изградње.

Тимови који руководе пројектом сачињени су од службе које су продужена рука службе на нивоу целе фирме (нпр. служба набавке на пројекту је, само део службе набавке целе фирме). Ту видимо да су уско повезани и да се преплићу интерни и екстерни узрочници интерних проблема.

Службе које су део тимова на пројекту су техничка припрема, набавка, администрација, геодетска служба, механизација, грађевинска оператива... Поред ових служби, ту је и директор пројекта који све ове службе и делове треба да повеже у једну целину и координише и усмерава њихов рад и напредак, као и да решава проблеме везане за сам пројекат и да врши

комуникацију са инвеститорима, надзорним органима, менаџментом унутар фирме итд.

Екстерни узрочници интерних проблема су, у највећој мери, службе под чију надлежност спадају службе унутар тимова који воде пројекте, тим службама руководе шефови или директори сектора. У овом случају највећи узрочник проблема и највише простора за проблеме има у сектору набавке и сектору механизације.

Екстерни узрочници проблема

У екстерне узрочнике проблема спадају сви они фактори који су део процеса изградње објекта, а нису део унутрашње структуре извођача радова. У ову групу спадају инвеститори, надзорни органи, пројектантске фирме, подизвођачке фирме, добављачи материјала, временски услови итд...

7. ПРОБЛЕМИ ТОКОМ ИЗГРАДЊЕ НАДВОЖЊАКА

Проблеми који су се јавили током изградње надвожњака у вези су са:

- Геодетском мрежом
- Неприступачним тереном
- Додатним радовима који нису уговорени
- Бушењем шипова
- Израдом наглавних греда
- Израдом стубова
- Израдом носача
- Временским условима и негом бетона
- Кваровима механизације
- Радном снагом.

8. ЗАКЉУЧАК

Детаљном анализом литературе из области управљања ризиком уочено је одсуство методологије прилагођене условима грађевинских процеса.

Након извршене анализе дошло се до закључка да је управљање ризиком једна је од основних активности управљања грађевинским пројектима. Грађевински пројекти, с обзиром на сложеност и број активности које је потребно извршити, спадају у високо-ризичне процесе. Како би се квалитетно управљали ризиком неопходно је добро познавати процесе грађења и њихову околину.

Главни проблем, не само изградње надвожњака и пројекта чијег је он део, већ комплетне гране грађевинарства у Србији, јесте мањак квалитетне радне снаге свих звања и занимања. Мало је радника који се посвећују послу 100%, и њему приступају максимално одговорно и озбиљно. Мало је стручних радника који могу да едукују млађе колеге и тиме доприносе комплетном напретку грађевинарства. Под радницима мислим како на мајсторе, тако и на инжењере и директоре, који треба да успоставе систем функционисања фирми и грађења уопште. Недостатак система рада доводи до непотребних трошкова и губитака, које често није могуће сагледати, анализирати и отклонити, услед недостатка алата за анализирање и праћење пословања.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Project Management Body of Knowledge
- [2] Wideman, R. Max, Project and program risk management: a guide to managing project risks and opportunities, Project Management Institute, Newtown Square, Pennsylvania, 1992
- [3] Вујић, Д., Менаџмент људских ресурса и квалитет, Центар за примењену психологију, Београд, 2003
- [4] Новаковић, Б., Менаџмент савремене грађевинске фирме, Центар за организацију, развој и менаџмент, а.д., Београд, 1999
- [5] Cooper, D., Grey, S., Raymond, G., Walker, P., Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements, John Wiley and Sons, Ltd, 2005
- [6] Управљање ризиком грађевинских пројеката
- [7] Главни пројекат реконструкције, модернизације и изградње двоколосечне пруге Београд – Стара Пазова – Нови Сад – Суботица – државна граница. Деоница: Стара Пазова – Нови Сад. Књига 7 Пројекат мостова и пропуста. Пројекат моста на км 67+042
- [8] Искуство изградње моста преко двоколосечне пруге на деоници Стара Пазова – Нови Сад.

Кратка биографија:

Никола Милекић рођен је у Ужицу 1991. год. Маја 2017. год. стиче звање дипломираног инжењера грађевинарства. Мастер рад на факултету техничких наука из области Грађевинарства – Организација и технологија грађења одбранио је 2021. године.

Владимир Мученски рођен је у Врбасу 1980. год. Основне и мастер академске студије завршио је на Факултету техничких наука у Новом Саду. Ванредни је професор Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду од 2019. год.

UPRAVLJANJE IZGRADNJOM STAMBENO-POSLOVNOG OBJEKTA NA TERITORIJI NOVOG SADA SA FINANSIJSKO-EKONOMSKOG ASPEKTA**CONSTRUCTION MANAGEMENT OF A RESIDENTIAL-BUSINESS FACILITY ON THE TERRITORY OF NOVI SAD FROM THE FINANCIAL AND ECONOMIC ASPECT**

Stefan Božić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Tema rada jeste analiza finansijsko-ekonomskog aspekta izgradnje višespratnog stambeno-poslovnog objekta na teritoriji Novog Sada. Formiran je investicioni program za predmetni objekat i analizirana je finansijsko-ekonomska smislenost njegove realizacije za različite uslove tržišta. Na kraju, analizirani su faktori koji u najvećoj meri definišu objekat po pitanju konačnog izgleda.

Ključne reči: *Upravljanje izgradnjom, Investicija, Investicioni program, Stambeno-poslovni objekat*

Abstract – *The topic of the paper is the analysis of the financial and economic aspect of the construction of a multi-storey residential and business building on the territory of Novi Sad. The investment program for the object in question was formed and the financial and economic feasibility of its realization for different market conditions was analyzed. Finally, the factors that mostly define the object in terms of final appearance were analyzed.*

Keywords: *Construction management, Investment, Investment program, Residential and business building*

1. UVOD

Primetno je da je u građevinskoj industriji sadržano mnogo različitih profesija, te da je tokom procesa realizacije projekta neophodno uspešno sprovođenje tehničkih, ekonomsko-finansijskih i pravnih aktivnosti. Efektivnost i racionalnost izgradnje objekta moguće je obezbediti samo dobrom sistematizacijom. Način i organizacija samog građenja, zatim, kontrola troškova, vremena, nabavke i kvaliteta su samo neki od osnovnih delova projekta i svaki od njih zahteva adekvatno upravljanje.

Poslednjih godina, veliki je porast broja gradilišta na teritoriji Novog Sada. Nameće se zaključak da je na lokalnom nivou građevinska industrija poželjno mesto za investiranje. Analiziran je višespratni stambeno-poslovni objekat u cilju boljeg razumevanja strukture prodajne cene kvadratnih jedinica, svih relevantnih troškova i finansijske opravdanosti za investiranje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Mučenski, vanr. prof.

Takođe, analizirani su i najvažniji dokumenti koji definišu objekat po pitanju njegove vrste, spratnosti i dimenzije.

2. INVESTICIONI PROGRAM**2.1. O investicionom programu**

Investicije u ekonomskoj teoriji predstavljaju troškove, odnosno finansijska sredstva koja se ulažu u kapitalna dobra, sa očekivanjem da će u budućnosti doneti profit [1]. Investicionim programom proverava se smislenost i opravdanost realizacije građevinskog projekta sa njegovog finansijskog aspekta. Analiziraju se buduća tržišna vrednost objekta, kao i svi troškovi koji se prilikom izgradnje javljaju.

2.2. Osnovni podaci

Katastarska parcela 3343/3 nalazi se u katastarskoj opštini Novi Sad I i po vrsti spada u gradsko građevinsko zemljište. Njena površina iznosi 2.288 m² i po urbanističkim planovima na njoj je predviđen višespratni stambeno-poslovni objekat (3 lamele - Po+P+M+3; Po+P+M+4; Po+P+M+4). Takođe, definisani su stepen njene zauzetosti (100%) i koeficijent izgrađenosti (5,42). Na osnovu navedenog, predviđena bruto razvijena građevinska površina (BRGP) iznosi 12.394,09 m². Ukupna bruto površina objekta dobija se zbirom BRGP i podrumске etaže (jednaka je površini parcele).

2.3. Analiza tržišne vrednosti investicije

Jedan od najbitnijih faktora koji određuje ukupnu tržišnu vrednost objekta jeste njegova veličina. Za pretpostavku se usvaja da neto površina ovog objekta iznosi 76% njegove bruto površine: 11.171,87 m². Funkcionalno gledano, razlikuju se tri vrste proizvoda koji bi bili rezultat ove investicije. Stambeni prostor (52%) predviđen na višim etažama, poslovni prostor (36%) u prizemlju i na mezaninu, i garažni prostor (12%) u podrumskoj etaži. Približnu tržišnu cenu prodajnog metra kvadratnog na određenoj lokaciji u gradu, u zavisnosti od funkcionalne celine, moguće je utvrditi na više načina.

Na osnovu podataka dostupnih u Republičkom zavodu za statistiku, u agencijama za prodaju nekretnina ili na osnovu internet oglasa postavljenih od strane fizičkih lica. Prema ovim informacijama, usvaja se pretpostavka da cena stambenog kvadratnog metra novoizgrađenog objekta na predmetnoj lokaciji iznosi 1.350 €. Tržišna vrednost poslovnog prostora iznosi 1.200 €/m², a garažnog 470 €/m². Ukupna tržišna vrednost investicije procenjena je na 13.283.465,7 €.

2.4. Analiza troškova investicije

Troškovi projektovanja podrazumevaju sve troškove koji se javljaju prilikom izrade tehničke dokumentacije. Takse za izdavanje lokacijskih uslova i građevinske dozvole neretko iznose više hiljada evra pa se zbog te činjenice i one uračunavaju u ove troškove. Cena izrade kompletne tehničke dokumentacije na teritoriji Novog Sada zavisi od projektantskog biroa i iznosi približno od 8,5 do 9 € po bruto kvadratnom metru objekta. Kada se na ovu cenu dodaju i pomenute takse, troškovi projektovanja koji se usvajaju kao pretpostavka za investicioni program iznose 9,2 €/m². Troškovi izgradnje predstavljaju najveći udeo troškova pri realizaciji svakog objekta. Radovi na gradilištu treba da se kvalitetno započnu i da se odvijaju bez zastoja do predaje objekta.

Na osnovu planirane veličine objekta, u investicionom programu vrši se procena koštanja svih vrsta radova koji se prilikom procesa izgradnje javljaju. Cena građenja po sistemu „ključ u ruke“ koja obuhvata izvođenje svih radova kreće se u širokom spektru (od 350 €/m² pa sve do 750 €/m²). Za potrebe ovog investicionog programa usvaja se cena od 565 €/m². Ukupno, troškovi projektovanja i izgradnje iznose 5.680.550,228 €.

Stavke koje budućem korisniku objekta obezbeđuju osnovne uslove za život spadaju u troškove komunalne i druge infrastrukture (uključujući i priključke). Doprinosi za uređenje građevinskog zemljišta obuhvataju opremanje lokacije saobraćajnom, vodovodnom, kanalizacionom i elektroenergetskom mrežom. Ovim doprinosima grad se finansira za potrebe daljeg prostornog razvijanja [2]. Veličina doprinosa direktno zavisi od funkcije budućeg objekta i od njegove lokacije (zone izgradnje). Obračunava se tako što se prosečna cena novogradnje u posmatranom gradu, objavljena od strane Republičkog zavoda za statistiku, pomnoži sa koeficijentom zone (0,0669) i koeficijentom namene (stambene-1,4; poslovne-1,5) objekta [3]. Ukupno, oni iznose 935.447,579 €.

Troškove javnim preduzećima za obezbeđenje svih komunalija i energenata koji nisu predviđeni doprinosom za uređenje građevinskog zemljišta, poput gasa namenjenog za grejanje, kao i troškove svih odgovarajućih priključaka teško je unapred definisati. Međutim, na osnovu prakse se može usvojiti pretpostavka da oni približno iznose 20% troškova doprinosa za uređenje građevinskog zemljišta - 196.443,992 €.

Ukupno troškovi komunalne i druge infrastrukture (uključujući i priključke) iznose 1.131.891,571 €.

Administrativno-pravne troškove koji su neizbežni za normalno funkcionisanje preduzeća čine plate zaposlenih sa doprinosima (inženjeri, nadzor, koordinatori za BZR, poslovni sekretari), zakup lokala sa režijama, troškovi održavanja postojeće imovine (računari, softverske licence, kancelarijski materijal, telefoni zaposlenih, čišćenje lokala i slično), advokatske i knjigovodstvene usluge. Takođe, ovde su i uračunati nepredviđeni troškovi nastali usled nepovoljnih vremenskih uslova, kašnjenja, kvarova i slično. Neki od ovih faktora su troškovi na mesečnom nivou, dok su neki jednokratni.

Pretpostavljeno vreme celokupne realizacije projekta je 24 meseca. Pretpostavka je da u tom periodu ovi troškovi ukupno iznose 245.800,000 €.

Sve analizirane troškove u ovom poglavlju zovemo proizvodne troškove. Poslednja vrsta troškova koja se javlja tokom realizacije projekta su troškovi pribavljanja lokacije. Zbog njihove specifičnosti oni će se analizirati u narednom poglavlju gde će se na osnovu njih, ali i proizvodnih troškova, razmatrati smislenost investicije.

3. ANALIZA OPRAVDANOSTI GRAĐEVINSKE INVESTICIJE

3.1. O troškovima lokacije

Kada se govori o pribavljanju lokacije onda je reč o trgovini čiji rezultat u najvećoj meri utiče na finansijsku uspešnost investicije. U strukturi prodajne cene kvadratnih jedinica ovaj trošak zauzima veliki procenat, pa je razumljivo zbog čega je on od velikog značaja.

Investitor pribavlja lokaciju od strane njenog vlasnika na dva načina [4]: direktnom novčanom isplatom ili zamenom za novoizgrađene kvadratne jedinice. Ukoliko postoji mogućnost za celokupnu isplatu lokacije, razumljivo je da je trgovina povoljnija (samim tim i profit na investiciji) nego u slučaju zamene za kvadratne jedinice. Međutim, kako je u pitanju objekat velikih dimenzija, troškove za pribavljanje građevinske parcele gotovo da nije moguće platiti na ovaj način. Takođe, da bi i sam proces izgradnje nesmetano tekao, potrebno je da investitor raspolaže određenom količinom novca namenjenog za učestalu isplatu učesnika projekta (obezbeđen protok novca). Analizirana su oba slučaja.

3.2. Kupovina lokacije

Investitor raspolaže kapitalom kojim pokriva sve troškove i na osnovu njega projektuje minimalnu željenu zaradu. Nju, zajedno sa svim ranije pomenutim troškovima (proizvodnim troškovima), odbija od tržišne vrednosti objekta, i na taj način dobija vrednost maksimalne cene koju je spreman da plati za pribavljanje lokacije. Tržišna vrednost objekta iznosi 13.283.465,7 €. Pretpostavlja se da projektovana minimalna zarada iznosi 20% ukupnih troškova investicije. U tom slučaju, ukupni troškovi iznose = 11.069.554,75 €. Minimalni profit je definisan razlikom dve vrednosti i iznosi 2.213.910,95 €. Maksimalna cena pribavljanja lokacije dobija se razlikom ukupnih troškova projekta i proizvodnih i iznosi 4.011.313,371 €. Kada se govori o strukturi prodajne cene jednog objekta, u praksi se često prikazuju njeni elementi izraženi po metru kvadratnom neto površine stambeno-poslovnog prostora. Zbog lakšeg proračuna, sva prodajna vrednost garaža se preraspodeljuje (dodaje) na vrednost pomenutih neto površina. U skladu sa ovim, neto prodajnu površinu čini 9814,76 m² (zbir stambenog i poslovnog dela objekta). Optimalan profit investicije iznosi 31% uloženog novca (profit jednak ceni lokacije).

3.3. Suinvestitorski odnos

Slučaj po kom vlasnika građevinske parcele sleduje određen broj stambenih jedinica najčešći je slučaj u praksi, pogotovo kada je reč o objektima velikih dimenzija. Sa jedne strane, investitoru ostaje na raspolaganju novac koji mu omogućava da pokriva sve troškove prilikom same izgradnje (protok novca ne predstavlja problem), dok sa druge, vlasnik parcele dobija kvadratne jedinice novogradnje i to u većoj vrednosti u

odnosu na novac koju bi dobio. Pretpostavka je da definisani minimalan profit od strane investitora iznosi 17% ukupnih troškova. Tržišna vrednost objekta iznosi 13.283.465,7 €. To podrazumeva ukupne troškove investicije i minimalnu zaradu. U tom slučaju, ukupni troškovi iznose 11.353.389,49 €. Minimalni profit je definisan razlikom dve vrednosti i iznosi 1.930.076,213 €.

Maksimalna cena pribavljanja lokacije dobija se razlikom ukupnih troškova projekta i proizvodnih i iznosi 4.295.148,11 €. Troškovi lokacije pokrivaju se zamenom za stambene ili poslovne kvadrate, kao i njihovom kombinacijom sa garažnim prostorijama. Optimalan profit investicije iznosi 27% uloženog novca - tabela 1.

Tabela 1. Troškovi i tržišna vrednost investicije, optimalan profit (za oba slučaja saradnje)

kupovina lokacije			% proizvodnih troškova	% ukupnih troškova	% prodajne cene	suinvestitor. odnos		% proizvodnih troškova	% ukupnih troškova	% prodajne cene
Proizvodni i troškovi	7.058.241,4 €	719 €/m ²	100%	69%	53%	7.058.241,4 €	719 €/m ²	100%	68%	53%
Optimalan trošak lokacije	3.112.612,2 €	317 €/m ²	44%	31%	23%	3.396.446,9 €	346 €/m ²	48%	32%	26%
Ukupni troškovi investicije	10.170.853,5 €	1.036 €/m ²	144%	100%	77%	10.454.688,3 €	1.065 €/m ²	148%	100%	79%
Tržišna vrednost investicije	13.283.465,7 €	1.353 €/m ²	188%	131%	100%	13.283.465,7 €	1.353 €/m ²	188%	127%	100%
Optimalan profit	3.112.612,2 €	317 €/m ²	44%	31%	23%	2.828.777,4 €	288 €/m ²	40%	27%	21%

Za oba slučaja saradnje profit investicije je daleko iznad minimalne definisane vrednosti. Imajući to na umu, investicija se može smatrati racionalnom i opravdanom sa finansijsko-ekonomskog aspekta.

4. ANALIZA OSETLJIVOSTI INVESTICIONOG PROGRAMA

4.1. Promena cene metra kvadratnog

Trend porasta cene kvadratnih jedinica poslednjih godina može samo povoljno da utiče na prirodu investicije jer nagoveštava da je potražnja za stanovima velika. Međutim, analiziraćemo smislenost investicije u slučaju da dođe do naglog i neočekivanog pada cene, kako bismo razumeli finansijski rizik koji izgradnja jednog objekta nosi sa sobom. Za pretpostavku usvajamo da će, u periodu od početka realizacije projekta pa do perioda namenjenog za prodaju stanova, cena stambenog kvadrata opasti za 100 €. Vrednost investicije usled novih okolnosti opala je za 578.608 € (59 €/m²). Troškovi investicije su ostali nepromenjeni. Optimalan profit investicije iznosi 258 €/m². Zarada na investiciji od 25% ukupno uloženog novca je ispod optimalne ali i iznad minimalne definisane vrednosti. Zbog toga, iako dođe do pada cena na tržištu nekretnina, investicija će i dalje biti opravdana sa finansijsko-ekonomskog aspekta.

4.2. Promena koeficijenta izgrađenosti

Postoji verovatnoća da tokom rešavanja neophodnih aktivnosti koji prethode početku izgradnje objekta dođe do promene urbanističkih uslova. Na taj način, oni mogu da imaju značajni negativni uticaj na investiciju. Analiziraćemo slučaj u kom je po novim planskim dokumentima predviđeno uklanjanje čitave etaže – mezanina. Odnosno, vrednost koeficijenta izgrađenosti sa 5,42 snižena je na 4,38. Osnova objekta je ostala nepromenjena i u skladu sa tim BRGP iznosi 10.023,18 m². Promena planskih dokumenata prouzrokovala je da

vrednost investicije opadne za 2.641.572 € i sada iznosi 10.641.893,7 €. Nakon definisanja tržišne vrednosti ovakvog objekta, sledeći korak jeste modifikacija troškova. Pošto se cena same izgradnje računa po neto kvadratu zbira stambene i poslovne površine, jasno je da će se zbog uklanjanja mezanina ovi troškovi u velikoj meri smanjiti. Ukupno, troškovi projektovanja i izgradnje iznose 4.414.861,33 €. Takođe, doći će do značajnog smanjenja (približno 30%) troškova komunalne i druge infrastrukture (smanjen je doprinos za uređenje građevinskog zemljišta) i oni sada iznose 788.762,61 €. Ostale troškove u koje spadaju plate zaposlenih, režije, nepredviđeni troškovi i slično smatraćemo nepromenjenim (245.800,000 €). Takođe, troškovi za lokaciju ostali su isti, jer je njena kupovina već obavljena i iznose 3.112.612,161 €. Zbog lakšeg proračuna, sva prodajna vrednost garaža se preraspodeljuje (dodaje) na vrednost neto stambeno-poslovnih površina. U skladu sa ovim, neto prodajnu površinu čine stambeni deo i poslovni deo objekta odnosno površina od 7613,45 m². Profit na investiciji dobija se oduzimanjem proizvodnih i lokacijskih troškova od tržišne vrednosti objekta. On iznosi 2.079.857,6 € što je daleko ispod planiranog optimalnog profita od 3.112.612,161 €. Međutim, kako su u mezaninu bili predviđeni isključivo poslovni prostori (jeftiniji kvadrat od stambenih), tržišna vrednost objekta gledano po kvadratnoj jedinici je porasla. Takođe, redukovani su i skupi troškovi doprinosa za uređenje građevinskog zemljišta (viši su za poslovnu namenu nego za stambenu). Lokacija jeste skuplje plaćena nego što je predviđeno, ali ostali troškovi su se smanjili, pa će ovaj slučaj predstavljati manju investiciju od zamišljene, sa manjom zaradom, ali i sa manjim troškovima. Profit bi iznosio 24% uloženog novca što se i dalje smatra racionalnim i opravdanim poslovanjem. Optimalna zarada investicije u slučaju pada cene ili promene koeficijenta izgrađenosti prikazana je u tabeli 2.

Tabela 2. Troškovi i tržišna vrednost investicije, optimalan profit (pad cene i promena koeficijenta izgrađenosti)

Pad cene			% proizvod nih troškova	% ukupnih troškova	% prodaj ne cene	promena koef. izgr.		% proizvod nih troškova	% ukupnih troškova	% prodaj ne cene
Proizvodni troškovi	7.058.241,4 €	719 €/m ²	100%	69%	56%	5.449.423,9 €	715 €/m ²	100%	64%	51%
Optimalan trošak lokacije	3.112.612,2 €	317 €/m ²	44%	31%	24%	3.112.612,2 €	409 €/m ²	57%	36%	29%
Ukupni troškovi investicije	10.170.853,5 €	1.036 €/m ²	144%	100%	80%	8.562.036,1 €	1.124 €/m ²	157%	100%	80%
Tržišna vrednost investicije	12.704.857,7 €	1.294 €/m ²	180%	125%	100%	10.641.893,7 €	1.398 €/m ²	196%	124%	100%
Optimalan profit	2.534.004,2 €	258 €/m ²	36%	25%	20%	2.079.857,6 €	274 €/m ²	39%	24%	20%

5. FAKTORI DEFINISANJA OBJEKTA

5.1. O faktorima

Budući da je fokus rada na finansijskim aspektima realizacije projekta u građevinarstvu, u ovom poglavlju će biti reči o onim faktorima koji u najvećoj meri definišu izgled i gabarite budućeg objekta.

5.2. Planski dokumenti

Dokumenti (prostorni i urbanistički planovi) koji su namenjena za uređivanje i razvoj prostora na teritoriji Republike Srbije. U urbanističkim planovima se definišu zone i uređenja naseljenih mesta, kao i način njihove povezanosti. Sa aspekta investiranja, poznavanje namene parcele predstavlja osnovnu informaciju. Izmenom Plana generalne regulacije (PGR), na lokalitetu koji obuhvata i predmetnu parcelu (3343/3, Novi Sad I) namena poslovanja promenjena je u namenu opštegradskog centra i saobraćajnih površina. Time je Plan detaljne regulacije prestao da predstavlja osnov za realizaciju projekta, već je to postao PGR. Predviđen je višespratni stambeno-poslovan objekat. Maksimalna spratnost na južnom delu parcele je Po+P+M+4, a na severnom je Po+P+M+3. Planirana zauzetost u zoni prizemlja je 100%, dok je na višim etažama 80%. Poslovanje je namenjeno u prizemnoj etaži, a stanovanje na višim. Razumljivo je u kojoj meri Plan generalne regulacije definiše buduću objekat po pitanju gabarita i forme (tj. vrednosti). Analiza investicije za slučaj promene sadržaja PGR-a rađena je u poglavlju 4.

5.2. Lokacijski uslovi

Dokumenta koja definišu pravila izgradnje na lokaciji za koju su izdati. Lokacijski uslovi za jednu parcelu direktno zavise od idejnog rešenja (vezani su za parcelu) i bilo koje drugo lice može da ih iskoristi kao osnovu za izradu projekta za građevinsku dozvolu. Uslovi za projektovanje i priključenje na komunalnu, saobraćajnu i drugu infrastrukturu predstavljaju jedan segment lokacijskih uslova.

5.3. Projekat za građevinsku dozvolu

Za razliku od prethodnih faktora (izdaje nadležni organi), projekat za građevinsku dozvolu obaveza je investitora. Njime se opredeljuje za jedno od više mogućih konačnih rešenja objekta (po kriterijumu maksimalne vrednosti).

6. ZAKLJUČAK

Predmet analize ovog rada bio je višespratni stambeno-poslovni objekat u svojstvu građevinske investicije. Analizirani su njegova tržišna vrednost i svi neophodni troškovi koji se javljaju u cilju razumevanja finansijsko-ekonomskog dela jednog građevinskog projekta. Tržišna vrednost objekta određena je na osnovu pretpostavljenih tržišnih vrednosti prodajnih jedinica koji ga sačinjavaju (stambeni, poslovni i garažni deo). Prvu grupu troškova čine sva projektno-tehnička dokumentacija i izgradnja objekta.

Drugu grupu čine izgradnja neophodne infrastrukture (za normalno funkcionisanje budućih korisnika objekta). Troškovi administracije i imovine preduzeća predstavljaju treću grupu. Konačno, analizirani su i troškovi pribavljanja lokacije (najviše utiču na rezultat investicije). Prema trenutnom stanju tržišta, investicija (definisana planskim dokumentima) je opravdana sa finansijsko-ekonomskog aspekta (i u slučaju pada cene stambene kvadratne jedinice i u slučaju promene koeficijenta izgrađenosti).

7. LITERATURA

- [1] Ž. Prašćević, G. Čirović, M. Baščarević, B. Veličković, "Organizacija građenja", Zavod za udžbenike, Beograd, 2006.
- [2] D. Čukić, D. Vasiljević, "Vodič kroz dozvole za izgradnju", Predstavništvo Cardno Emerging Markets USA Ltd, Beograd, 2016.
- [3] Odluka o utvrđivanju doprinosa za uređivanje građevinskog zemljišta, "Službeni list Grada Novog Sada", br 38/2018.
- [4] G. Čirović, "Upravljanje investicijama", Visoka građevinsko-geodetska škola strukovnih studija, Beograd, 2013.

Kratka biografija:



Stefan Božić rođen je u Novom Sadu 1995. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Organizacija i tehnologija građenja odbranio je 2020. god. kontakt: stefan.bozicc@gmail.com

**PROJEKAT ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ZGRADE
KONSTRUKTIVNOG SISTEMA DUKTILNIH ZIDOVA****PROJECT OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURE OF A MULTI-STOREY
BUILDING WITH A STRUCTURAL SYSTEM OF DUCTILE WALLS***Stevo Lazić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Projektovana je armiranobetonska konstrukcija višespratne stambene zgrade, spratnosti Po+Pr+9, prema evropskim propisima za konstrukcije. Analizirana su sva mjerodavna dejstva na konstrukciju, sprovedeno je dimenzionisanje i dati su planovi armiranja karakterističnih konstruktivnih elemenata. Konstrukcija je projektovana za srednju klasu duktilnosti. Analizirani su projektni zahtjevi definisani Evrokodom 8 za zidove za ukrućenje i primarne seizmičke stubove, projektovane za srednju i visoku klasu duktilnosti. Karakteristični zid je dimenzionisan za srednju klasu duktilnosti dok su karakteristični stubovi dimenzionisani za srednju i visoku klasu duktilnosti. Usvojena količina armature je poređena sa količinama dobijenim primjenom domaćih propisa.

Ključne reči: AB višespratna zgrada, Evrokod 8, programirano ponašanje, duktilni zidovi, primarni seizmički stubovi, DCM, DCH, domaći propisi

Abstract – This paper presents the project of reinforced concrete structure of a multi-storey residential building (B+Gf+9), according to European standards for structures. Relevant actions on the structure are analysed, characteristic elements are designed and their reinforcement details are presented in this paper. The structure is designed for medium ductility class. The design requirements for ductile walls and primary seismic columns, designed for medium and high ductility class, defined by Eurocode 8, are analysed. The characteristic wall of the structure is design for medium ductility class while the characteristic columns are designed for both ductility classes. The results in the form of steel reinforcement are compared with the amounts required by the domestic regulations.

Keywords: RC multi-storey building, Eurocode 8, capacity design, ductile walls, primary seismic columns DCM, DCH, domestic regulations

1. UVOD

Predmet ovog rada jeste projekat armiranobetonske (AB) konstrukcije višespratne zgrade konstruktivnog sistema duktilnih zidova prema evropskim propisima. Posebna pažnja je posvećena analizi zahtjeva koje propisuje Evrokod 8 a koje se odnose na armiranobetonske konstrukcije projektovane u seizmički aktivnim prostorima i

poređenje tih zahtjeva sa onim datim u Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmički aktivnim područjima („Službeni list SFRJ“ br. 31/81, 49/82, 29/83, 21/88 i 52/90).

Kroz rad su detaljno obrađeni zahtjevi koji se odnose na AB seizmičke zidove i stubove te su kasnije karakteristični zidovi i stubovi, koji su dio konstrukcije armiranobetonske višespratne zgrade, dimenzionisani u skladu sa njima. Izvršeno je i poređenje količina armature dobijenih prema Evrokodu 8 sa onim dobijenim dimenzionisanjem u skladu sa domaćim propisima za karakteristične elemente.

**2. PROJEKTOVANJE ARMIRANOBETONSKIH
ZIDOVA PREMA EVROKODU 8**

Zidovima se u Evrokodu smatraju vertikalni konstruktivni elementi, sa odnosom strana poprečnog presjeka većim ili jednakim 4. Zidovi se mogu posmatrati u statičkom smislu kao konzole ukrućene u temeljnu konstrukciju, dok se na nivou poprečnog presjeka može smatrati da ga čine ivični pojasevi povezani rebrom između. Savijanje se prihvata koncentrisanjem vertikalne armature u pojaseve zida, formiranjem ivičnih elemenata (koji su jednake ili veće širine od širine rebra), dok se prijem smicanja povjerava rebru zida. Prema Evrokodu 8 (EN 1998-1) zidovi se klasifikuju na duktilne i velike lako armirane zidove, pri čemu duktilni zidovi mogu biti spojeni ili zasebni.

2.1. Posebni zahtjevi za zidove

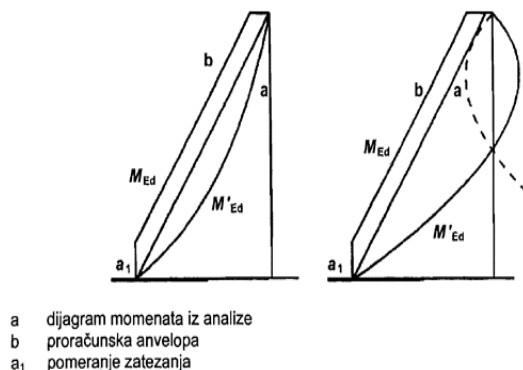
U zavisnosti od odabrane klase duktilnosti Evrokodom 8 se definiše i niz zahtjeva koji treba da budu ispunjeni a koji se odnose na materijal, geometriju elementa, proračun uticaja i oblikovanje detalja za lokalnu duktilnost. Za klasu duktilnosti DCM najniža dopuštena klasa betona je C16/20 dok je za klasu duktilnosti DCH to beton klase C20/25. Dozvoljeno je korišćenje čelika klase B i C za klasu duktilnosti DCM, dok se za klasu duktilnosti DCH dozvoljava samo primjena čelika klase C.

U pogledu geometrijskih karakteristika definisana je minimalna debljina rebra duktilnog zida kao i širine i dužine ivičnih elemenata. Kod duktilnih zidova potrebno je proračunom obuhvatiti post-elastične dinamičke efekte i nepouzdanosti proračunskih modela. Za slučaj vitkih duktilnih zidova, koji se u ovom radu analiziraju, propisana je proračunska anvelopa dijagrama momenata savijanja po visini zida, određena prema skici u prilogu. Ova anvelopa se, kod konstrukcija bez bitnih diskon-

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Ladinović, red. prof.

tinuiteta u masi u vertikalnom pravcu, može predstaviti pravom linijom (b) koja se od proračunske vrijednosti pomijera za iznos $a_1 = 0.50 \cdot z \cdot \cot \theta$, gdje je z krak unutrašnjih sila, a θ ugao nagiba pritisnutih štapova, korišćen u analizi smicanja.



Slika 1. Proračunska anvelopa momenata savijanja vitkih zidova [1]

Relativna aksijalna sila u zidovima je ograničena na sljedeće vrijednosti:

$$\bullet \quad v_d = \frac{N_{Ed}}{b_{w0} \cdot l_w \cdot f_{cd}} < 0.40, \quad \text{za DCM}; \quad (1)$$

$$\bullet \quad v_d = \frac{N_{Ed}}{b_{w0} \cdot l_w \cdot f_{cd}} < 0.35, \quad \text{za DCH}; \quad (2)$$

gdje je b_{w0} – širina rebra zida.

Nosivost na smicanje zidova klase DCM je određena propisima Evokoda 2, dok je za klasu DCH potrebno zid obezbijediti od:

- loma pritisnute dijagonale u rebu usljed smicanja,
- zatežućeg loma rebra usljed smicanja i
- loma smicanjem usljed klizanja.

2.2. Definisanje kritičnih zona, faktora duktilnosti krivine i njegovo obezbjeđenje

U kritičnoj oblasti zida potrebno je ispuniti zahtjeve lokalne duktilnosti predstavljene redukovanim koeficijentom lokalne duktilnosti μ_φ , čija je vrijednost najmanje jednaka:

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} - 1, \quad \text{za } T_1 \geq T_c \quad (3)$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} - 1) \cdot T_c / T_1, \quad \text{za } T_1 < T_c \quad (4)$$

Osnovna vrijednost faktora ponašanja q_0 , redukuje se odnosom projektnog momenta savijanja i proračunskog momenta nosivosti M_{Ed}/M_{Rd} . Ako se za armiranje koristi armaturni čelik klase B koeficijent lokalne duktilnosti treba uvećati za 50%.

Zahtijevana lokalna duktilnost se obezbjeđuje utezanjem ivičnih zona zida uzengijama.

Za zidove pravougaonog presjeka, bez ivičnih proširenja, potrebno je da bude zadovoljeno sljedeće:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035, \quad (5)$$

gdje su:

α – faktor globalne efikasnosti utezanja,

ω_{wd} – mehanički zapreminski koeficijent armiranja uzengijama za utezanje presjeka u kritičnoj oblasti

μ_φ – zahtijevana vrijednost faktora duktilnosti krivine,

v_d – proračunska normalizovana aksijalna sila,

ω_v – mehanički koeficijent armiranja vertikalnom armaturom rebra ($\omega_v = \rho_v \cdot f_{yv,d} / f_{cd}$),

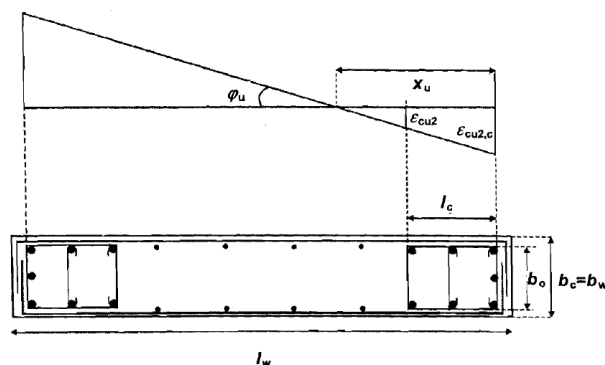
$\varepsilon_{sy,d}$ – proračunska dilatacija na granici razvlačenja čelika (2.17 ‰ za parcijalni koeficijent za čelik od 1.15),

b_c – ukupna širina poprečnog presjeka,

b_0 – širina utegnuto jezgra (mjereno od osa uzegija).

Minimalna dužina ivičnog elementa koju treba utegnuti (l_c) je dio dužine zida u kojem je dilatacija u betonu veća od ε_{cu2} .

Ova dilatacija, pri kojoj se očekuje odvajanje neutegnuto betona, naziva se karakteristična dilatacija neutegnuto betona i može se uzeti jednakom 3.5‰ (za klase betona do C50).



Slika 2. Utezanje ivičnog elementa za zidove pravougaonog presjeka [1]

2.3. Armiranje

Koeficijent armiranja ivičnih elemenata je definisan kao minimalno 0.5% a maksimalno 4%.

Rastojanje između dvije susjedne podužne šipke pridržane uzengijama mora biti manje od 200 mm (za DCM) odnosno 150 mm (za DCH). Preklap uzengija treba da bude takav da svaka šipka podužne armature bude obuhvaćena (pridržana). Minimalan prečnik uzengija treba da zadovolji uslov:

$$d_{bw} \geq 6 \text{ mm} \quad \text{za DCM}; \quad (6)$$

$$d_{bw} \geq 0.4 \cdot d_{bL,max} \cdot \sqrt{f_{ydl} / f_{ydw}} \quad \text{za DCH}. \quad (7)$$

Razmak uzengija u kritičnim zonama nije veći od (b_0 – minimalna dimenzija utegnuto jezgra preseka, d_{bL} – najmanji prečnik šipki podužne armature):

$$s \leq \min \left\{ \frac{b_0}{2}; 175 \text{ mm}; 8.5 \cdot d_{bL} \right\} \quad \text{za DCM}; \quad (8)$$

$$s \leq \min \left\{ \frac{b_0}{3}; 125 \text{ mm}; 6.0 \cdot d_{bL} \right\} \quad \text{za DCH}. \quad (9)$$

Minimalne vrijednosti mehaničkog zapreminskog koeficijenta armiranja u kritičnim oblastima iznose:

$$\min \omega_{wd} = 0.08 \quad \text{za DCM}; \quad (10)$$

$$\min \omega_{wd} = 0.12 \quad \text{za DCH}; \quad (11)$$

Dijelovi zida van kritične oblasti armiraju se u skladu sa odredbama Evrokoda 2. Izuzetak su zone zida iznad kritične oblasti u kojima su, u seizmičkoj proračunskoj situaciji, dilatacije u betonu veće od 2‰, kada je i u ovim zonama neophodno obezbijediti minimalni procenat armiranja vertikalnom armaturom od 0.5%.

3. PROJEKTOVANJE ARMIRANOBETONSKIH STUBOVA PREMA EVROKODU 8

Stubovima se, prema Evrokodu smatraju linijski elementi čiji odnos stranica poprečnog presjeka nije veći od 4 i u kojima se, pri seizmičkim proračunskim situacijama, razvijaju aksijalne sile veće od 0,1 postavljeno po relativnoj aksijalnoj sili.

3.1. Posebni zahtjevi za stubove

U primarnim seizmičkim stubovima, vrijednost normalizovane aksijalne sile v_d ne smije biti veća od:

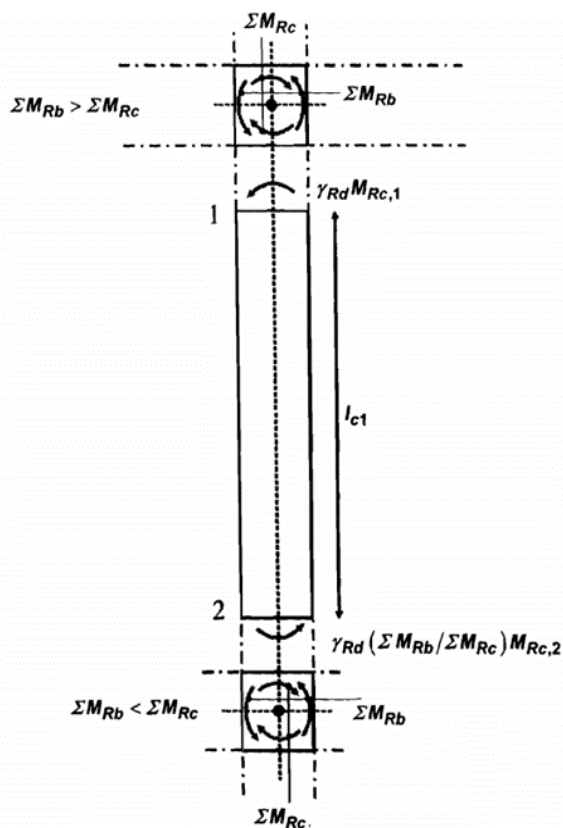
0,65 za DCM;

0,55 za DCH

Pri čemu je normalizovana aksijalna sila

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad (12)$$

Proračunske vrednosti transverzalnih sila u primarnim seizmičkim stubovima moraju biti određene prema pravilima programiranog ponašanja sa aspekta kapaciteta, na osnovu uslova ravnoteže stuba pod momentima na krajevima $M_{i,d}$ (sa $i = 1, 2$ su označeni krajnji presjeci stuba), saglasno formiranju plastičnih zglobova za pozitivne i negativne pravce seizmičkog opterećenja.



Slika 3. Proračunski momenti savijanja na krajevima stuba [1]

Momenti na krajevima $M_{i,d}$ mogu se odrediti koristeći sljedeći izraz:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rc,i} \cdot \min\left(1, \left|\frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{Rc}}\right|\right) \quad (13)$$

Gdje je:

γ_{Rd} – faktor kojim se uvodi povećanje nominalne vrijednosti usljed očvršćavanja čelika i utezanja betona pritiskute zone presjeka, koji se uzima da je jednak 1,1;

$M_{Rc,i}$ – proračunska vrijednost momenta nosivosti grede na kraju i u smjeru seizmičkog momenta savijanja za razmatrani smjer seizmičkog dejstva;

ΣM_{Rc} i ΣM_{Rb} – zbir proračunskih momenata nosivosti stubova i zbir proračunskih momenata nosivosti greda koje se susište u čvoru.

3.2 Definisane kritične zone i faktora duktilnosti krivine

Oblasti na rastojanju l_{cr} od oba kraja primarnog seizmičkog stuba moraju se razmatrati kao kritične oblasti i njihove dužine su definisane sljedećim izrazima:

$$l_{cr} = \max\left\{h_c; \frac{l_{cl}}{6}; 0,45\right\} \quad \text{za DCM;} \quad (14)$$

$$l_{cr} = \max\left\{1,5h_c; \frac{l_{cl}}{6}; 0,60\right\} \quad \text{za DCH} \quad (15)$$

gdje je:

h_c – veća dimenzija poprečnog presjeka stuba;

l_{cl} – čista dužina stuba.

Ako je odnos l_{cl}/h_c manji od 3, kritičnom oblašću se smatra ukupna visina stuba. U kritičnoj oblasti u osnovi (na spoju sa temeljem) primarnih seizmičkih stubova, vrednost duktilnosti krivine μ_ϕ mora biti najmanje jednaka:

$$\mu_\phi = 2q_0 - 1 \quad \text{ako je } T_1 \geq T_c \quad (16)$$

$$\mu_\phi = 2 + 2(q_0 - 1)T_c/T_1 \quad \text{ako je } T_1 < T_c \quad (17)$$

gdje je q_0 odgovarajuća osnovna vrijednost faktora ponašanja, T_1 osnovni period slobodnih vibracija zgrade, obje vrijednosti uzete za ravan savijanja, dok je T_c period na gornjoj granici oblasti konstantnog ubrzanja elastičnog spektra.

Ako je za određenu vrijednost faktora duktilnosti krivine μ_ϕ , dilatacija betona veća od $\epsilon_{cu} = 0,0035$ potrebna na bilo kom mjestu u poprečnom presjeku, nadoknada za gubitak nosivosti usljed odvajanja betona postiže se adekvatnim utezanjem jezgra presjeka, na osnovu svojstava utegnuto greda datih u EN 1992-1-1:2004, 3.1.9.

Za klasu duktilnosti DCH potrebno je ispuniti bar relaksirane zahtjeve lokalne duktilnosti (u vrednosti $(2/3) \cdot \mu_\phi$) u svim ostalim kritičnim oblastima iznad najniže, dok za klasu duktilnosti DCM to nije potrebno.

3.3. Armiranje

Ukupni koeficijent armiranja podužnom armaturom ρ ne smije biti manji od 0,01 niti veći od 0,04. U simetričnim poprečnim presjecima stubova potrebno je obezbijediti simetrično armiranje ($\rho = \rho'$). Da bi se obezbijedio integritet čvora greda-stub, mora se najmanje jedna šipka postaviti između ivičnih šipki duž svih strana stuba.

Da bi se osigurala minimalna duktilnost i spriječilo lokalno izvijanje podužnih šipki u primarnim seizmičkim stubovima, moraju se upotrijebiti uzengije prečnika ne manjeg od:

6 mm na razmaku ne većem od

$$s = \min\left\{\frac{b_o}{2}; 175 \text{ mm}; 8,5 \cdot d_{bL}\right\} \quad \text{za DCM;} \quad (18)$$

$$0,4 \cdot d_{bL,max} \cdot \sqrt{f_{ydL}/f_{ydw}} \quad \text{na razmaku ne većem od} \quad (19)$$

$$s = \min\left\{\frac{b_o}{3}; 125 \text{ mm}; 6,0 \cdot d_{bL}\right\} \quad \text{za DCH} \quad (20)$$

gdje je:

b_o – najmanja dimenzija betonskog jezgra (u težišnoj liniji uzengija),

d_{bL} – najmanji prečnik podužnih šipki armature,

$d_{bL,max}$ – najveći prečnik podužnih šipki armature.

Rastojanje između dvije susjedne podužne šipke, pridržane poprečnim vezama ili uzengijama, nije veće od 200 mm za DCM, odnosno 150 mm za DCH. Dodatno, za konstrukcije klase duktilnosti DCH se zahtijeva i da u najniže dvije etaže, zahtjevi koji se odnose na prečnik šipki uzengija, na njihov razmak, te na razmak između pridržanih šipki podužne armature u kritičnim oblastima, budu zadovoljeni i u dijelu koji za jednu polovinu nastavlja dužine kritičnih zona.

Poprečna armatura u kritičnim oblastima u osnovi primarnih seizmičkih stubova može se odrediti prema uslovima iz EN 1992-1-1:2004, pod uslovom da noramlizovano aksijalno opterećenje u seizmičkoj proračunskoj situaciji bude manje od 0,2 i da vrijednost faktora ponašanja q koji se koristi u proračunu ne bude veći od 2,0.

4. ZAKLJUČAK

Dva standarda, Evrokod 8 i Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima, suštinski imaju isti koncept na kom se zasniva projektovanje i proračun seizmičkih platana (zidova za ukrućenje) kod višespratnih armiranobetonskih zgrada. Uloga seizmičkih platana jeste da ukrute konstrukciju, ograniče pomijeranja objekta, prihvate i prenesu sile od seizmičkog dejstva srazmjerno svojoj krutosti. Kruća konstrukcija vodi ka kraćim periodima oscilovanja svojstvenih tonova što za rezultat ima i više vrijednosti uticaja od seizmičkog dejstva koje treba prihvatiti ali su pomijeranja manja. Sa druge strane, fleksibilnije konstrukcije će imati duže periode oscilovanja što rezultuje i nižim seizmičkim silama ali će pomijeranja biti veća.

Seizmičko platno možemo posmatrati kao element koji se u svom poprečnom presjeku sastoji iz ivičnih elemenata i rebra koje ih povezuje. Domaćim propisima je određivanje ivičnog elementa jednostavno postavljeno kroz odredbu da platna imaju ivične elemente dimenzija najviše 1/10 dužine poprečnog presjeka zida koje treba armirati najmanje minimalnim koeficijentom armiranja od 0,15% površine poprečnog presjeka zida. Debljina zida će biti rezultat ispunjavanja uslova po dopuštenim naponima ali ne smije biti manja od 15 cm. Uz propisane minimalne koeficijente armiranja rebra zida horizontalnom i vertikalnom armaturom domaći pravilnik zaokružuje priču dimenzionisanja i armiranja seizmičkih platana.

Evrokodom 8 se proces dimenzionisanja i armiranja usložnjava na samom startu, uvođenjem različitih klasa duktilnosti koje sa sobom nose i različite zahtjeve koje je potrebno ispuniti. Zahtjevi koji se najviše razlikuju u odnosu na one iz domaćih propisa su vezani za definisanje i armiranje ivičnih elemenata zidova kojima se pridaje posebna pažnja. Postupak određivanja dužine ivičnog elementa je iterativan, na početku je potrebno pretpostaviti dužinu i armaturu elementa a onda se provjerava da li takav element ispunjava uslove utegnutosti i dilatacije pritisnutog betona. Evrokod 8 daje i minimalne dimenzije ivičnih elemenata koje zavise samo od geometrijskih karakteristika tako da su one dobra polazna tačka za proračun. Treba primijetiti da se Evrokodom 8 definiše minimalna dužina ivičnog elementa dok se domaćim standardima definiše maksimalna. Rezultat su značajne razlike u dužinama ivičnih elemenata.

Dimenzionisanje stubova i njihovo armiranje primjenom Evrokoda 8 predstavlja u mnogome komplikovaniji i kompleksniji postupak od onog kojim se poštuju domaći propisi. Posebna pažnja se pridaje definisanju zona disipacije seizmičke energije (kritičnih zona) u kojima se post-elastični rad očekuje i obezbjeđuje. Treba istaći da se o duktilnom ponašanju konstrukcije i utegnutosti presjeka vodi računa i u domaćem seizmičkom pravilniku samo ne na tako direktan i detaljan način. Koncept „jakih stubova i slabih greda“ se podrazumijeva i u našim propisima ali je jedan značajan dio odredbi ostao nedorečen u smislu definisanja koraka za njihovo praktično ispunjenje. Na primer, postoji odredba kojom se zahtijeva utegnutost zona u stubu iznad i ispod greda (ili međuspratnih konstrukcija) ali nije propisano do koje mjere niti su dati konkretniji zahtjevi kojima će se ovo smatrati ispunjeno. Umjesto toga, većina zahtjeva se smatra ispunjenim ako se ispoštuju propisi maksimalnog razmaka uzengija u stubu koji zavisi isključivo od geometrije stuba.

Činjenica je da Evrokod 8 pruža mogućnost projektantima da uz jasno i detaljno definisane odredbe projektuju konstrukcije različitih nivoa duktilnosti ali se sam proračun time dosta usložnjava i iziskuje više vremena i pažnje a kao rezultat se dobijaju AB elementi sa većim količinama armature od onih proračunatih prema domaćim propisima.

5. LITERATURA

- [1] Betonske konstrukcije u zgradarstvu prema Evrokodu, Zoran Brujić, Novi Sad, 2021.
- [2] Materijal sa predavanja i vježbi iz predmeta „Seizmička analiza konstrukcija“, Đorđe Ladinović, Andrija Rašeta, Igor Džolev, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet Novi Sad, 2021.
- [3] Pravilnik za građevinske konstrukcije, Službeni glasnik RS, br. 89/2019, 52/2020 i 122/2020
- [4] EN 1992-1-1: Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings, European Standard, CEN - European Committee for Standardization, 2004.
- [5] EN 1998-1: Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, European Standard, CEN - European Committee for Standardization, 2004.

Kratka biografija:



Stevo Lazić rođen je u Bijeljini 1991. god. Oktobra 2016. god. stiče zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Seizmička analiza konstrukcija odbranio je 2021. godine.
kontakt: stevolazic@hotmail.com

ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ОДВОЂЕЊА УПОТРЕБЉЕНИХ И АТМОСФЕРСКИХ ВОДА НАСЕЉА ПАВЛИШ**CONCEPTUAL SOLUTION OF SEWERAGE OF USED AND ATMOSPHERIC WATERS OF THE SETTLEMENT PAVLIŠ**Николина Перковић, Матија Стипић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

Кратак садржај – У раду је приказано идејно решење одвођења употребљених и атмосферских вода насеља Павлиш. Представљен је пример сепаративног канализационог система који чине две канализационе мреже где се једном одводи отпадна вода из домаћинства и индустрије а другом атмосферске воде. Хидрауличка анализа одвођења употребљених и атмосферских вода из предметног насеља извршена је помоћу програмског пакета EPA SWMM 5.1.

Кључне речи: Одвођење употребљених и атмосферских вода, хидраулички прорачун канализационе мреже, хидрауличка анализа

Abstract – The paper presents the conceptual solution for the drainage of used and atmospheric water in the settlement of Pavliš. An example of a separate sewage system is presented, which consists of two sewage networks where one drains wastewater from household and industry and the other atmospheric water. Hydraulic analysis of drainage of used and atmospheric water from the settlement in question was performed using the software package EPA SWMM 5.1.

Keywords: Drainage of used and atmospheric water, hydraulic calculation of sewerage network, hydraulic analysis,

1. УВОД

У овом раду је сагледано целокупно насеље Павлиш у погледу дефинисања основних елемената комуналне инфраструктуре. Предмет рада је хидрауличка анализа канализационе мреже за одвођење отпадних и атмосферских вода насеља Павлиш. Како је Павлиш насеље које се налази у Јужнобанатском округу, равничарских карактеристика које одликује велика дубин укопавања цеви, као решење се користе црпне станице.

Циљ овог рада је повећање хигијене и квалитета живота насеља Павлиш, као и спречавање загађења подземних вода и заштита животне средине. Изградњом сепаративног канализационог типа, где ће се једним цевоводом одводити отпадна вода из домаћинства и индустрије а другим атмосферска вода значајно ћемо утицати на животну средину предметног насеља.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Матија Стипић

Отпадним водама називају се воде које су промениле свој првобитни састав, тиме што је дошло до уношења штетних материја чије присуство узрокује промену физичког, хемијског, биолошког или бактериолошког стања воде.

Атмосферске воде настале су као последица кише, града, топљења снега и слично. Концепт канализања отпадних вода је такав да се вода са обода насеља прикупља и одводи у главни колектор који се пружа дуж улица Жарка Зрењанина и Партизанска и одводи до места улица у ППОВ, који се налази на југозападном делу насеља, а одвођење атмосферских вода се заснива на томе да се вода прикупља са обода насеља системом отворених канала до главног колектора који је зацељен.

Код одвођења отпадних вода, због топографије терена и великих дубина укопавања потребно је изградити три црпне станице. Улога црпних станица јесте да након достизања граничне дубине укопавања цевовода, подигне воду на почетну коту одакле вода поново гравитира ка ППОВ-у. Одвођење отпадних вода је путем зацељене канализационе мреже, док је канализање атмосферских вода спроведено комбиновањем отворених канала и зацељеног система.

2. НАСЕЉЕНО МЕСТО ПАВЛИШ

Насеље Павлиш је насеље у Србији, припада Јужнобанатском округу и налази се на подручју општине Вршац, удаљено је свега 3 км од града Вршац па се може сматрати његовим предграђем.

У насељу Павлиш основна грана привреде јесте пољопривреда, због великих атара и великог удела обрадиве површине. Површина насеља износи 4500 хектара, од чега насељени део заузима 123 хектара, а остатак од 4400 хектара заузима обрадиво земљиште.

Према попису становништва из 2011. године насеље Павлиш има 2195 становника, распоређених у 677 домаћинстава. Просечна старост становника је 38,5 година.

Клима је умерено континентална са елементима субхумидне и микротермалне. Хидролошка обележја вршачке општине одређују издани, више сталних и повремених токова, две реке Караш и Моравица, језера, баре и густа каналска мрежа. Најважнији канал јесте канал Дунав–Тиса–Дунав.

3. МОДЕЛИРАЊЕ ТЕЧЕЊА У КАНАЛИЗАЦИОНОЈ МРЕЖИ

Течење отпадних и атмосферских вода је гравитационо и обично се описује једначинама одржања масе и количине кретања за линијско (једнодимензионално) течење воде у отвореном каналу, тзв. Сен-Венановим једначинама. На поменути једначинама заснован је и програмски пакет EPASWMM,

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (2)$$

Сен-Венанове једначине представљају парцијалне диференцијалне једначине које немају аналитичко решење. За решавање Сен-Венанових једначина програмски пакет EPASWMM искористи три модела :

- Модел устаљеног течења;
- Модел кинематског таласа;
- Модел динамичког таласа.

Сваки следећи од наведених три модела тачније решава једначине од претходног. Приликом хидрауличног прорачуна у овом раду је коришћен модел динамичког таласа, будући да он даје најпрецизније резултате. Моделом динамичког таласа могуће је симулирати све услове који доводе до промене протока а јављају се у канализационим системима у виду враћања воде, преоптерећења и плављења система [2].

4. ПРОГРАМСКИ ПАКЕТ EPASWMM

Примена софтверског пакета EPASWMM у пројектовању канализације за атмосферску и употребљену воду омогућује комплексно сагледавање ситуације на терену узимајући у обзир распоред и карактеристике распореда корисника, урбанизованих површина, хидролошке податке о кишама и отицајима и течење воде по површини терена и канализационој мрежи.

EPA модел одвођења атмосферских вода (SWMM) представља динамички модел симулације падавина – отицаја за једну епизоду или дужу (непрекидну) симулацију количине и квалитета отпадних вода, првенствено из урбаних средина. Компоненте отицаја у SWMM функционишу на основу збира сливних површина која примају падавине и производе отицај полутаната. Део SWMM-а који се бави хидрауличким прорачуном течења транспортује овај отицај кроз систем цеви, канала, објекте за чување/третирање, пумпе и регулационе објекте. За потребе димензионисања и анализирања канализационе мреже насеља У улазне параметре спадају:

- број становника
- пројектни период
- врста индустрије
- количина употребљене воде насеља, индустрије, инфильтрација стране воде
- тип, пречник и храпавост усвојене цеви
- дубина полагања цеви
- нагиб цеви
- коефицијент неравномерности становништва, индустрије
- површина сливног подручја
- непропусност
- депресије
- проценат непропусне површине без депресије

5. ХИДРАЛИЧКИ ПРОРАЧУН

5.1. Употребљене воде

Количине отпадних вода чије је одвођење разматрано у овом раду потичу из различитих извора, отпадне воде из домаћинства, отпадне воде из индустрије као и инфильтрација подземних вода. Како би се хидраулички прорачун извршио правилно потребно је познавати режим дотицаја отпадних вода. Режим потрошње зависи од многобројних чинилаца који су у вези са начином живота и људским активностима. Знатније осцилације изражене су код насеља са мањим бројем становника где се уочава драстично мања потрошња воде ноћу него дању. Потрошња је већа у јутарњим и послеподневним часовима. Фактор пропорционалности изражава се преко коефицијената дневне и часовне неравномерности. За насеље Павлиш усвојен је коефицијент часовне неравномерности $k_{max,h} = 1,50$ док је усвојен коефицијент дневне неравномерности $k_{max,dn} = 1,6$. Специфична дневна потрошња воде по становнику на дан $q_{spec} = 130 \text{ l/st/dan}$.

$$Q_{sr,dn} = q_{spec} * N \quad (3)$$

N-укупан број становника

$$Q_{max,dn} = Q_{sr,dn} * K_{max,dn} \quad (4)$$

$K_{max,dn}$ -коеф.дневне неравномерности

$$Q_{max,dn} = Q_{sr,dn} * K_{max,h} \quad (5)$$

$K_{max,h}$ -коеф.часовне неравномерности

Чворно оптерећење:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \Sigma L_i \quad (6)$$

ΣL_i – низводне деонице од чвора.

На основу усвојених параметара и познатог броја становника, израчунато је чворно оптерећење система, које се потом уноси у модел програмског пакета EPASWMM као базна потрошња.

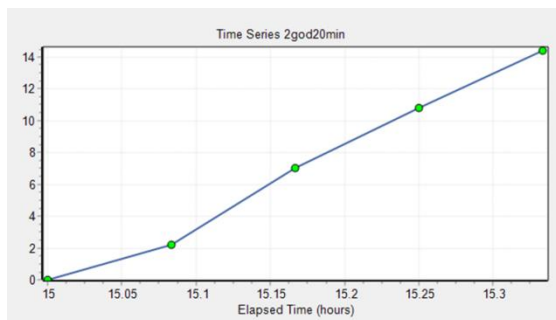
5.2. Атмосферске воде

Приликом хидрауличног прорачуна атмосферских вода најбитнији улазни податак су падавине. Обрадом великог броја података о падавинама долази се до зависности између трајања, јачине и учесталости кише. Ова зависност може се приказати у виду дијаграма или у виду једначина. У пракси се најчешће користи дијаграм на ком се приказује зависност интензитета кише-трајања кише-повратни период (тзв. ИТР криве). Свака сливна површина у програмском пакету EPA SWMM повезана је са кишомером који је извор улазних падавина за дати слив.

У зависности од врсте хидротехничких објеката које пројектујемо, меродавне величине за њихово димензионисање су најчешће протицаји, нивои воде и запремине. Начин одређивања меродавних протицаја на основу рачунских киша састоји се од следећих корака:

- Одређивање рачунских киша
- Одређивање ефективне кише (трансформација бруто у нето кишу)
- Трансформација ефективне кише у хидрограм отицаја

За потребе димензионисања канализационе мреже за одвођење атмосферских вода насеља Павлиш узети су подаци са о падавинама са хидрометеоролошке станице Римски Шанчеви [4], Према Европском стандарду EN 752-2, за хидраулички прорачун атмосферске канализационе мреже, у случају насењеног места не сме доћи до изливања односно плављења приликом димензионисања мреже на кишу повратног периода једном у две године. Провера мреже извршена је на основу двадесетогодишње кише, услед кој. Трајање меродавне кише за потребе овог рада је 20 минута, а симулација почетка падавина је у 14:00 часова. Сумарна линија кише која је коришћена приликом димензионисања атмосферске канализације дата је на следећој слици (слика бр.1).



Слика 1: Сумарна линија кише повратног периода 1 у 2 године и трајања 20 минута[5]

6. ИЗБОР ЦЕВНОГ МАТЕРИЈАЛА И ПАРАМЕТРИ МЕРОДАВНИ ЗА ХИДРАУЛИЧКИ ПРОРАЧУН

Цевни материјал за изградњу канализације отпадних и атмосферских вода мора задовољити низ захтева, од којих су набитнији водонепропусност, чврстоћа и трајност. За изградњу канализационог система употребљених вода усвојене канализационе PVC цеви, чији се пречници крећу од $\phi 250$ до $\phi 300$ mm. За изградњу атмосферске канализационе мреже усвојене су цеви од полиестера ојачане стакленим влакнима пречника од $\phi 250$ до $\phi 1000$ mm.

Максимална брзина течења воде у канализационој мрежи се ограничава како би се смањило хабање цевовода услед великих брзина.

Препорука је да максималне брзине не би требало да прелазе $v_{\max}=2,5-3,0$ m/s.

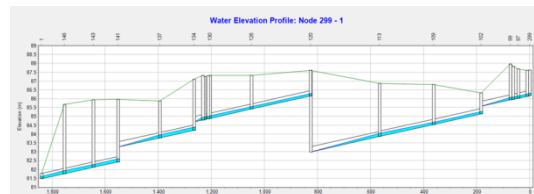
Минимална брзина воде у канализационој мрежи је она брзина при којој неће доћи до таложења суспендованих честица у канализациону мрежу и до њаног зачепљења. Најмања дозвољена брзина за санитарну канализацију испуњености колектора 50% или више је $v_{\min}=0,5$ m/s.

Минимални подужни падови представљају нагиб који при гравитационом течењу отпадне воде даје довољно енергије да не долази до исталоживања цврстих честица. У раду су за канализацију отпадних вода коришћени минимални нагиби од 0,27 %. У случају атмосферске канализације имамо присуство отворених канала. Усвојен минимални пад отворених канала је 0.05%. Улични отворени канали су трапезног попречног пресека, нагиб косина канала је 1:1.5. Деонице

отворених канала пружају се до дубине укопавања од 1.3 метра након чега се настављају зацењени канализациони колектори.

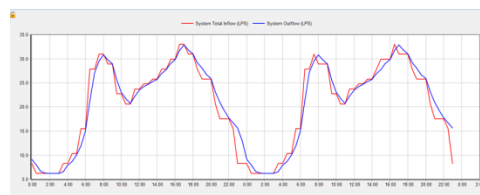
7. РЕЗУЛТАТИ ПРОРАЧУНА

Слика бр.2 приказује подужни профил главног колектора који се пружа дуж улице Жарка Зрењанина и Партизанске. Пречник цеви на ово деоници је 300mm. У чвору 120 се види утица црпне станице.



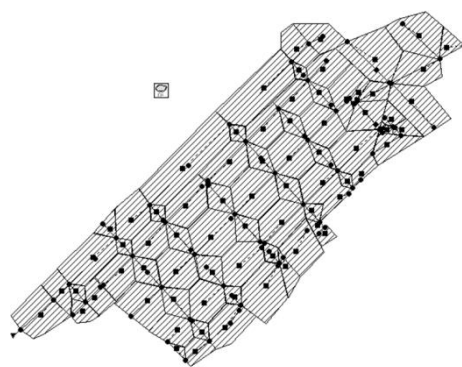
Слика 2: Приказ резултата симулације[5]

На слици бр.3 је приказан збирни дијаграм улазног и излазног хидрограма целог система отпадних вода у 24 часа. Улазни хидрограм је назначен тамно плавом бојом док је светло плавом бојом означен излазни. Може се уочити да је излазни хидрограм транслаторно померен у десно што показује да је отпадној води потребно време да од места улива у систем дође до места изливања из система.



Слика 3: Приказ резултата симулације[5]

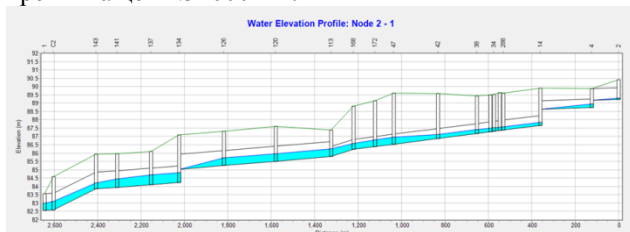
На слици бр.4 дат је графички приказ модела из програма EPASWMM где се могу видети подсливови за дато подручје. Површина слива од 123 ha подељена је на 76 подсливова.



Слика 4: Приказ резултата симулације[5]

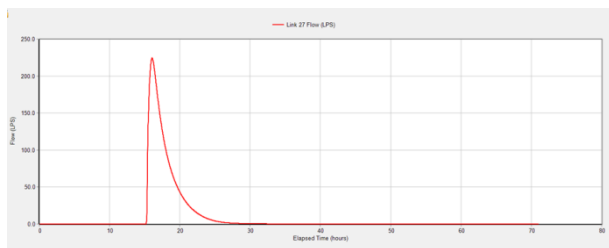
На слици бр.5 је приказан подужни профил главног колектора који се налази између чворова $\check{C}14$ и $\check{C}1$ који се протеже дуж улице Жарка Зрењанина и Партизанска. Од чвора $\check{C}2$ до чвора $\check{C}14$ пружају се отворени канали дубине 0.7 m. Од чвора $\check{C}14$ до чвора $\check{C}113$ се налази зацењени колектор пречника цеви $\phi 600$ mm. Од чвора $\check{C}113$ до чвора $\check{C}134$ пружа се зацењени колектор пречника цеви $\phi 900$ mm. Од

чвора Č134 до чвора Č1 пружа се зацењљени колектор пречника цеви Ø1000 мм.



Слика 5: Приказ резултата симулације[5]

На слици 6 је дат приказ хидрограма за деоницу у којој се јавља максимална испуњеност цеви атмосферске канализационе мреже.



Слика 6: Приказ резултата симулације[5]

8. ЗАКЉУЧАК

Циљ овог рада јесте утицај на заштиту животне средине и на квалитет живота становника насеља Павлиш. У овом раду изабран је сепарациони тип канализационе мреже где су отпадне воде из домаћинства и индустрије канализисане једним системом а атмосферска вода другим.

Концепт канализације отпадних вода је такав да се вода са обода насеља прикупља и одводи у главни колектор који се пружа дуж улица Жарка Зрењанина и Партизанска и одводи до места улица у ППОВ, који се налази на југозападном делу насеља. Пројектовање канализационе мреже извршено је на основу топографских подлога и података о становништву и развијености индустрије за насеље Павлиш.

Канализациони систем отпадних вода је дужине 11.060м, на ком се налазе 3 црпне станице у местима где се достигла гранична дубина укопавања. Усвојене су PVC цеви пречника 250 и 300 мм.

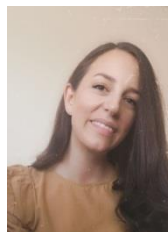
Атмосферска канализација је димензионисана на основу меродавне кише повратног периода једном у две године. Сам концепт мреже се заснива на томе да се вода прикупља са обода насеља системом отворених канала до главног колектора који је зацењљен где су пречници цеви 600, 900 и 1000 мм. Мрежа је проверена и на меродавну кишу повратног периода једном у двадесет година.

Хидрауличка анализа је извршена у програмском пакету EPA SWMM. Приликом прорачуна коришћен је неустањени модел течења будући да најближе описује реалну ситуацију.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Просторни план општине Вршац
- [2] Механика флуида књига прва. Увођење у хидраулику, Георгије Хајдин, Грађевински факултет, Београд, 2002
- [3] Ана Мијић – Примена програмског пакета EPA SWMM, за моделирање отицаја са урбаних сликова, 2006
- [4] Писана предавања: доц. др Матија Стипић, Комунална хидротехника, Факултет техничких наука у Новом Саду, 2016
- [5] EPA SWMM 5.1. – Софтвер за хидрауличку анализу и симулацију

Кратка биографија:



Николина Перковић рођена је 24 септембра, 1993. године у Новом Саду. Дипломски рад из области грађевинарства - комунална хидротехника под називом „Идејно решење одвођења отпадних вода насеља Кисач“ одбранила је у октобру, 2019. године на Факултету техничких наука у Новом Саду. Мастер рад из области комуналне хидротехнике под називом – „Идејно решење отпадних и атмосферских вода насеља Павлиш“ одбранила је на истом факултету 2021. године.



Матија Стипић рођен је у Сомбору 1964. године. Докторирао је на Факултету техничких наука 2009. године у Новом Саду, а од 2011. има звање доцента. Област интересовања су му хидраулика и комунална хидротехника.

**REHABILITACIJA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE POSTUPKOM HLADNOG
RECIKLIRANJA NA LICU MESTA, PRIMER DEONICE PADEJ-SAJAN I~2.05km****REHABILITATION OF PAVEMENT STRUCTURE WITH COLD IN-SITU RECYCLING
PROCESS, EXAMPLE OF THE ROAD SECTION PADEJ-SAJAN I~2.05km**

Stefan Jekić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad sadrži opis primene i izvođenje postupka za iskorišćenje materijala iz postojeće kolovozne konstrukcije na gradilištu po sistemu „hladne reciklaže“ uz dodatak vezivnih sredstava. Sam postupak je prikazan na praktičnom primeru deonice državnog puta Padej Sajan (L~2.05km).

Ključne reči: rehabilitacija, hladna reciklaža na licu mesta, recikler, veziva i dodaci.

Abstract – The paper contains a description of using and performing of the procedure for material utilization from the existing pavement structure on site by „cold recycling“ process with the addition of stabilizing agents. The procedure itself is shown on a practical example of the state road section “Padej- Sajan” (L~2.05km).

Keywords: rehabilitation, cold in-situ recycling, recycler, binders, stabilizing agents and additives.

1. UVOD

Hladno recikliranje može se odvijati „u pogonu“ („in - plant“) gde se izvlači material iz postojećeg kolovoza i odvozi do središnjeg skladišta ili „na mestu“ („in - situ“) koje se odvija pomoću stroja za recikliranje ili reciklera. Tema rada je upoznavanje sa postupkom reciklaže na licu mesta gde se oštećeni asfaltni slojevi bez zagrevanja glodaju i uz dodatak određenih veziva i vode ponovo polažu obrazujući strukturalno zdrav kolovoz.

Rad je podeljen na dva dela- teorijski i praktični. U prvom delu rada dat je opis tehnologije, mogućnosti primene, priprema za ”in situ” postupak i izbor veziva i dodataka za stabilizaciju. Opisani su osnovni koraci ovog postupka i njegove prednosti koje nas dovode do značajne finansijske uštede, brzine izvođenja radova i pre svega zaštite životne sredine iskorišćenjem materijala postojećih slojeva.

Drugi deo rada posvećen je na primeru projekta Državnog puta IIA reda, na kome se izvode radovi na rehabilitaciji kolovozne konstrukcije na postojećoj širini kolovoza. Dužina obrađene deonice je L~2.05 km, prikazani su poprečni profili, situacioni plan i podužni profil, opisan detaljan tehnički izveštaj i priloženi tehnički uslovi.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Miloš Šešlija.

2. EKONOMSKI I EKOLOŠKI UČINCI

Hladno recikliranje „in-situ“ postupkom je najpovoljniji postupak za obnavljanje kolovoza s obzirom na troškove, jer nema troškova skladištenja starog materijala i troškova transporta. Potreba za očuvanjem okoline i savremeni trendovi održivog razvoja, dodatno podstiču razvoj novih tehnologija i pristupa u građenju i održavanju puteva. Takva praksa naglašava važnost recikliranja postojećih materijala čime se ne troše novi resursi i ne stvara građevinski otpad.

Recikliranje po hladnom postupku ima povoljan uticaj na okolinu. Smanjuje se korišćenje novih materijala jer se u potpunosti koristi material iz postojećeg kolovoza i količina novog materijala kojeg treba dovesti iz kamenoloma je minimalna. Ometanja normalnom odvijanju saobraćaja su mala zbog velikih dnevnih učinaka strojeva i brze spremnosti konstrukcije da preuzme saobraćajno opterećenje.

Ponovnom upotrebom visokokvalitetnih materijala kolovoza na licu mesta produžuje se trajanje retkih prirodnih resursa kvalitetnih agregata. Moguće uštede troškova primenom hladnog recikliranja u odnosu na druge metode rehabilitacije, mogu biti i do 50%.

3. OPŠTE O POSTUPKU

Reciklaža na licu mesta po hladnom postupku radi se pomoću mašine za glodanje/reciklera koji služi da izlomi, usitni i izmeša material gornjih slojeva kolovozne konstrukcije sa dodatnim materijalima tako da se dobije mešavina zahtevane granulacije i konzistencije, sve u jednom prolazu (Slika 1). Reciklirani asfaltni kolovoz je mešavina sa aditivom (ili aditivima) da bi se proizveo prerađeni material koji će činiti nosivi sloj asfaltnog kolovoza. Takva mešavina se polaže na donji nosivi sloj i razastire se grejderom ili razastiračem na recikleru u sloj određene debljine. Nakon toga sledi zbijanje teškim pneumaticima na vibro valjcima s jednostrukim ili dvostrukim bubnjevima. Tako reciklirani asfaltni kolovoz prekriva se vrućom asfaltnom presvlakom ili površinskom obradom.

Pri razmatranju dubine recikliranja, projektant treba da predvidi mogućnost strukture kolovoza da podrži strojeve za recikliranje na oslabljenom preseku kolovoza dok se postojeći materijali recikliraju.



Slika 1: Recikler na točkovima

4. ANALIZA POSTOJEĆEG KOLOVOZA

Osnovni koraci ovog postupka su:

- Određivanje projektnog veka kolovozne konstrukcije
- Terenska i laboratorijska istraživanja
- Definisanje mogućih projektnih rešenja
- Provera izvodljivosti projektnih rešenja
- Izbor projektnog rešenja

U okviru planiranja radova reciklaže po hladnom postupku pre svega treba ispitati da li lokalni uslovi (širina puteva, radijusi krivina, usponi, objekti, slobodni profili) dopuštaju upotrebu kombinovanih mašina – postrojenja za reciklažu. Za pojedinačne homogene poteze, u zavisnosti od saobraćajnog opterećenja, stanja kolovoza i materijala u pojedinim slojevima, treba uzeti u obzir odgovarajuće postupke (npr. samo popravke oštećenja i novi zastor, pojačanje novim slojevima, prerada postojećeg zastora do određene dubine, reciklaža gornjih slojeva do potrebne dubine i izrada novog zastora, itd.) (Slika 2).

Neophodan je detaljan vizuelni pregled deonice, stanje kolovozne konstrukcije i njenih slojeva, uključujući karakteristike materijala od kojih su izgrađeni (istražni radovi na terenu).

Kada je u pitanju odluka o primeni postupka duboke reciklaže po hladnom postupku, suština je da se ispitivanjem postojeće kolovozne konstrukcije dobiju podaci koji će omogućiti objektivnu procenu potrebne dubine do koje će se material gornjih slojeva reciklirati, uz utvrđivanje učešća vezanih i nevezanih materijala u recikliranoj mešavini, kao i procena potrebe za dodatnim granuliranim materijalima i vezivima.



Slika 2: Kandidat za in situ postupak

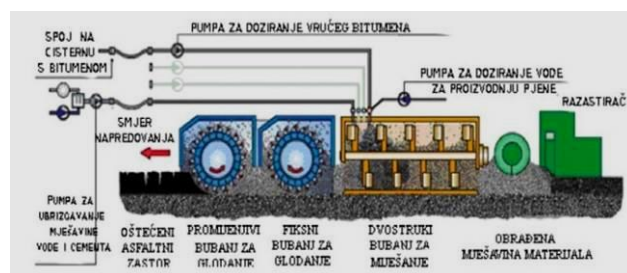
5. POSTUPAK NA LICU MESTA

5.1. Opis tehnologije

In - situ postupak recikliranja ili recikliranje na gradilištu, sadrži niz operacija koji uključuje:

- dodavanje veziva, dodataka, vode i kamenog materijala
- homogenizaciju
- razastiranje
- zbijanje

Središte svih strojeva za recikliranje je bubanj za glodanje koji je opremljen s velikim brojem zubaca. Bubanj se vrti i gloda materijal. Stroj je opremljen s najmanje jednim sistemom za doziranje tečnosti. Brzina isporuke vode se meri pomoću mikro - procesora koji reguliše protok u skladu sa količinom materijala u komori za mešanje. Voda se ubrizgava u komoru za mešanje kroz niz mlaznica koje su postavljene na istoj udaljenosti (Slika 3).



Slika 1: Stroj za recikliranje sa komponentama

5.2. Priprema za „in situ“ recikliranje

Neke od osnovnih priprema koje je neophodno izvršiti su:

1. Provera granulometrijskog sastava recikliranog materijala pre izvođenja recikliranog sloja. Potrebno je uzeti reprezentativni uzorak i ispitati granulometrijski sastav mešavine bez veziva, uporediti ga sa prethodnim sastavom i ako je potrebno korigovati ga.
2. Pre početka radnog dana potrebno je napraviti plan recikliranja kojeg radi izvođač, a koji sadrži početnu i krajnju stacionažu s dužinom i širinom, broj paralelnih prolaza i njihovih širina, poziciju i širinu preklopa svakog uzdužnog spoja, redosled i dužinu svakog zahvata, procenu potrebnog vremena za izvođenje svakog zahvata i ukupnog vremena.
3. Priprema podloge koja zahteva uklanjanje vegetacije, eventualne vode. Takođe je potrebno proveriti obučenosť operatera strojeva, raspoloživosť opreme na trasi, pripremljenost reciklera za prvi zahvat (u smislu čišćenja komore za mešanje i naslaga za ispravan rad prskalica, provera rada dela za doziranje), izvući liniju za vođenje reciklera, itd.
4. Pre početka rada položaj osovine se obeleži kočicama koji se postavljaju na konstantnom odstojanju upravno na osovinu, van površine koja će biti zahvaćena radovima.
5. Dodavanje kamenog materijala po površini radi poboljšanja granulometrijskog sastava i nivelacije površine. Tehnologija razastiranja dodatnog materijala treba da bude prilagođena zahtevima pa se koriste finišeri, grejderi ili druga oprema za takve radove.

6. VEZIVA I DODACI

Sva veziva imaju za cilj povećanje čvrstoće i/ili učiniti material više vodootpornim i izdržljivijim. Razlikujemo cementna sredstva za stabilizaciju i stabilizaciju sa bitumenskim sredstvima.

6.1. Stabilizacija sa cementom kao vezivnim sredstvom

Cement je najčešće sredstvo koje se koristi za stabilizaciju, zbog toga što je lako dostupan i jer se dobro pokazao kao građevinski material.

Cement se može nanositi na četiri različita načina:

1. Cementom se pune džakovi i razastire se ručno
2. Razastiranje iz cisterne (Slika 4)
3. Strojem za stabilizaciju ili reciklerom koji u sebi ima ugrađen uređaj za razastiranje.
4. Ubrizgavanjem mulja



Slika 2: Nanošenje cementa pomoću cisterne

6.2. Stabilizacija bitumenskom emulzijom

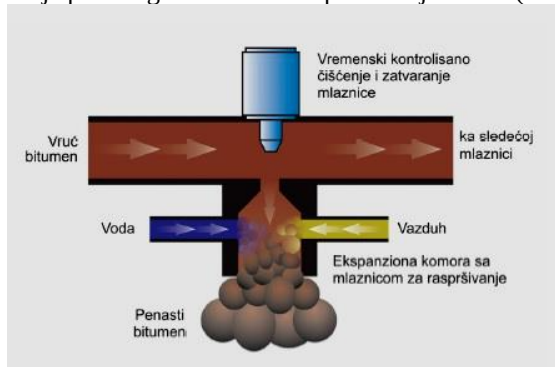
Bitumenska emulzija je mešavina bitumena i vode u odnosu 60:40 i po pravilu se koristi na temperaturama od 20-40°C. Nakon što je materijalu dodata bitumenska emulzija, sadržaj vode u mešavini se redukuje dodatkom cementa.

6.3. Stabilizacija sa penušavim bitumenom

Penasti bitumen se proizvodi dodavanjem malih količina vode (približno 2% - 3% u odnosu na masu bitumena) vrućem bitumenu. Za ovaj postupak se koristi bitumen koji se i obično primenjuje u proizvodnji vrućih asfaltnih mešavina. Kada se ubrizga, voda naglo isparava, uzrokujući tako eksplozivno dejstvo penušanja bitumena u zasićenoj vodenoj pari.

Bitumen se na taj način širi orijentaciono 15 do 20 puta od svoje početne zapremine čime se njegov viskozitet značajno smanjuje, u tom obliku, on je izuzetno pogodan za mešanje sa hladnim agregatom.

Penasti bitumen se može koristiti kao vezivo za stabilizaciju različitih vrsta agregata. U nastavku dat prikaz proizvodnje penastog bitumena u ekspanzionoj komori (Sl. 5).



Slika 3: Proizvodnja penastog bitumena u ekspanzionoj komori

7. MAŠINE I OPREMA ZA RECIKLAŽU

Reciklaža na licu mesta po hladnom postupku se vrši pomoću posebno modifikovane mašine sa frezom/glodalicom koja može da usitni i izmeša materijal gornjih slojeva kolovozne konstrukcije da dodatnim materijalima, tako da se dobije mešavina zahtevane granulacije i konzistencije.

Mašina treba da sadrži najmanje sledeće elemente:

- Uređaj za usitnjavanje/frezovanje materijala do dubine najmanje 30 cm u jednom prolazu, sa automatskim senzorima za tačnu kontrolu dubine dejstva
- Cilindar sa glodalima koji se obrće na gore u odnosu na smer napredovanja, sa najmanjom širinom sečenja od 2 m u jednom prolazu
- Sistem za kontrolu granulacije koji se sastoji od podesive grede na prednjem delu cilindra sa glodalima, koji doprinosi usitnjavanju materijala koji se reciklira.

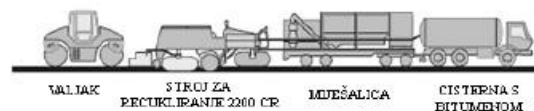
Tu je naravno i dodatna oprema poput: sistema sa mikrokontrolerima za ubrizgavanje vode i veziva u tečnom stanju, pumpe i dozatori, sistem samočišćenja raspršivača, itd.

Razastiranje i nivelacija se vrši pomoću: grejdera ili razastirača montiranog u sklopu mašine za reciklažu

Vozovi za recikliranje mogu sadržati jednu, dve ili više jedinica. Kod voza za recikliranje s jednom jedinicom, stroj za glodanje obično funkcioniše s glavom za rezanje koja je smeštena u donjem položaju za rezanje. Rezalica za glodanje zahvata postojeći kolovoz do potrebne dubine, poprečnog nagiba kolovoza i veličine zrna recikliranog asfaltnog kolovoza, mešajući kroz to vreme aditive. Prskalicom u komori za rezanje dodaju se tekući aditivi.

Voz za recikliranje sa dve jedinice sastoji se od velikog stroja za glodanje po punoj širini voznog traka, te finišera koji deluje i kao mešalica. Finišer – mešalica proizvodi recikliranu mešavinu koristeći se bubnjem za mešanje, a mešavinu ugrađuje konvencionalnom peglom finišera.

Voz za recikliranje sa više jedinica sastoji se od stroja za glodanje i prikolice sa montiranim jedinicama za prosejavanje, drobljenje i bubnja za mešanje (Slika 6).



Slika 4: Voz za recikliranje

8. PRIMENA HLADNE RECIKLAŽE NA PRIMERU DEONICE PADEJ - SAJAN

Deonica državnog puta IIA-104 koja se rehabilituje zauzima pravac sever – jug i nalazi se u srednjobanatskom okrugu. Dominantni element horizontalne geometrije je pravac.

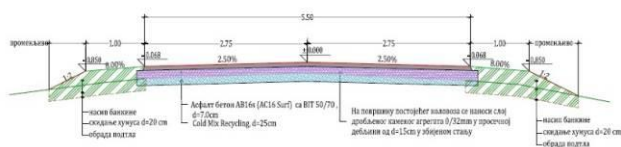
Na kolovozu su uočene najrazličitije vrste oštećenja: rupe, podužne i poprečne pukotine, mrežaste-bok pukotine, zakrpe, itd. (Slika 7).



Slika 5: Predmetna deonica sa oštećenjima

8.1. Projektovana tehnička mera rehabilitacije kolovozne konstrukcije

Pre izvođenja novog asfaltnog sloja, na postojeću kolovoznu konstrukciju se nanosi sloj od drobljenog kamenog agregata 0/32 mm u prosečnoj debljini od $d=15.0$ cm u zbijenom stanju. Nakon toga se izvodi sloj hladne reciklaže (reciklira se debljina od 10cm postojećih asfaltnih slojeva i debljina od oko 15cm sloja novog drobljenog kamenog agregata 0/32mm). Preko se izvodi habajući sloj od asfalt betona $d=7$ cm. Prikaz normalnog poprečnog profila dat na slici (Slika 8).



Slika 6: Normalni poprečni profil

9. ZAKLJUČAK

Potreba za rehabilitacijom i rekonstrukcijom puteva postaje sve veća samom izgradnjom putne mreže i rastom drumskog saobraćaja. U našoj zemlji putevi su generalno u lošem stanju, a potreba za rehabilitacijom i rekonstrukcijom je sve masovnija, glavni razlog tome su neadekvatna i neredovna održavanja istih. Tehnologija postupkom hladne reciklaže koja ima široku primenu u Evropi podrazumeva da se prilikom rekonstrukcije puta što više iskoristi postojeći kameni i drugi materijali koji su u trasi puta. Na samom kraju dolazimo do zaključka da su prednosti ove metode:

- Ekonomičnost- manjenje troškova rekonstrukcije puteva
- Produktivnost-ubrzanje vremena izvođenja radova
- Kvalitet-upotreba savremenih vezivnih sredstava
- Zaštita životne sredine

10. LITERATURA

- [1] Wirtgen Group (2004): *Wirtgen Cold Recycling Manual*, Wirtgen GmbH, Windhagen, Germany
- [2] JP „Putevi Srbije“: Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji
- [3] Delinac, M.: Rekonstrukcija kolničke konstrukcije postupkom hladnog recikliranja, Sveučilište u Osijeku
- [4] Sršen, M. I drugi: Recikliranje asfaltnih kolnika, Stručni rad
- [5] Miljković, M: Penasti bitumen u reciklaži asfaltnih kolovoznih konstrukcija, Građevinsko – arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, 2009
- [6] Prof. Dr Uzelac. Đ. sa grupom autora: Uputstvo i tehnički uslovi za duboku reciklažu na licu mesta po hladnom postupku kod rehabilitacije kolovoznih konstrukcija, Beograd 2002
- [7] Putevi Srbije, www.putevi-srbije.rs

Kratka biografija:



Stefan Jekić rođen je u Kraljevu 1993. god. Nakon završene Tehničke škole, upisuje studije građevinarstva na FTN- u u Novom Sadu, gde stiče zvanje diplomiranog inženjera građevine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka, na Departmanu za građevinarstvo i geodeziju odbranio je 2021.god.
kontakt: jekic.jeke.stefan@gmail.com

АНАЛИЗА ПРОХОДНОСТИ ВОЗИЛА КРОЗ КРУЖНУ РАСКРСНИЦУ

ANALYSIS OF VEHICLE PASSABILITY THROUGH A ROUNDABOUT

Јелена Исаковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У оквиру рада приказане су основне карактеристике кружних раскрсница као и основе за планирање и пројектовање истих. Циљ рада је да се прикажу проходности возила за различите типове кружних раскрсница. Приликом избора учествовале су четири кружне раскрснице са различитим дијаметрима, краковима и тракама. За сваку раскрсницу приказан је технички извештај и одговарајући графички прилози. Раскрснице су пројектоване у рачунарском програму Auto CAD Civil 3D 2019, а проходност возила је урађена применом додатка Autopath (CGS Labs).

Кључне речи: Кружне раскрснице, Проходност возила

Abstract – In this paper, the basic characteristics of roundabouts, as well as the basics for planning and design is presented. The aim of the paper was to show the vehicle swept path analysis for different types of roundabouts. Four roundabouts with different diameters, arms and lanes took part in the selection. For each intersection, a technical report and corresponding graphic attachments are presented. The intersection were designed in the computer program Auto CAD Civil 3D 2019, and the passability of the vehicle was done using the Autopath add-on (CGS Labs).

Keywords: Roundabouts, Vehicle swept path analysis

1. УВОД

Раскрснице представљају чворове кроз које се врши повезивање различитих рангова саобраћајница и које истовремено кроз контролу приступа саобраћајници и међусобног одстојања раскрсница према програмским условима обезбеђују одржање одређеног нивоа услуге саобраћајнице.

У зависности од облика и начина регулисања саобраћаја површинске раскрснице се могу поделити на класичне и кружне раскрснице.

Већу групу чине површинске раскрснице са временским раздвајањем пресечних токова (семафорском сигнализацијом се врши временска сегрегација) што има директног утицаја на поступке пројектовања и примену појединачних пројектних елемената.

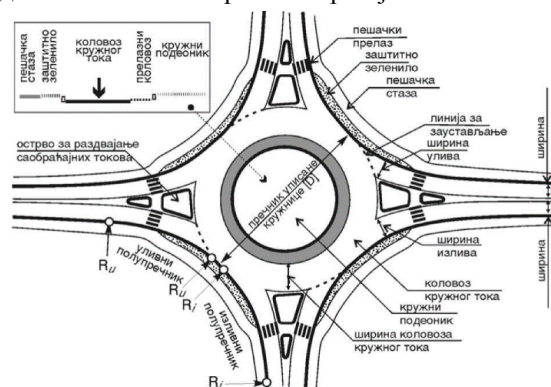
НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

Другу значајну улогу имају раскрснице са кружним током код којих се пресецања саобраћајних струја применом кружног подеоника претварају у колизионе токове излива односно улива у кружни ток.

2. ТИПОЛОГИЈА КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА

Површинске раскрснице са кружним током се разликују од класичних раскрсница са пресецањем саобраћајних струја. Зато је неопходно дефинисати основне елементе и терминологију кружних раскрсница. Основна разлика кружних раскрсница у односу на класичне је што имају коловоз кружног тока и кружни подеоник око кога се креће саобраћај.



Слика 1. Основни елементи кружне раскрснице [1]

3. ПРОЈЕКТНИ ЕЛЕМЕНТИ КРУЖНИХ РАСКРСНИЦА

Кружне раскрснице су други основни тип површинске раскрснице који почива на равноправном третману примарних (токови право) и секундарних (токови лево и десно) саобраћајних струја кад се сви интерни односи решавају уливањем или изливањем [2].

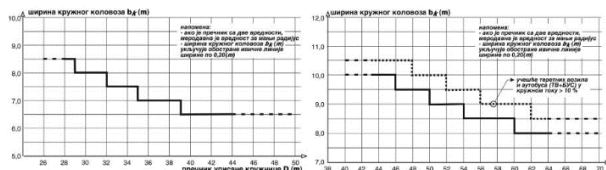
3.1. Елементи ситуационог плана

Елементи ситуационог плана кружне раскрснице дефинишу се у складу с утврђеним принципима који се осим на пречник уписане кружнице, ширину кружног коловоза и елементе улива или излива, односе и на елементе обликовања прикључних праваца, да би се обезбедио простор за формирање острва за каналисање токова. Основни елементи ситуационог плана дати су у табели 1.

Спољни пречник D и ширина кружне возне траке b_k су у међусобној вези. У складу са тим кружни подеоник се пројектује према меродавном возилу како би се обезбедила проходност возила кроз раскрсницу. Ширине кружне траке приказане су на слици 2.

Табела 1. Елементи ситуационог плана кружне раскрснице [2]

	једнотрачне	двотрачне
Пречник D [m]		
Минимум	28	40 (35) 44
Нормално	35 – 45	50 – 55 (40 – 45) 55 – 60
Максимум	50	60 (50) 70
Број трака улива	1	2 2
Ширина улива b_u [m]	3,50 – 4,00	6,50 – 7,00 6,50 – 7,00
Полупречник улива R_u [m]	12 – 16	14 – 16 (12 – 16) 14 – 16
Број трака излива	1	1 2
Ширина излива b_i [m]	3,75 – 4,50	3,75 – 4,50 7,00 – 7,50
Полупречник излива R_i [m]	14 – 18	16 – 18 (14 – 18) 16 – 18



Слика 2. Ширине кружног коловоза за једнотрачне и двотрачне кружне раскрснице [2]

4. ПРОВЕРА ПРОЈЕКТНИХ РЕШЕЊА

Пројектна решења кружне раскрснице, односно примењени елементи попречног профила, ситуационог и нивелационог плана проверавају се са становишта услова проходности меродавних возила, хомогености брзина и унутрашње прегледности [2].

За правилно димензионисање пројектних елемената кружне раскрснице, потребно је одредити меродавно возило за ту раскрсницу. На највећем броју кружних раскрсница као меродавно возило за пројектовање обично се примењује тешко теретно возило или аутобус, а на слабије оптерећеним раскрсницама средње тешко теретно возило. Провера проходности се спроводи путем минималних криви проходности и/или помоћу верификованог програма.

Избор меродавног возила за проверу проходности кружне раскрснице зависи од функционалног ранга пута и/или структуре саобраћајног тока. Као меродавно возило (слика 3) усваја се највеће возило са минималним могућностима маневра које ће користити предметну кружну раскрсницу.

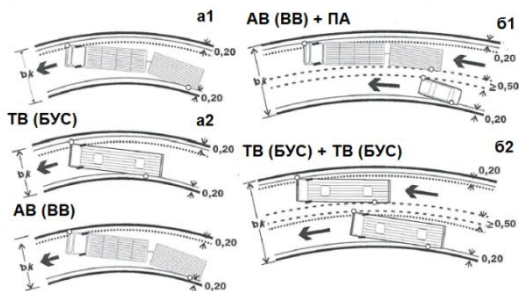
	ДАЊИНСКИ ПУТ ДП	ВЕЗНИ ПУТ ВП	САБИРНИ ПУТ СП	ПРИСТУПНИ ПУТ ПП
ДАЊИНСКИ ПУТ ДП	АВ, ВВ	АВ, ВВ	АВ, ВВ (ТВ1)	-
ВЕЗНИ ПУТ ВП		АВ, ВВ	ТВ1 (АВ, ВВ)	ТВ1 (БУСл, ТВ2)
САБИРНИ ПУТ СП			ТВ1 (БУСл, ТВ2)	ТВ1 (БУСл, ТВ2)
ПРИСТУПНИ ПУТ ПП		АВ, ВВ БУСл, БУСлзг, ТВ1, ТВ2, ТВ3		ТВ2 (БУСл, ТВ1, ТВ2)

напомена:
■ велика разлика функционалних рангова, изузетан случај
- вредности у () могу се применити ако су оштрија просторна ограничења

Слика 3. Меродавна возила за проверу проходности кружне раскрснице зависно од функционалног ранга прикључних праваца [2]

Кружни коловоз је основни елемент раскрснице по коме се крећу возила свих саобраћајних струја (право, лево и десно). Разликују се услови проходности за једнотрачне раскрснице (тип 1:1:1:1) када је потребно да прође само једно возило и двотрачне (тип 2:1:2:1 и 2:2:2:2) када је неопходан пролаз два возила паралелно.

Гранични услови провере проходности приказани су на слици 4.



Слика 4. Гранични услови проходности кружног коловоза једнотрачних (а) и двотрачних (б) кружних раскрсница и минималне ширине коловоза (bk) [2]

5. ПОСЕБНИ ЕЛЕМЕНТИ КРУЖНЕ РАСКРСНИЦЕ

Кружне раскрснице захтевају другачије елементе и опрему него раскрснице са пресецањем саобраћајних струја. Као посебни елементи се издвајају коловоз за десна скретања, јавни превоз, као и пешаци и бициклисти у зони кружне раскрснице. Издвојеним коловозом за десна скретања повећава се пропусна моћ кружне раскрснице, смањује оптерећење кружног коловоза и индиректно повећава сигурност саобраћаја. На путевима градског као и приградског саобраћаја појављује се линијски градски или приградски саобраћај. Њихова стајалишта се лоцирају иза кружне раскрснице.

Пешаци и бициклисти се јављају код градских и само у посебним условима ванградских путева. Као прикладна јављају се два начина вођења бициклистичког саобраћаја: комбиновано вођење бициклистичког и моторног саобраћаја и самостално вођење [3].

6. БЕЗБЕДНОСТ

Безбедност кружних раскрсница зависи од њеног типа, геометријских елемената, брзине вожње, као и од броја конфликтних тачака.

Конфликтне тачке су места на којима се трасе кретања два учесника у саобраћају укрштају, спајају или раздвајају. У зависности од класичне раскрснице кружне имају мањи број конфликтних тачака. Као пример се може упоредити класична једнотрачна четворокрака раскрсница и једнотрачна кружна четворокрака раскрсница где је редукација броја конфликтних тачака возило-возило смањена са 32 на 8.

Треба истаћи и чињеницу да конфликти могу настати као последица легалних и нелегалних маневара што је чест случај код двотрачних кружних раскрсница

7. АНАЛИЗА ПРЕДМЕТНИХ РАСКРСНИЦА

7.1. Кружна раскрсница – Томашевац

Предмет ове техничке документације били су радови на изградњи кружне раскрснице на укрштају државног пута ПА реда број 130 и планираног општинског пута.

7.1.1. Функционалне и техничке карактеристике пројектних решења

Идејним решењем раскрснице предвиђа се изградња једнотрачне трокраке кружне раскрснице пречника уписане кружнице $D=35,0\text{m}$ са ширином коловоза од $7,0\text{m}$.

Геометријски елементи прикључних праваца директно су условљени захтевима усмеравања возила која се уливају у кружни ток или се изливају из кружног тока. У складу са величином дијаметра, предметна кружна раскрсница пројектована је са максималним усмеравањем. На свим правцима који се укључују на кружни ток дефинисане су једна трака за улив ширине $3,5\text{m}$ и једна трака за излив ширине $3,75\text{m}$.

Изливна трака у правцу Добрице пројектована је са ширином $4,0\text{m}$, што је условљено проходношћу меродавног возила. Саобраћајна острва су оивичена белим бетонским ивичњаком $24/24$ са надвишењем од 12cm .

Ивице кружног коловоза према кружном подеонику обликоване су применом елемената другачије структуре, бетонски ивичњак $24/24$ са надвишењем од 12cm и бетонске плоче $30\times 30\text{cm}$, $d=8\text{cm}$. Уз спољну ивицу коловоза у зони кружног тока примењено је додатно оивичење.

7.1.2. Проходност меродавног возила

Иако је проходност меродавног возила кроз кружну раскрсницу доказала да усвојени елементи ситуационог плана задовољавају проходност, пракса је показала да често настају оштећена ивица коловоза у зони уливних и изливних трака гажењем точкова теретних возила приликом проласка кроз кружну раскрсницу.

Из тог разлога је одлучено за додатно оивичење природним каменом или каменом коцком, чиме се повећава трајност и безбедност раскрснице. За потребе проходности раскрснице коришћено је возило тегљач са полуприколицом. Проходност је приказана на слици 5.



Слика 5. Проходност меродавног возила

7.2. Кружна раскрсница – Башаид

Предмет техничке документације су радови на реконструкцији постојеће површинске раскрснице на укрштају државног пута IB реда бр. 13 (км $90+498$) и државног пута ПА реда бр. 117 (км $20+393$).

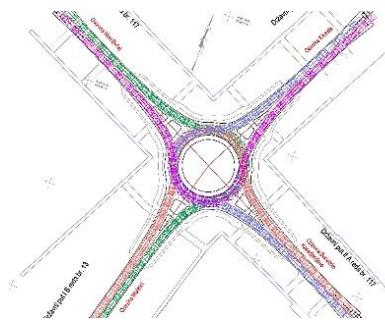
7.2.1. Функционалне и техничке карактеристике пројектних решења

Пројектом се предвиђа изградња једнотрачне четворокраке кружне раскрснице дијаметра $D=40,0\text{m}$, са ширином кружног коловоза од 6m и ширином прелазног коловоза од 2m .

Геометријски елементи прикључних праваца су исти као код претходне раскрснице. На правцима који се укључују на кружни ток дефинисане су једна трака за улив ширине $3,5\text{m}$ и једна трака за излив ширине $3,75\text{m}$. Кружни коловоз и прелазни коловоз су одвојени ивичњаком $12/18$ са надвишењем 4cm , док је ивичњак $24/24$ са надвишењем од 12cm постављен између кружног подеоника и прелазног коловоза. Саобраћајна острва су оивичена бетонским ивичњаком $24/24$ са надвишењем од 12cm . Обзиром да се раскрсница налази у градској зони, острва имају довољну дужину за уметање пешачких острва.

7.2.2. Проходност меродавног возила

Проходност меродавног возила је доказала да усвојени елементи ситуационог плана задовољавају све услове али је пракса показала да често настају оштећена ивица коловоза због гажења точкова теретних возила приликом проласка кроз кружну раскрсницу. Због тога је око кружног подеоника је урађен прелазни коловоз како већа возила не би оштећивала пратеће елементе раскрснице и да би се повећала безбедност и сигурост кружне раскрснице. Проходност меродавног возила је урађена тако да се омогућава мимоилажење два тегљача са полуприколицом. На слици 6 приказана је проходност меродавног возила.



Слика 6. Проходност меродавног возила

7.3. Кружна раскрсница – Шангај

Предмет пројекта за извођење су радови на реконструкцији раскрснице на укрштају државног пута IB 12 (км $173+877$) и Пута шајкашког одреда.

7.3.1. Функционалне и техничке карактеристике пројектних решења

Пројектом за извођење раскрснице предвиђа се изградња трокраке (у будућности четворокраке) двотрачне кружне раскрснице пречника уписане кружнице $D=60,0\text{m}$ са ширином коловоза од $9,0\text{m}$.

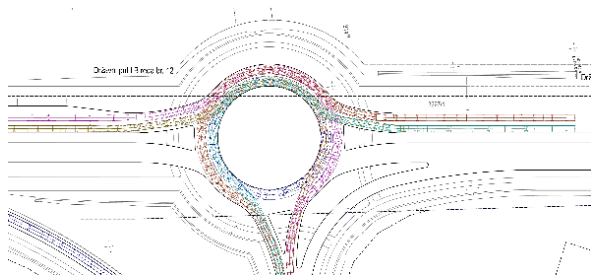
Геометријски елементи прикључних праваца омогућавају максимално усмеравање возила која се уливају и изливају из кружног тока. На правцу из Новог Сад у правцу од аутопута и петље Нови Сад, дефинисане су две траке за улив укупне ширине $7,0\text{m}$ и две траке за излив укупне ширине $7,5\text{m}$. На правцу из Шангаја дефинисане су једна трака за улив ширине $4,0\text{m}$ и једна трака за излив ширине $4,5\text{m}$.

Саобраћајна острва су оивичена бетонским ивичњакком $24/24$ са надвишењем од 12cm . Исти елементи су примењени код обликовања ивица кружног коловоза према кружном подеонику и спољних ивица кружног коловоза.

Предметна кружна раскрсница налази се ван урбаног подручја. На предметној локацији постоје два аутобуска стајалишта која ће бити реконструисана и измештена непосредно после кружне раскрснице. Оно што разликује ову раскрсницу од претходних је издвојени коловоз за десна скретања према насељу Шангај. На прикључењу коловоза на главни правац према насељу Шангај предвиђена је уливна трака ширине 3,0m.

7.3.2. Проходност меродавног возила

На предметној кружној раскрсници очекује се релативно висока концентрација возила већих димензија (теретна возила, аутобуси, >10%). Будући да њихова учестала истовремена појава у истом пресеку коловоза утиче на ниво услуге, брзине кретања возила и ниво сигурности саобраћаја, проходност раскрснице се проверила за паралелно кретање БУС-а дужине 12m. План проходности раскрснице приказан је на слици 7.



Слика 7. Проходност меродавног возила

7.4. Кружна раскрсница – Темеринска улица

Предмет ове техничке документације је појачано одржавање раскрснице на државном путу ПА реда бр. 100 на км 30+988,00 на скретању за мегамаркет („Mercator – S“) у Новом Саду.

7.4.1. Функционалне и техничке карактеристике пројектних решења

Геометрија предметне кружне раскрснице условљена је локалним просторним ограничењима, границама регулација и границама парцела које су у приватном власништву.

Пројектована је кружна четворокрака, двотрачна на главном правцу. Кружни подеоник је са дијаметром од 40,0m и ширином коловоза у кружном току од 9,5m без прелазног коловоза.

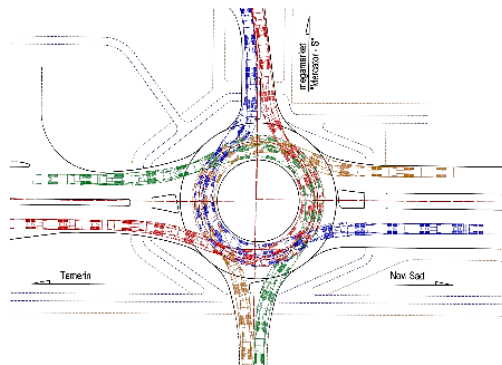
На правцу Темеринског пута са обе стране, дефинисане су по две траке за улив и излив, ширина по 7,0m. У правцу од аутопута ка Новом Саду је дефинисано аутобуско стајалиште ширине 3,0m.

На правцу саобраћајнице која води ка мегамаркету „Mercator - S“ и на прикључку ка комплексу, дефинисане су по једна трака за улив и излив. Ширина улива је 3,25m док је ширина излива 3,75m. Острво за усмерење саобраћаја је пројектовано тако да се дозвољава његово гажење од стране камиона са полуприколицом и оно ће бити израђено од бехатон плоча димензија 10x10cm дебљине 8cm.

Острва која раздвајају саобраћајне токове на осталим прикључним правцима и спољне ивице коловоза оивичене су белим бетонским ивичњацима 24/24, h=12cm док је унутрашња ивица кружног подеоника оивичена истим ивичњацима али са висином h=14cm.

7.4.2. Проходност меродавног возила

С обзиром да се кружна раскрсница налази у градском подручју и да има могућност изласка на Аутопут, на тој деоници је активан тежак теретни саобраћај. Проходност возила је урађена у складу са правилима проходности двотрачне кружне раскрснице. То подразумева паралелну вожњу камиона са полуприколицом у спољњој (десној) траци и путничког аутомобила у унутрашњој (левој) траци. План проходности је приказан на слици 8.



Слика 8. Проходност меродавног возила

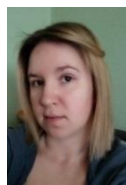
8. ЗАКЉУЧАК

У оквиру овог рада приказане су основе за планирање и пројектовање кружних раскрсница. Осим основа обрађене су четири раскрснице са аспекта проходности меродавних возила. У зависности од дијаметара раскрсница, ширине кружног коловоза, улива и излива као и меродавних возила, дати су примери проходности за једнотрачне и двотрачне кружне раскрснице.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mihailo Maletin, "Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradu", Orion Art, Beograd, 2005
- [2] Правилник о условима које са аспекта безбедности саобраћаја морају да испуњавају путни објекти и други елементи јавног пута (Сл. гласник РС број 50/11)
- [3] *Priručnik za projektovanje puteva u republici Srbiji* – Javno preduzeće Putevi Srbije, Beograd, 2012

Кратка биографија:



Јелена Исаковић рођена у Новом Саду 1988. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми одбранила је 2021. год.

контакт: isakovic.jelena@yahoo.com

IMPLEMENTACIJA BIM-A U ODRŽAVANJU GRAĐEVINSKIH OBJEKATA**BIM IMPLEMENTATION IN MAINTENANCE MANAGEMENT**Jovana Vasić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA
GRAĐENJA**

Kratak sadržaj – BIM (eng. Building Information Modeling) je izgradnja digitalnog integrisanog modela (informacija) postojeće ili buduće izgrađene okoline.

Ključne reči: BIM, održavanje građevinskih objekata, strategija implementacije, građevinska industrija, informacioni model zgrade

Abstract – BIM (Building Information Modeling) is the construction of a digital integrated model (information) of an existing or future built environment.

Keywords: BIM, building maintenance, implementation strategy, construction industry

1. UVOD

Zainteresovanost čovečanstva za građevinarstvo potiče još iz vremena pravljenja prvih skloništa i staništa, kada je borba za opstanak i težnja za boljim životom naterala čoveka da pravi što bolje uslove za život. Od samog početka gradnje jasno se isticala potreba za saradnjom grupe ljudi. Kako u prošlosti, tako i danas – sva velika dostignuća zahtevaju ovaj način rada. Planiranje i realizacija građevinskih projekata složen je proces koji podrazumeva saradnju stručnjaka iz različitih disciplina. Njegov uspeh zahteva kontinuiranu koordinaciju i intenzivnu razmenu informacija i podataka između svih uključenih grupa.

Razvoj u računarskoj industriji direktno je odgovoran za pojavu BIM tehnologije. Doug Engelbart, osnivač Proširenog istraživačkog centra (ARC) u SRI-u i izumitelj računarskog miša je bio jedan od prvih velikih računalnih vizionara, koji je još 1960-ih zamislio budućnost u kojoj računari, odnosno mreža računara, povećava ljudski intelekt. Termin BIM prvi put se pojavio u istraživačkim radovima 1986. godine (Ruffle, 1985; Aish, 1986). Nakon čega komercijalno postaju dostupni BIM programi za crtanje projekata na računaru, kao što je softverski program ArchiCAD koji se pojavio 1987. godine. Glavna prednost programa je bila mogućnost izrade i 2D i 3D geometrije arhitektonskog objekta, kao i mogućnost skladištenja informacija za elemente objekta. Najveći napredak ka efektivnoj primeni desio se 2000. godine stvaranjem Revit-a, koji uključuje sve što je potrebno za izradu arhitektonskih, konstruktivnih, infrastrukturnih, elektro i termotehničkih projekata. Međutim, istraživanje iz 2019. godine je pokazalo da skoro trećina građevinskih

kompanija ne koristi BIM tehnologiju. Ovaj rezultat pre svega potiče od malih i srednjih preduzeća sa relativno niskim primatnjima. Dok je radenje velikih projekata bez upotrebe pomenute tehnologije nezamislivo.

1.1. BIM - Building Information Modeling

Building Information Modeling (skraćeno BIM) prevodi na naš jezik kao modelovanje informacija o građevinama i opisuje način na koji svi mogu razumeti objekat kroz korišćenje digitalnog modela. BIM ne predstavlja običan digitalni crtež, već se zasniva na kompletnom, detaljnom modeliranju objekta, koje čini da se svaka izmena automatski registruje u osnovama, preseccima i 3D modelu.

Učesnici u projektu rade sa stalno ažuriranom bazom podataka, koriste zajedničke podatke i oslanjaju se na razmenu informacija koja se nalazi u jedinstvenoj bazi podataka. Kroz rad na zajedničkoj platformi, BIM omogućava učesnicima na projektu da sagledaju sveukupnu efikasnost projekata, optimizuju vreme i efikasnije upravljaju troškovima i to u svim fazama životnog ciklusa objekta.

BIM postupak odnosi se na četiri glavna područja (prikazano na Slici 1.) koja obuhvataju četiri jednaka dela: proces, ljude, tehnologiju i politiku.



Slika 1. Glavna područja implementacije BIM-a [1]

BIM projekat je svaki standardni projekat na kom je primenjen BIM pristup. Posebna pažnja daje se razmeni i korišćenju tačnih informacija u svim fazama projektovanja i među svim saradnicima. Svaki BIM model sačinjen je od BIM elemenata, koji pored 2D i 3D geometrijskog prikaza sadrži i određene vizuelne karakteristike, tehničke zahteve, zahteve za izvođenje i informacije o proizvodu, kao i mnoge druge podatke. Dostupnost samih elemenata jako je bitna za uspeh projekta.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Peško, vanr. prof.

1.2. Facility management

Facility management (FM) je profesija koja obuhvata više disciplina kako bi se obezbedila funkcionalnost, udobnost, bezbednost i efikasnost izgrađenog okruženja integracijom ljudi, mesta, procesa i tehnologije. Nadležnosti FM-a su upravljanje projektima, finansije i biznis, rad i održavanje, popunjenost i ljudski faktori, održivost, upravljanje informacijama i tehnologijom objekta, upravljanje rizikom, komunikacija, performanse i kvalitet, liderstvo i strategija i nekretnine.

Na planiranje i projektovanje potroši se 15% ukupnih troškova koje imamo tokom životnog veka objekta, za izvođenje objekta se potroši 25%, dok se na upravljanje i održavanje potroši čak 60%. Životni vek objekta obuhvata period od planiranja pa sve do rušenja objekta i može se podeliti na 6 faza: definisanje potreba, planiranje i projektovanje, izgradnja, useljenje i početak korišćenja, eksploatacija, rušenje, uklanjanje i recikliranje.

1.3. Aktivnosti na održavanju objekta

Aktivnosti na održavanju objekta vrše se kroz hitne intervencije, tekuće održavanje i investiciono održavanje. Hitne intervencije su aktivnosti koje se bez odlaganja izvršavaju radi zaštite života i zdravlja ljudi, njihove sigurnosti, zaštite imovine od oštećenja i dovođenje zgrade, njenih delova, uređaja, instalacija i opreme u stanje ispravnosti, upotrebljivosti i sigurnosti.

Kako bismo što duže sačuvali zadovoljavajući nivo upotrebljivosti objekata, svake godine je potrebno vršiti tekuće održavanje, kao i investiciono održavanje na svakih 10 godina. Nije retkost da se tome ne posvećuje dovoljno pažnje zbog troškova koje samo održavanje iziskuje. Tim pristupom dolazi do mnogih problema. Troškove za održavanje treba unapred isplanirati, pre same izgradnje objekta, kako bismo imali širu sliku raspodele investicija. Ako su ovi troškovi predloženi, tzv. dodatni troškovi koji nastaju u budućnosti će biti minimalni.

2. CAD ILI BIM

Prva softverska tehnologija koja je našla primenu u građevinskoj industriji je CAD (Computer Assisted Design). CAD je dizajn potpomognut računarom. Uz pomoć njega inženjeri i arhitekte imaju znatno lakši i precizniji posao. Postoji mogućnost bliskih i dalekih prikaza bilo kog dela 2D crteža ili 3D modela, rotiranje slike, automatsko podešavanje razmere i još mnogo drugih mogućnosti koje pružaju raznovrsni računarski alati.

Za razliku od CAD-a koji je alat, BIM (Building Information Modeling) treba razumeti kao proces saradnje između svih faza projekta omogućen najnovijom tehnologijom. Ključna razlika je to što je BIM projekat bogat informacijama, karakteristikama, specifikacijama i drugim nefizičkim podacima ugrađenim u deljeni 3D digitalni model.

2.1. Prednosti BIM-a

Informaciono modeliranje zgrada postalo je neprocenjiv alat sa obiljem prednosti za građevinsku industriju. Projekti koji koriste BIM imaju veće šanse za uspeh i maksimiziraju efikasnost za svaku fazu životnog ciklusa projekta i dalje. Kombinacija BIM-a i virtualne realnosti nam omogućava

da sebe i klijenta preselimo u prostor koji dizajniramo. Klijent doživljava svoj objekat i pre nego što je izgrađen. Na istom BIM modelu možemo investitoru predstaviti različita varijantna rešenja i efektivno ih uporediti jedno sa drugim. Uključivanje procenjivača ranije u fazi planiranja omogućava efikasniju procenu troškova izgradnje. BIM omogućava maksimalno pojednostavljenje, povećava brzinu i tačnost same procene.

Bliža saradnja sa izvođačima može dovesti do smanjenja rizika na tenderu, nižih troškova osiguranja, manje ukupnih varijacija i manje mogućnosti za potraživanja. Bolji pregled projekta pre početka omogućava više prefabrikacije i smanjuje otpad od neiskorišćenih materijala. Troškovi rada koji se troše na rad na dokumentaciji i pogrešne komunikacije su smanjeni. Sa sve većim brojem članova tima koji koriste podatke o projektu, saradnja u realnom vremenu i jedinstveno skladište dokumenata smanjuje rizik da bilo koja kompanija koristi zastarele informacije. BIM može pomoći u poboljšanju sigurnosti izgradnje tako što će precizno odrediti opasnosti pre nego što nastanu problemi i izbeći fizičke rizike vizualizacijom i planiranjem logistike lokacije unapred.

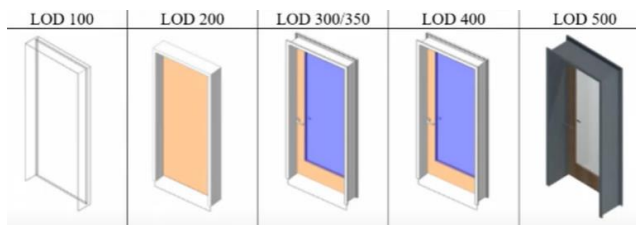
Deleći zajedničke BIM alate, iskusniji članovi tima rade zajedno sa graditeljima kroz sve faze projekta, obezbeđujući bolju kontrolu nad tehničkim odlukama oko izvršenja dizajna. Optimalni načini za izgradnju projekta mogu se testirati i izabrati u ranoj fazi projekta, a strukturalni nedostaci se mogu identifikovati pre izgradnje. Informacije sadržane u BIM modelu omogućavaju brzu izradu tačnih inventara elemenata, površina, količina, koji se automatski ažuriraju pri svakoj promeni modela. Pored navedenih prednosti tu je i poboljšana analiza energije, kao i podrška u analizi životnog ciklusa objekta.

Otkrivanja problema pre nego što se pojave na gradilištu, gde rešavanje problema, ako je ikako moguće, zahteva mnogo vremena i novca. Dizajniranje pomoću BIM-a je mnogo praktičnije od CAD-a, pre svega zbog velike mogućnosti uticaja na performanse projekta, a onda i zbog niskih troškova unosa promene. CAD modeli imaju samo jedan vizuelni prikaz koji je vrlo detaljan, dok su BIM modeli dizajnirani na način da se mogu uvećati i smanjiti, proširiti, sažeti i slično. Na osnovu ovih stavki možemo zaključiti da klasični CAD programi nemaju velike šanse u odnosu na BIM.

2.2. Razvijenost BIM modela

Kako postoje različite faze projekta samim tim postoje i različiti nivoi razvijenosti BIM modela. Termin LOD se ponekad tumači kao nivo detalja, a nekad kao nivo razvijenosti. Level of Development (nivo razvijenosti) je stepen do kojeg su geometrija elementa i priložene informacije promišljene – stepen do kojeg se članovi projektnog tima mogu osloniti na informacije kada koriste model. Level of Detail (nivo detaljnosti) je u suštini koliko je detalja uključeno u element modela.

Pored toga postoji i Level of Information (nivo informacija) koji predstavlja zahtevani nivo negrafičkih informacija kroz projekat. U suštini, nivo detaljnosti i informacija se može smatrati ulazom za element, dok je nivo razvijenosti pouzdan izlaz. Kao primer nivoa detaljnosti na Slici 2. prikazana su vrata kroz različite faze projektovanja.



Slika 2. Nivoi razvijenosti BIM modela [2]

3. SMERNICE ZA GRAĐENJE

Upotrebom BIM-a u fazi građenja ostvaruje se značajna prednost. BIM pristupom imamo jednostavnije i bolje planiranje procesa građenja, a samim tim i uštedu vremena i novca. BIM kiosk je računarski sistem izgrađen za građevinsko osoblje na gradilištu. Svrha kiosk je da omogućiti inženjerima na gradilištu da vide BIM model i na taj način im obezbedi pristup na licu mesta najnovijim informacijama o projektu konstrukcije. Primena BIM-a na gradilištu značajna je u slučaju vizualizacije komplikovanih prostornih situacija.

3.1. BIM dimenzije

BIM tehnologija je evoluirala od osnovnih 3D i 4D dimenzija do 5D, 6D i 7D dimenzija koje su spremne da promene budućnost AEC industrije. BIM dimenzije – 3D, 4D, 5D, 6D i 7D, svaka ima svoju svrhu i korisna je u saznanju koliko bi projekat koštao, njegovog vremenskog okvira, kada bi bio završen i koliko bi bio održiv u budućnosti.

4. IMPLEMENTACIJA BIM-A U ODRŽAVANJU GRAĐEVINSKIH OBJEKATA

Upravljanje objektima (eng. Facilities management - FM) i imovinom (eng. Asset Management - AM) je mnogo više od održavanja objekta i opreme u njemu. Objekti i timovi objekta postaju aktivan deo postizanja poslovnih rezultata.

Timovi objekta treba da generišu prihod, obezbede bolja radna mesta i da aktivno podržavaju organizacione misije. BIM omogućava timovima objekata da uspešno ispune sva očekivanja obezbeđujući vizuelnu i fleksibilnu platformu za efikasnije upravljanje zgrada. Umesto tradicionalnog upravljanja objektima, primenjuje se pristup informacionog modeliranja zgrada koji se razvija kao 3D informacioni modeli za upravljanje i održavanje objekata.

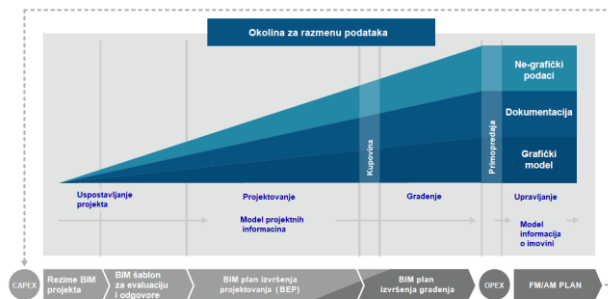
4.1. Informacije za upravljanje građevinama

Menadžer građevine/imovine treba da predvidi ponašanje objekta tokom vremena, kao i da zna vrstu i namenu objekta kojim upravlja i koje su to informacije suvišne za upravljanje objekta. Informacije unutar BIM modela moraju biti dovoljne, dostupne i potvrđene kako bi bile korisne menadžeru objekta. Zbog toga je neophodno proces prikupljanja podataka jasno definisati. Kako je u BIM-u moguće skladištenje velikog broja informacija, za potrebe ovih smernica akcenat je na elemente kao što su sobe, zone, sistemi građevine/zgrade i komponente građevine/zgrade.

Ciklus isporuke informacija (prikazano na Slici 3.) ima dve karakteristične početne tačke:

CAPEX polazna tačka - za samostalne projekte, na kojima je fokus efikasnost isporuke kapitala, a ne na postojeće operativne zahteve. To počinje sa razvojem projekto BIM rezimea.

OPEX polazna tačka – za projekte koji su deo većeg imovinskog portfelja ili za projekte koji obuhvataju postojeću imovinu. Ova faza počinje sa FM/AM planom i oslanja se na informacije iz postojećeg modela imovine.



Slika 3. Ciklus isporuke informacija u projektu [3]

BIM nije samo koristan, on može doneti mnogo pogodnosti u radovima FM i podići delotvornost FM. BIM uvezeni režim ne samo da obezbeđuje transparentnost informacija o objektima, on poboljšava poverenje korisnika u objekte, jer korisnici mogu da razumeju stanje objekata kroz web BIM model. Uz pomoć eksternog programa, BIM model može povezati datoteke objekta da bi pomogao korisnicima sveobuhvatnije razumevanje objekta i efektivno poboljšati integritet primene BIM-a u FM.

4.2. Integracija BIM-a i održavanja građevinskih objekata u početnim fazama projekta

Stručna lica za održavanje objekta se tokom svog rada susreću sa velikim brojem različitih informacija koje se moraju pronaći, detaljno analizirati i ažurirati sa svakom sprovedenom aktivnošću. BIM omogućava skladištenje svih tih informacija u samo jednoj elektronskoj datoteci. Istraživanja su pokazala da čak 50% problema vezanih za održavanje možemo izbeći uklanjanjem glavnog uzročnika u fazi projektovanja. Promišljanje o održavanju građevine u ovoj fazi nužno je kako bi se sve relevantne informacije uzele u obzir zbog pravilnog odlučivanja o konstrukciji i materijalima.

Plan održavanja građevine, u mnogim zemljama, uvršten je u sastavni deo projektne dokumentacije. Međutim, projektanti i izvođači koji su angažovani u početnim fazama nemaju adekvatnog znanja iz ove oblasti. Kao problem navodi se nemogućnost angažovanja tima stručnjaka za održavanje tokom projektovanja, jer u većini slučajeva taj tim u vrijeme projektiranja još nije ni formiran. Problemi u komunikaciji stoga onemogućavaju optimizaciju svih sistema vezano za trajanje građevine. Zbog velike količine informacija i znanja BIM se nameće kao rešenje navedenih problema. U digitalnim bazama, arhivama/knjižnicama znanja, može se naći veliki broj informacija stručnjaka za održavanje građevine koje smanjuju potrebu za stalnim prisustvom stručnjaka u fazi projektovanja. U BIM bazi podataka (arhiva/knjižica znanja) smeštene su sve informacije o problemima i iskustvima u održavanju sličnih objekata. Ti podaci dostupni su kako projektantima tokom projektovanja, tako i izvođačima tokom gradnje.

4.3. Integracija BIM-a i održavanja postojećih građevinskih objekata

Za održavanje postojećih objekata potrebni su određeni dodaci pri implementaciji BIM-a. Ako objekat nije urađen kao BIM model, a podaci nisu dostupni u dokumentaciji, treba prvo doći do podataka o geometriji i topografiji zgrade. Za ove potrebe koristi se lasersko i fotogrametrijsko skeniranje. Korišćenje fotogrametrije omogućava da kreiramo realističan 3D prikaz trenutne situacije mesta ili objekta, koristeći fotografije. Odnosno to je tehnika kojom predmete konvertujemo u 3D model. Objekti se snimaju i mere iz različitih uglova. Dobijene slike se potom spajaju u jednu datoteku koja sadrži sve podatke o objektu. Današnja softverska rešenja za kreiranje ovakvih 3D modela omogućavaju laku obradu fotografija koje se mogu snimiti bilo kojom kamerom, pa i kamerom na mobilnom telefonu. Lasersko 3D skeniranje je preciznije od fotogrametrije i podrazumeva snimanje zemaljskim laserskim skenerom i obradu snimljenog oblaka tačaka. Glavna mana laserskog skeniranja je visoka cena. Obe metode su brze i moguće je dobiti podatke preneti u BIM model.

4.4. Softver za upravljanje objektima

Softver za upravljanje objektima pruža osoblju sve potrebne alate za praćenje, upravljanje, planiranje i izveštavanje o funkcionisanju objekta u obliku aplikacije za mobilne telefone ili računare. Podaci o objektu, kao što su nacrti, spiskovi zadataka, podaci o zaposlenima, o opremi i dobavljačima spajaju se u jednu celinu. Svi učesnici u objektu dele radnu sredinu, a upravnik objekta ima mogućnost da nadzire svim procesima preko jednog ekrana. Softveri za upravljanje objektima nude mnogo prednosti, kao što su pomoć u utvrđivanju zahteva prostora, lokacija opreme, cene izgradnje, okolinom uslovljenih ograničenja, prepreka i drugih funkcija ključnih za planiranje. Zatim beleženje inventara opreme i imovine, iskorišćenosti prostora, lokacija opasnih materijala, evakuacijskih puteva, položaja vatrogasne opreme i ključnih karakteristika zgrade.

Softveri pomažu upravicima da se resursi organizacije u potpunosti iskorišćavaju uz najmanje moguće troškove. Takođe omogućava upravicima kreiranje zadataka i kontrolnih spiskova koje mogu deliti s izvođačima. Uklanja potrebu za fizičkim usmeravanjem izvođača na lokaciju i pomaže svim ključnim učesnicima da revidiraju prilagođavanje i odgovor na Covid-19 te optimizuju korišćenje prostora, radnih mesta, signalizacije i svih nužnih zdravstvenih i sanitarnih mera.

Ključne karakteristike softvera za upravljanje objektima su sposobnost praćenja dodele zadataka, podržana interakcija s građevinskim nacrtima/BIM modelima, obaveštenja, rad u oblaku, podržan rad na mobilnim uređajima, olakšana komunikacija i saradnja, sigurno čuvanje dokumenata. Mnogi softveri, kao što je PlanRadar, omogućavaju menadžerima i vlasniku objekata stalni pristup ažuriranim informacijama. Projektni tim izvršava zadatak na vreme, a pritiskom na dugme šalje izveštaj. Tako imamo sve informacije o objektu u jednoj aplikaciji, kao i uvid u celokupno gradilište.

4.5. BIM implementacija kroz tri ključna koraka

Da bi implementacija nove tehnologije bila uspešna neophodna je dobro osmišljena strategija. Implementacija BIM-a jeste skup i dugotrajan proces. Skup je jer zahteva investiciju u softvere, hardvere, usluge i zaposlene. A dugotrajan zbog promene radnih procesa, kao i uvođenja novih pravila i postupaka koji zahtevaju određeno vreme prilagođavanja. Međutim, cilj implementacije je povraćaj ulaganju koji se ostvaruje samo ako se BIM proces implementira na pravi način. Da bi se to ostvarilo bitna su sledeća tri pravila - vizija (čvrsta odluka vodstva firme), strategija (izrada plana implementacije) i izvršenje (priprema za implementaciju i implementacija kroz primenu). Svaki korak je jednako bitan i važan, stoga će implementiranje biti moguće samo ispunjenjem sve tri navedene stavke.

5. ZAKLJUČAK

Uvođenje BIM-a jeste zahtevan i dugotrajan proces. Bitno je naglasiti da je BIM proces, a da je 3D crtanje samo komponenta. Kako bi implementacija spora, od presudne je važnosti imati stručna lica koji će na pravi način preneti svoje znanje o BIM-u. Velika prepreka u ne korišćenju BIM-a je i nedostatak strateškog plana BIM implementacije na državnom nivou, kao i nedostatak inženjera i stručnjaka koji bi se zalagao za uspostavljanje BIM nacionalnog standarda. Veliki broj investitora, inženjera i vlasnika firmi još uvek ne razmatraju mogućnost prelaska na BIM. Činjenica je da je ova tema isključivo vezana za velike kompanije, entuzijaziste i inženjere koji žele da rade za strano tržište.

Ohrabrujuće je što mladi inženjeri brzo prihvataju tehnološke inovacije, pa samim tim i BIM tehnologiju. Uvođenje BIM-a u fazi projektovanja i izvođenja direktno utiče na fazu upravljanja objektom. BIM i upravljanje građevinama i imovinom (FM/AM) usko je povezano, jer je jedan od važnijih ciljeva BIM-a da smanji troškove životnog veka objekta uz odgovarajuće deljenje podataka svim učesnicima na projektu.

6. LITERATURA

- [1] Hrvatska komora inženjera građevinarstva - Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu
- [2] Koncept uvođenja BIM metode u Bosni i Hercegovini - Czech-UNDP Partnership Project „Support to BIM Implementation in Bosnia and Herzegovina“
- [3] Brad Hardin Dave McCool - BIM and Construction Management Proven Tools, Methods and Workflows
- [4] <http://casopis-gradjevinar.hr/archive/article/2730>

Kratka biografija:



Jovana Vasić rođena je u Valjevu 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Implementacija BIM-a u održavanju građevinskih objekata odbranila je 2021.god.

Kontakt: vasic.jo97@gmail.com

REKONSTRUKCIJA RASKRSNICE ULICA MAKSIMA GORKOG I MATIJE GUPCA U SUBOTICI

RECONSTRUCTION OF THE INTERSECTION OF MAKSIMA GORKOG AND MATIJA GUPCA STREETS IN SUBOTICA

Nina Staletović, Miloš Šešlija, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazane postojeće debiljine kolovozne konstrukcije utvrđene istražnom jamom, dimenzionisanje kolovozne konstrukcije gde je korišćena naponska deformacijska analiza, proces rekonstrukcije raskrsnice i izvršen je predmer i predračun radova.

Ključne reči: Rekonstrukcija, dimenzionisanje, predmer i predračun radova

Abstract – The paper presents the existing thicknesses of the pavement structure determined by the investigation pit, dimensioning of the pavement structure where stress deformation analysis was used, the process of reconstruction of the intersection and an estimate of the costs.

Keywords: reconstruction, dimensioning, costs estimate

1. UVOD

Današnji razvoj civilizacije je iskazao veliku potrebu za razvojem saobraćaja, a posebno drumskog saobraćaja, koji kao ni jedan drugi vid saobraćaja ne omogućava prevoz od „vrata“ do „vrata“. To je razlog zašto se, u današnje vreme, smatra da je drumski saobraćaj jedan od osnovnih elemenata na kojima počiva svako savremeno društvo.

Rekonstrukcija raskrsnice koja je predmet ovog Master rada nalazi se na ukrštaju ulica Matije Gupca i Maksima Gorkog, koja pripada katastarskoj opštini Donji Grad u Subotici.

Na predmetnoj raskrsnici u okviru rekonstrukcije, potrebno je urediti saobraćajnu površinu i postojeće saobraćajne tokove na način da se proširuje severni prilaz uz dodavanje još jedne saobraćajne trake u ulici Matije Gupca čime se postiže bolje iskorišćenje saobraćajnih traka, povećava protok vozila i poboljšava nivo usluge na raskrsnici.

2. TEORIJSKE OSNOVE PRIMERNE (GRADSKO) PUTNE MREŽE POVRŠINSKIH RASKRSNICA

2.1. Osnove za projektovanje površinskih raskrsnica

Kompleksni zadaci i zahtevi koji se javljaju u području površinskih raskrsnica uslovljavaju da se njihova lokacija u odnosu na potez ili deonicu primarne gradske saobraćajnice ograniči na delove trase gde je moguće ispuniti polazne uslove za projektovanje površinske raskrsnice.

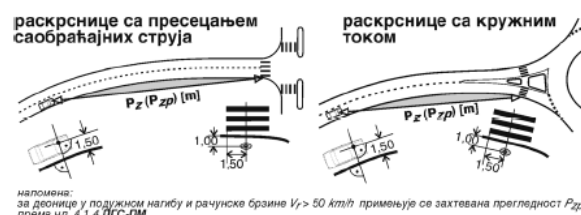
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Miloš Šešlija

Površinska raskrsnica je integralni deo deonice primarne gradske saobraćajnice kako u funkcionalnom smislu tako i u pogledu projektnih zahteva. Ritam površinskih raskrsnica zajedno sa veličinom funkcionalnog područja ukazuje da rešenja površinskih raskrsnica dominiraju ukupnim kvalitetom rešenja deonice i/ili poteza primarne gradske saobraćajnice.

Spoljna preglednost površinske raskrsnice podrazumeva obezbeđenje potrebne dužine vizure u široj zoni pristupa površinskoj raskrsnici. Za preporuku je da se obezbedi sagledljivost površinske raskrsnice na dužini izoštrene vizure preglednosti. Donju granicu predstavlja dužina zaustavne P_z (ili zahtevane P_{zp}).

Polazni uslovi granične vizure minimalne spoljne preglednosti površinske raskrsnice prikazani su na slici 1.



Slika 1. Polazni uslovi minimalne spoljne preglednosti površinskih raskrsnica

2.2. Tipologija površinskih raskrsnica

Površinske raskrsnice su jedan od dominantnih elemenata gradske putne mreže, kako po svojoj brojnosti tako i po razmerama uticaja na deonice gradskih saobraćajnica. Dužine zona prestrojanja i postrojanja, uslovi vođenja presečnih pravaca u situacionom i nivelacionom planu, propusna moć i nivo usluge, bezbednost saobraćaja i sl. ukazuju da je suštine projektovanja saobraćajnica u gradovima koncentrisana na područje površinskih raskrsnica. Razlikuju se dva primarna tipa površinskih raskrsnica: raskrsnice sa presecanjem saobraćajnih stuja i raskrsnice sa kružnim tokom koja se pre svega razlikuju po prostornoj organizaciji.

2.3. Projektni elementi raskrsnica sa presecanjem saobraćajnih struja

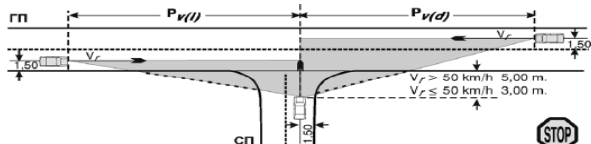
Raskrsnice sa presecanjem saobraćajnih struja su dominantni osnovni tip raskrsnica u našim gradovima u skladu sa polaznim konceptom urbanizacije.

Preglednost u području raskrsnice

Pored spoljne preglednosti raskrsnice složeni uslovi kretanja vozila zahtevaju potpuno ispunjavanje uslova preglednosti u području raskrsnice kako bi se obezbedilo

efikasno i sigurno kretanje svih korisnika područja raskrsnice (vozila, pešaci, biciklisti itd.). U gradskim uslovima, raskrsnice sa presecanjem saobraćajnih struja uvek se regulišu obaveznom zaustavljanjem vozila (znak STOP) iz sporednog pravca.

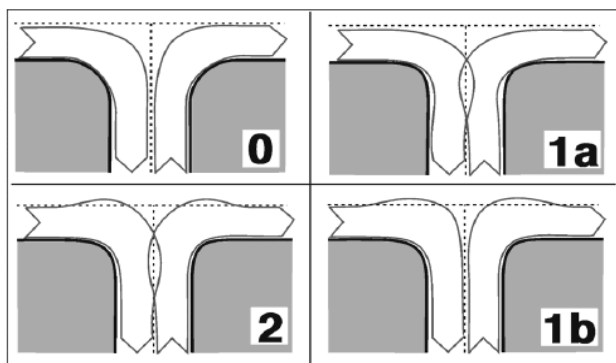
Vrednosti kateta trougla preglednosti $P_v(l)$ i $P_v(d)$ jednake su dužinama zaustavne (P_z) ili zahtevane preglednosti (P_{zp}). Za podužne nagibe $+4\% < i_N < -4\%$ katete trougla preglednosti su jednake ($P_v(l) = P_v(d)$) i primenjuje se dužina zahtevane preglednosti (P_{zp}) za podužni nagib $i_N = 0\%$ kao što je prikazano na slici 2.



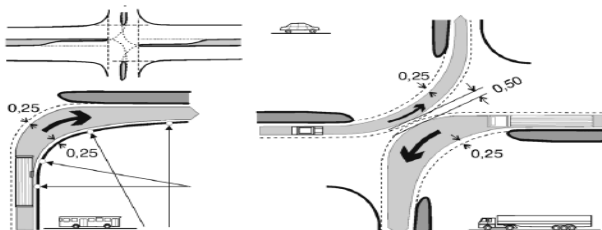
Slika 2. Услови прегледности: потенцијални конфликт возило-возило

Provera prohodnosti

Za ovaj postupak neophodno je definisati merodavno vozilo i uslove izvođenja manevra kao i uslove provere skretanja. Provera se sprovodi primenom verifikovanog programskog sistema, konstrukcijom trajektorija vozila i/ili korišćenjem standardnih krivih minimalne prohodnosti. Kao merodavno vozilo usvaja se najveće vozilo sa najskromnijim mogućnostima manevra za koje postoji verovatnoća da će koristiti predmetnu površinsku raskrsnicu. Sve površinske raskrsnice primarne i lokalne putne mreže moraju obezbediti minimalne uslove prohodnosti za komunalna vozila. Izbor uslova izvođenja manevra skretanja (slika 3.) zavisi od funkcionalnog ranga saobraćajnice i/ili učestalosti pojave merodavnog vozila (tj. Strukture saobraćajnog opterećenja).



Slika 3. Uslovi izvođenja manevra skretanja za merodavno vozilo – odnos spoljnih kontura vozila u skretanju



Slika 4. Granični uslovi prohodnosti za desna i leva skretanja

Kod desnih skretanja (slika 4.) granični uslov podrazumeva obezbeđenje zaštitne širine od 0,25 m. u odnosu na

obe konturne krive. Kod levih skretanja u najvećem broju slučajeva dovoljno je obezbediti istovremeno izvođenje manevra za teško teretno vozilo (AV, VV) i putnički automobil (PA) pod uslovima prikazanim na slici 4.

3. REKONSTRUKCIJA RASKRSNICE ULICA MAKSIMA GORKOG I MATIJE GUPCA

3.1 Situaciono rešenje

Poboljšanje raskrsnice koje je definisano ovim Master radom podrazumeva uređenje saobraćajnih tokova i površina. Predviđena je rekonstrukcija postojeće raskrsnice Maksima Gorkog sa ulicom Matije Gupca u Subotici. U postojećem stanju predmetna raskrsnica predstavlja četvorokraku raskrsnicu koja na glavnom pravcu ima četiri saobraćajne trake, dve saobraćajne trake po smeru, dok na sporednim prilazima postoje po tri saobraćajne trake, dve saobraćajne trake na prilazu raskrsnici i jedna saobraćajna traka za suprotni smer kretanja. Saobraćaj na raskrsnici regulisan je svetlosnom saobraćajnom signalizacijom.

Osovina ulice Maksima Gorkog (osovina 1) je definisana u pravcu stacionaže od km 0+000.00 do 0+100.00. U postojećem stanju na glavnom pravcu ulice Maksima Gorkog postoje četiri vozne trake (ukupna širina kolovoza je 12.0m), za svaki smer vožnje po dve ($2 \times 3,0m + 2 \times 3,0m = 12,0m$).

Osovina ulice Matije Gupca (osovina 2) je definisana u pravcu stacionaže od km 0+000.00 do 0+250.00.

Osovina ulice Petra Drapšina (osovina 3) je definisana u pravcu stacionaže od km 0+000.00 do 0+029.65.

Postojeća širina ulice je 4.8m, novoprojektovanim rešenjem izvršeno je jednostrano proširenje ulice na 5.5m, uz uklanjanje lepeza sa ulicom Matije Gupca.

3.2 Nivelaciono rešenje

Novoprojektovana niveleta je aproksimirana po postojećem stanju, uz poboljšanjem podužnog nagiba radi boljeg odvodnjavanja. Projektovane nivelete su na početku i kraju uklopljene u postojeće stanje.

Podužni nagibi kod osovine 1 se kreću u rasponu od min $i_N = 0.42\%$ do max $i_N = 2.01\%$, kod osovine 2 je u rasponu od min $i_N = 0.42\%$ do max $i_N = 2.10\%$, dok je kod osovine 3 u rasponu od min $i_N = 0.08\%$ do max $i_N = 1.24\%$.

Poprečni nagibi su dvostrani i usklađeni su sa postojećim nagibima predmetnih ulica čime se postiže da površinska voda sa kolovoza otiče do postojećih i novoprojektovanih slivnika.

3.3 Oivičenja

Za oivičenje kolovoza na pravcu, na ulivnim, izlivnim trakama predviđeni su izdignuti betonski ivičnjaci 18/24 cm sa nadvišenjem +12 cm.

Na mestima pešačkih prelaza preko kolovoza i na delu kolskih prilaza predviđeni su ivičnjaci 12/18cm sa nadvišenjem od +2cm. U ulici Matije Gupca postoje obostrano upravno parkiranje, pa je oivičenje na tim delovima predviđeno ivičnjacima 12/18cm sa nadvišenjem od +4cm.

3.4 Odvodnjavanje

Odvodnjavanje saobraćajnih i zelenih površina predviđeno je delom postojećim i novim zatvorenim sistemom (slivnicima).

4. DIMENZIONISANJE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Sastav posteljice

Sastav posteljice i debljine slojeva kolovozne konstrukcije utvrđeni su istražnom jamom koje je rađene na delu budućeg proširenja. Urađena je jedna istražna jama na dubine od oko 1,0 m. Šema preseka istražne jame prikazane je na slici 5.

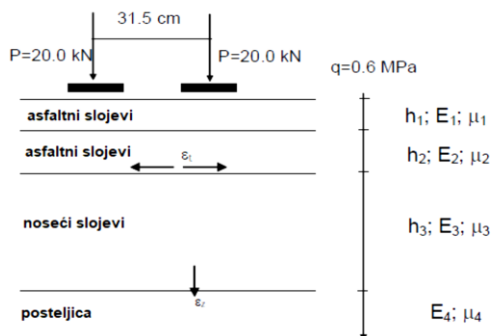
DUBINA [m]	DEBLJINA [m]	SLOJEVI	OZNAKA SLOJA	TEKSTUALNI OPIS	UZET UZORAK [m]
0,10	0,1	AS	AS	Asfaltni slojevi pešačke staze	-
0,14	0,04	NS	DK	Drobljeni kamen granulacije 0/31.5 mm, narandžasto braon boje sa učešćem peskovite komponente	-
0,29	0,15	H	H	Humuzirani prašinasto peskoviti sloj debljine 15cm, tamno braon do crne boje, sa prisustvom organskih materija, žilicama i korenjem biljaka, iz zone zelene površine od drvoreda u blizini.	-
0,59	0,3	Prp I	Prp	Prašina peskovita, sive do smeđe boje, povišene vlažnosti	P.U. 0.29-0.59
0,69	0,1	Prp II	Prp	Prašina peskovita, žute boje, povišene vlažnosti	-
0,90		PT	PT	Podtlo je sačinjeno od peskovite prašine, tamne boje (crno sive). Materijal je niske do srednje plastičnosti na osnovu ocene uzorka na licu mesta.	P.U. 0.9 N.U. 0.9

Slika 5. Šematski prikaz lokacije istražnih jama

4.1 Analiza ponašanja konstrukcije u eksploataciji

Naponsko deformacijska analiza

Za pretpostavljena rešenja izvršena je naponska deformacijska analiza pomoću programa „BISAR“, prema simulacionom modelu prikazanom na narednoj slici 6.



Slika 6. Simulacioni model za naponske analize

Rezultati proračuna su sledeći (tabela 1):

Tabela 1. Proračun dilatacija

Sloj	Sračunata dilatacija (m)	Dozvoljena dilatacija (m)
Postojeća kolovozna konstrukcija		
BNS 22sA	251 x 10 ⁻⁶	229 x 10 ⁻⁶
posteljica	287 x 10 ⁻⁶	564 x 10 ⁻⁶
Novoprojektovana kolovozna konstrukcija		
BNS 22sA	143 x 10 ⁻⁶	134 x 10 ⁻⁶
posteljica	301 x 10 ⁻⁶	448 x 10 ⁻⁶

Vrednosti sračunatih dilatacija ispunjava uslov:

$$\varepsilon_{xx}(zz) \leq 1,1 \cdot \varepsilon_{doz}$$

Na osnovu gore navedenog zaključujemo da pretpostavljeno rešenje zadovoljava u pogledu trajnosti i nosivosti kolovozne konstrukcije.

Usvojena kolovozna konstrukcija u proširenjima i kod novoprojektovanog autobusnog stajališta na km 0+090.16 je sledećeg sastava i debljine slojeva:

- asfalt beton AB11s sa PmB d=5 cm;
 - bitumenizirani noseći sloj BNS 22sA d=7 cm;
 - nevezani noseći sloj DK 0/31.5mm d=20 cm;
 - nevezani noseći sloj DK 0/63mm d=25 cm;
 - pesak d=30 cm.
- Ukupno: **d = 87 cm**

Usvojena kolovozna konstrukcija na delu pešačkih staza je sledećeg sastava i debljine slojeva:

- asfalt beton AB11 d = 4 cm;
 - bitumenizirani noseći sloj BNS 22 d = 5 cm;
 - nevezani noseći sloj DK 0/31.5mm d=20 cm.
- Ukupno: **d = 29 cm**

Usvojena kolovozna konstrukcija na delu novoprojektovanog perona je sledećeg sastava i debljine slojeva:

- prefabrikovani betonski d=6cm;
 - pesak d=4cm;
 - nevezani noseći sloj DK 0/31.5mm d=25cm.
- Ukupno: **d=35cm**

5. PREDMER I PREDRAČUN

5.1 Pripremni radovi

Iskolčavanje i obeležavanje trase i objekata

Pre početka radova potrebno je izvrši obeležavanja osovina saobraćajnica, raskrsnica i objekata. Obeležavanje će se izvršiti na osnovu plana obeležavanja iz projekta. Prilikom izvođenja radova osigurati i čuvati poligone tačke, repere i stalne tačke. Obračun izvedenih radova će se vršiti po metru dužnom iskolčene raskrsnice.

5.2 Zemljani radovi

Iskop u širokom otkopu

Rad obuhvata široke otkope svih vrsta zemljanih materijala koji su predviđeni projektom zajedno sa odvozom, odnosno guranjem otkopanog materijala u nasipe, deponije ili u deponije za razne potrebe prema nameni kako će se materijal upotrebljavati pri izvođenju radova. U te radove uključeni su svi otkopi zaseka, useka, pozajmišta, kao i široki otkopi pri izvođenju objekta.

Humuziranje ravnih i kosih površina i bankina d=20cm

Rad obuhvata zaštitu erozivnih površina kosina useka, nasipa i zelenih površina, sa zatravljanjem, odnosno humuziranjem i zatravljanjem bankina i zelenog pojasa, a prema projektu, u ovaj rad su uključeni:

- svi materijali, uključujući i utovar, prevoz i istovar,
- priprema podloge,
- sejanje i sađenje.

5.3 Izrada kolovozne konstrukcije

Priprema radnih spojeva za nastavak asfaltnih radova

Pozicija obuhvata mašinsko sečenje asfaltnih slojeva kolovozne konstrukcije odgovarajućom mehanizacijom kao i utovar u vozilo i transport do deponije.

Na delovima gde se prema projektu deo postojećeg asfaltnog kolovoza ruši, proširuje ili nastavlja, treba izvršiti mašinsko sečenje asfaltnih slojeva kolovozne konstrukcije rezačem sa neprekidnim prskanjem vodom. Linija zasecanja na površini kolovoza treba da je prava.

Nakon sečenja asfaltnih slojeva kolovoza cirkularnim rezačem, pneumatskim čekićem sa otkopnom lopaticom izvršiti rušenje asfaltnih slojeva. Kod proširenja kolovoza potrebno je izvršiti stepenasto zasecanje asfaltnog sloja (d= 6-10cm). Linija zasecanja na površini kolovoza treba da je prava

Izrada bitumeniziranog nosećeg sloja (BNS 22sA)

U ovim tehničkim uslovima navedeni su osnovni zahtevi za:

- mešavine kamenih zrna,
- bitumenska veziva i
- proizvodnju, prevoz i ugradnju bitumeniziranih mešavina

Za asfaltno noseće i habajuće slojeve kolovoznih konstrukcija na površinama namenjenim javnom saobraćaju.

Izrada bituminiziranog nosećeg sloja (BNS 22A)

U ovim tehničkim uslovima navedeni su osnovni zahtevi za:

- mešavine kamenih zrna,
- bitumenska veziva i
- proizvodnju, prevoz i ugradnju bitumeniziranih mešavina

Za asfaltno noseće i habajuće slojeve kolovoznih konstrukcija na površinama namenjenim javnom saobraćaju.

Izrada habajućeg sloja – asfalt betona (AB11s PmB)

U ovim tehničkim uslovima navedeni su osnovni zahtevi za:

- mešavine kamenih zrna,
- bitumenska veziva i
- proizvodnju, prevoz i ugradnju bitumeniziranih mešavina

Za asfaltno noseće i habajuće slojeve kolovoznih konstrukcija na površinama namenjenim javnom saobraćaju.

Izrada habajućeg sloja od asfalt betona AB 11

Pre početka radova mora se laboratorijski ispitati sav materijal koji će se upotrebiti, a što mora da bude u skladu sa tehničkim uslovima za izradu asfalt betona. Spravljanje mase vrši se savremenim asfaltnim bazama, a ugrađivanje finišeima sa potrebnim valjanjem kombinovanim gumenim i glatkim valjcima.

Transport mase vršiti vozilima - kiperima sa limenim sandukom. U toku spravljanja i ugrađivanja mase potrebno je vršiti sva kontrolna ispitivanja, ispitivanje materijala i asfaltno mase u skladu sa standardima.

6. ZAKLJUČAK

Kolovozna konstrukcija zadovoljava propisane standarde u pogledu nosivosti. Ovaj predlog rešenja kolovozne konstrukcije će zadovoljiti eksploatacione uslove na osnovu zadatog projektnog perioda i saobraćajnog opterećenja.

Svi elementi raskrsnice, širine traka, lepeze, projektovani su u skladu sa tragom merodavnog vozila (GBUS).

Analizirani su sledeći uticajni faktori za novoprojektovanu kolovoznu konstrukciju:

- svojstva materijala u posteljici;
- klimatski uslovi;
- buduće saobraćajno opterećenje.

Polazeći od rezultata analize destruktivnih uticaja prognozirano saobraćajno opterećenje iskazanih brojem ekvivalentnih standardnih osovina i agresivnosti za svaku vrstu primenjenih materijala, kao i referentnih vrednosti osnovnih mehaničkih svojstava (modul, zamor) projektovanih materijala u svakom od slojeva kolovozne konstrukcije, sprovedeno je dimenzionisanje proračun trajnosti kolovozne konstrukcije sa zastorom od asfalt betona, baziranog na konceptu „Shell Pavement Design Method 1998“.

Takođe izvršena je naponska deformacijska analiza pomoću programa „BISAR“.

Težnja je bila da se donese najbolje moguće rešenje uz što manje troškova i vodilose računa o propisanim pravilnicima.

7. LITERATURA

- [1] Uzelac Đ., Kolovozne konstrukcije, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2015
- [2] Putevi Srbije, <https://www.putevi-srbije.rs/index.php>, 2021.
- [3] Radović N. Skripta sa predavanja iz predmeta „Odabrana poglavlja iz projektovanja puteva“, Novi Sad, 2013.
- [4] Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta (Službeni glasnik RS br.-50/2012 od 08.07.2011.)”, 227.
- [5] Zakon o javnim putevima, Beograd (Službeni glasnik RS br.-101/2005)“.
- [6] Priručnik za projektovanje puteva”, Beograd 1983 (Jovan Katanić, Vojo Katanić, Mihailo Maletin) .
- [7] „Tehnička uputstva za planiranje i projektovanje gradske putne mreže (PGS-M/06)“, Beograd, novembar 2006.
- [8] „Tehnička uputstva za projektovanje lokalne gradske putne mreže (PGS-LM/08)“, Beograd, septembar 2008.

Kratka biografija:



Nina Staletović rođena je u Kraljevu 1994. god. jula 2019. godine stiče zvanje diplomiranog građevinskog inženjera na odseku za puteve, železnice i aerodrome. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz predmeta “Odabrana poglavlja iz planiranja i projektovanja gradskih saobraćajnica” odbranila je u januaru 2022. godine.

kontakt: sanis.nina@gmail.com

UTICAJI OD VERTIKALNOG SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA NA ARMIRANO-BETONSKOM GREDNOM MOSTU NA 2 POLJA**IMPACTS FROM VERTICAL TRAFFIC LOADS ON THE REINFORCED CONCRETE BRIDGE ON TWO SPANS**

Olivera Milošević, Andrija Rašeta, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su upoređeni rezultati dobijeni zadavanjem vertikalnog opterećenja armirano-betonskom grednom mostu korišćenjem evropskih normi EN 1991-2 i korišćenjem srpskog Pravilnika o tehničkim normativima za određivanje veličine opterećenja drumskih mostova iz 1991. godine.

Ključne reči: betonski most, saobraćajno opterećenje

Abstract – The works compares results obtained by applying vertical load to reinforced concrete bridge on two spans using european standard EN 1991-2 and serbian standards for traffic loads.

Key words: concrete bridge, traffic load

1. UVOD

Mostovi su posebna i specifična oblast tehnike i građevinarstva [1]. Svrha mostova jeste da spajaju razdvojene oblasti nekom preprekom i usled toga izloženi su različitim opterećenjima. Pored opterećenja od sopstvene težine, najdominantnije opterećenje je opterećenje od vozila koja prelaze most, zajedno sa njihovim dinamičkim uticajem, odnosno saobraćajno opterećenje.

Ovo opterećenje je promenljivo tokom vremena, sa uticajem različitih dinamičkih efekata i različitim kombinacijama dejstava. Uzimajući u obzir iskustvo i procenu daljeg razvoja saobraćajnih vozila i njihovih dejstava, napravljena su tipska li proračunska opterećenja koja se koriste za proračunavanje i dimenzionisanje noseće konstrukcije mosta.

Promena tipskih vozila, kontinualnog saobraćajnog opterećenja i njihove raspodele na mostu se događa kao posledica razvoja vozila, saobraćajnica i saobraćajnih uslova uopšte [2]. Predmet ovog rada jeste statička analiza armirano-betonskog rebrastog mosta na 2 polja usled dejstva vertikalnih opterećenja od saobraćaja, uzimajući u obzir i domaće propise i evropske norme.

Kao vertikalna opterećenja uzimaju se Model opterećenja 1 (LM1) kao osnovni model vertikalnog opterećenja prema Eurokodu, odnosno šema opterećenja 600 prema domaćem Pravilniku.

NAPOMENA:

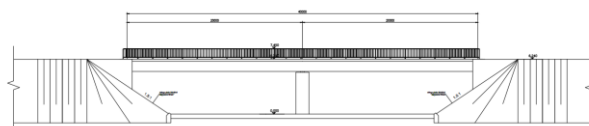
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Andrija Rašeta.

2. TEHNIČKI OPIS MOSTA

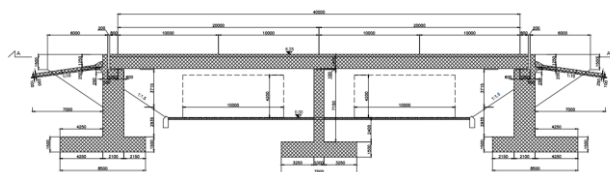
Dispozicionim rešenjem projektovan je most na 2 polja raspona 20+20 m, ukupne dužine 42 m, odnosno 43,2 m sa krilnim zidovima. U oba polja je obezbeđen potreban gabarit za saobraćajnice autoputa. Širina kolovoza na nadvožnjaku je $2 \times 2,75 + 2 \times 0,5 = 6,5$ m. Pešačke staze su po 1,65 m širine, što uz rastojanje od pešačke staze do kraja mosta od 0,25 m sa svake strane daje ukupnu širinu mosta od 10,3 m.

Statički sistem mosta je ramovska konstrukcija, armiranobetonska kontinualna greda, oslonjena preko ležišta na stubove. Poprečni presek je rebrasti, konstantne visine.

Rebra su širine 120 cm dok je sadejstvjuća ploča visine od 25 cm, uz vute na spojevima sa rebrom dimenzija 75x25 cm. Na svakih 6,7 m nalaze se poprečni nosači debljine 50 cm. Most je projektovan sa obostranim poprečnim nagibom od 2%. Nagib je obezbeđen slojem betona preko hidroizolacije, i preko njega se izvodi sloj asfalta debljine 7 cm. Na mostu se nalaze 3 vrste ležišta, koja su ankerovana u stub odnosno rebrasti nosač.



Slika 1. Bočni izgled mosta

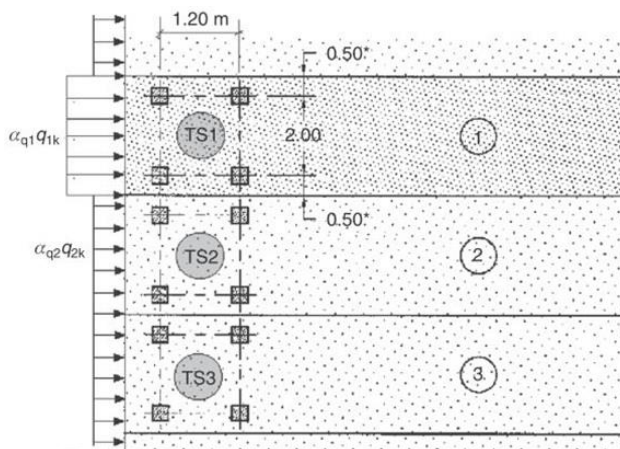


Slika 2. Presek kroz nosač

3. SAOBRAĆAJNO OPTEREĆENJE**3.1 EVROPSKI PROPISI – EN 1991-2 TRAFFIC LOADS ON BRIDGES**

Norme koje su primenjivane prilikom proračuna mosta koji je predmet ovog rada spadaju u norme koje se koriste za proračun drumskih mostova sa rasponima manjim od 200m i širinom kolovoza manjom od 42m. Širinom kolovoza smatra se unutrašnje rastojanje između ivič-

njaka, i ona se deli na najveći ceo broj nominalnih traka. Na mostu se predviđaju maksimalno 3 trake širine od 2.7 – 3m, koje su zatim opterećenje specifičnim opterećenjem, kao i preostali deo do cele širine kolovoza. Trakom 1 naziva se traka koja odgovara najnepovoljnijem efektu, sledeća najnepovoljnija naziva se Traka 2, itd.



Slika 3. Izgled Modela opterećenja 1

Model opterećenja 1 je glavni model vertikalnog opterećenja. Sastoji se od koncentrisanih sila i kontinualno raspodeljenog opterećenja, koji pokriva uticaje od uobičajenih i teških vozila.

Kao glavni model vertikalnog opterećenja uzima se Model opterećenja 1. Sadrži koncentrisane sile i kontinualno raspodeljeno opterećenje, kojim su uzeti u obzir uticaji od uobičajenih i teških vozila. Svaka od traka opterećuje se sa po 2 osoviniska tereta Q_{ik} koja se nalaze na međusobnom rastojanju od 1.2m, sa razmakom točkova od 2m, dok su dimenzije tih točkova 40x40cm. U jednoj traci može biti samo jedno dvoosovinsko opterećenje, koje se ravnomerno deli na dva točka.

Kontinualno opterećenje raspoređuje se samo u nepovoljnim delovima, koji su identifikovani kao takvi osovinskim opterećenjem ili takozvanim tandem sistemima, na površini koja zahvata trake i preostali deo. Za opterećenje jedne osovine uzima se intenzitet od 300kN za Traku 1, 200kN za Traku 2 i 100kN za Traku 3.

Za raspodeljeno opterećenje uzima se vrednost od 9kN/m² za Traku 1, i opterećenje od 2,5kN/m² za preostalu površinu. Sva opterećenja su već pomnožena dinamičkim koeficijentom.

Svaka od navedenih sila množi se odgovarajućim koeficijentom usklađivanja α_Q i α_q , koje može propisati svaka država zasebno. Ovi faktori zavise od intenziteta saobraćaja i brojčanog stanja traka na mostu i mogu se usvojiti u vrednostima od 0,8-1,0.

3.2 DOMAĆI PROPISI – PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA ODREĐIVANJE VELIČINA OPTEREĆENJA MOSTOVA IZ 1991. GODINE

Prema Pravilniku o tehničkim normativima za određivanje veličina opterećenja mostova iz 1991. godine drumski mostovi se dele na tri kategorije prema značaju puta:

- I kategorija – mostovi na auto putevima (merodavna šema 600+300)

- II kategorija – mostovi na magistralnim i regionalnim putevima i gradskim saobraćajnicama (merodavna šema 600)

- III kategorija – mostovi na svim ostalim putevima (merodavna šema 300+300 ili šema 300, u zavisnosti od širine mosta)

Kolovoz čini glavna traka, širine 3m i prostor izvan glavne trake. Glavna traka postavlja se u najnepovoljniji položaj na mostu i paralelna je sa osi mosta.

Ukoliko je konstrukcija mosta konstantna celom dužinom, odnosno jedinstvena u svim presecima duž konstrukcije, na mostu postoji samo jedna glavna traka.

Proračun se sprovodi prema računskoj šemi opterećenja mosta, u zavisnosti od kategorije predmetnog mosta. Tipskim vozilom smatra se vozilo jedinstvenog oblika, dimenzija 6x3m u podužnom pravcu, sa rastojanjem točkova od 0,5m od ivica u poprečnom smeru, na rastojanjima od 1,5m u podužnom smeru. Smatra se da vozilo ima 6 točkova, sa dimenzijama 60x20cm za vozilo V600 i 40x20cm za V300.

$p_2 = 3 \text{ KN/m}^2$		
$p_1 = 5 \text{ KN/m}^2$	 V600	$p_1 = 5 \text{ KN/m}^2$
$p_2 = 3 \text{ KN/m}^2$		

Slika 4. Šema 600+300

$p_2 = 3 \text{ KN/m}^2$		
$p_1 = 5 \text{ KN/m}^2$	 V600	$p_1 = 5 \text{ KN/m}^2$
$p_2 = 3 \text{ KN/m}^2$		

Slika 5. Šema 600

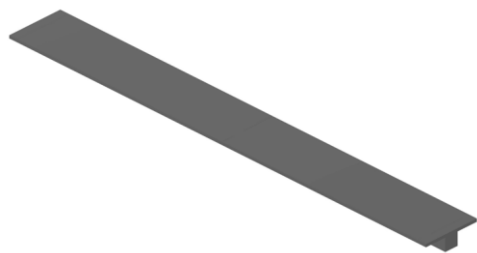
U glavnu traku postavlja se tipsko vozilo ili najteže vozilo ukoliko ih ima više. Tipsko vozilo deluje sa 6 koncentrisanih sila na mestima točkova od po 100kN za vozilo V600 i 50kN po točku za vozilo V300. Kontinualna opterećenja od 5 kN/m² i 3 kN/m² postavljaju se u glavnu traku i na svu preostalu površinu. Sva opterećenja u glavnoj traci množe se koeficijentom dinamičnosti, koji zavisi od raspona mosta.

4. NUMERIČKI MODEL

Za analizu opterećenja korišćen je programski softver „TOWER“. Za proračun u podužnom pravcu modelirana je kontinualna greda sadejstvujuće širine.

Glavni nosač modeliran je kao kontinualna greda na 2 polja, sa rasponima od po 20 m, i sa prepustima sa obe strane od 0.8 m.

Nosač je izdelfjen na 22 segmenata, i to 20 po 2 metra, i sa 2 segmenta od po 0.8 m na prepustima iza oslonaca. Svi segmenti su konstantnih poprečnih preseka.



Slika 6. 3D model u programu "Tower"

Na model su naneta opterećenja proračunata prema odgovarajućim propisima.

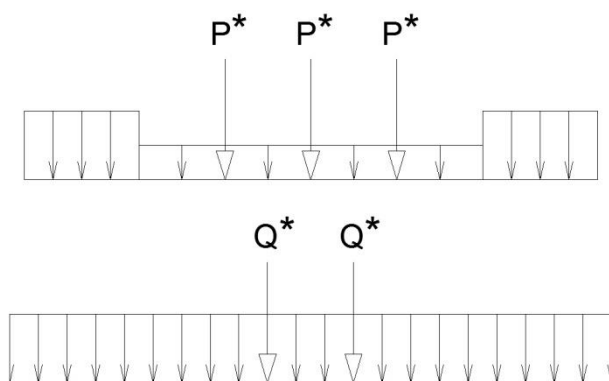
Prema Evrokodu, predmetnom mostu širine kolovoza od 6,5m odgovaraju 2 trake opterećene standardnim raspodeljenim opterećenjem i osovinskim opterećenjem pomnoženim koeficijentima prilagođavanja.

Za slučaj opterećenja uzima se Model opterećenja 1 (LM1). Posmatraju se slučaj sa $\alpha_Q=0,8$ i $\alpha_q=0,8$, s obzirom da se predmetni most nalazi na magistralnom putu, što nam daje sile:

$Q = 400$ KN (koncentrisana sila pokretnog opterećenja u jednom preseku)

$q = 38,60$ KN/m (kontinualno raspodeljeno opterećenje dužinom mosta)

Sve sile su već pomnožene dinamičkim koeficijentom, a u ove vrednosti je uračunato i opterećenje na pešačkim stazama od 2.5 kN/m².



Slika 7. Izgled saobraćajnog opterećenja

S obzirom da se predmetni most nalazi na magistralnom putu, prema domaćem pravilniku on se smatra mostom II kategorije, čija je predviđena proračunska šema 600. Računske sile sa koeficijentom dinamičnosti od $kd=1,16$ su:

Šema 600

$P=232$ KN (koncentrisana sila pokretnog opterećenja)

$p_1=44,6$ KN/m (kontinualno raspodeljeno opterećenje)

$p_2=27$ KN/m (kontinualno raspodeljeno opterećenje koje deluje samo ispod tipskog vozila)

Pokretno opterećenje prema evropskim propisima modelirano je kao opterećenje od 2 sile na rastojanju od

1,2m, dok je prema domaćem propisu modelirano kao 3 sile na rastojanju od po 1,5m. Dispozicija opterećenja u programu sastoji se od pokretnog i raspodeljenog opterećenja.

Na modelu korišćeni su različiti slučajevi opterećenja koji sadrže opterećenje preko celog nosača za maksimalne momente savijanja iznad oslonaca, ili opterećenje preko jednog polja za dobijanje maksimalnih momenata savijanja u tom polju, odnosno minimalnih momenata savijanja u drugom polju.

U Tabeli 1 prikazane su dobijene ekstremne vrednosti za jedno polje mosta.

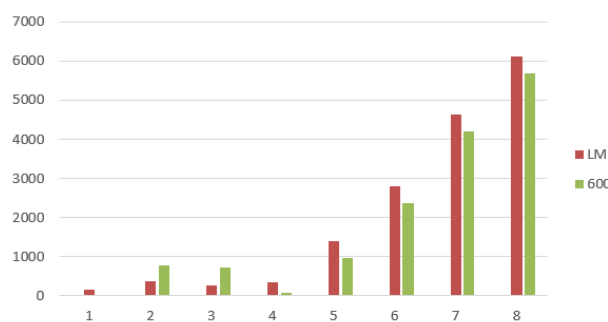
x(m)	LM1 ($\alpha=0.8$)		600	
	LM1max	LM1min	600 max	600 min
0	166.95	-115.01	13.61	-17.89
3	370.22	-248.26	789.38	648.46
6	276.46	-132.35	733.18	566.66
9	355.40	-416.74	86.77	15.89
12	1393.30	-1518.24	962.34	-1106.72
15	2803.00	-3219.20	2373.80	-2854.60
18	4640.20	-5451.20	4212.60	-5149.60
20	6105.00	-7237.20	5678.60	-6986.80

Tabela 1. Ekstremne vrednosti momenta savijanja

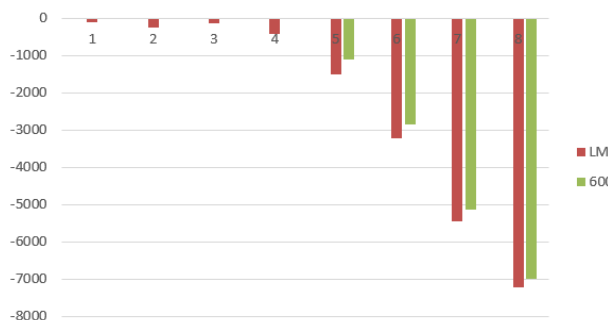
5. ZAKLJUČAK

S obzirom da je most po domaćem Pravilniku svrstan u II kategoriju, za njegovo proračunavanje koristila se šema opterećenja 600.

Poređenjem dva standarda možemo primetiti da bi za ovaj most proračunom po Eurokodu bila potrebna određena ojačanja u odnosu na domaći Pravilnik, u pogledu graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti.



Slika 8. Maksimalne vrednosti momenta savijanja



Slika 9. Minimalne vrednosti momenta savijanja

Jedno od osnovnih razlika ova dva pravilnika jeste izgled tipskog vozila, dok je druga značajna razlika ta da se u domaćem Pravilniku dinamičkim koeficijentom množe samo opterećenja u glavnoj traci, dok je prema Eurokodu taj koeficijent već uračunat. Prema domaćem Pravilniku mostove delimo na tri kategorije, dok se u Eurokodu koriste takozvani koeficijent usklađivanja α koji pravi razlike u uticajima od 0,8-1,0. Pored osnovnog modela opterećenja 1 (LM1) Eurokod sadrži i dodatne modele vertikalnog opterećenja saobraćajem. Ukoliko bi most imao veću širinu od predmetnog mosta ovog rada uključila bi se dodatna nominalna traka sa dvoosovinskim opterećenjem od 100kN.

Primeti se da su evropske norme strožije od naših i prate razvoj saobraćajnog opterećenja, odnosno prate povećanje brzine vozila kao i dinamičke uticaje na most.

Direktan uticaj na dimenzionisanje mosta ima izbor opterećenja, a samim tim primeti se uticaj na ekonomski aspekt.

Ukoliko bi se ovaj predmetni most računao po srpskim propisima, zahtevala bi se manja količina armature u obe zone.

Kratka biografija:

Olivera Milošević rođena je u Novom Sadu 1993. godine. Diplomirala na Fakultetu tehničkih nauka – Građevinski odsek u Novim Sadu 2017. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Betonski mostovi brani Januara 2022. godine.

Prof. dr Andrija Rašeta rođen je u Novom Sadu 1973. god. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka – Građevinski odsek u Novim Sadu 2002. godine. Magistrirao na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu 2010. godine. Doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka 2014. godine.

6. LITERATURA

- [1] PRŽULJ M.: Mostovi, Udruženje „Izgradnja“, Beograd, 2014.
- [2] RADIĆ J.: Konstruiranje mostova, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2005.
- [3] EUROCODE 1 (Part 2) – EN 1991-2 Actions on structures: Traffic loads on bridges, European Committee for Standardization, Bruxelles, September 2003.
- [4] PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA ODREĐIVANJE VELIČINE OPTEREĆENJA MOSTOVA, Sl. 1/91.
- [5] www.radimpex.rs

PROJEKAT VODOVODNE I HIDRANTSKE MREŽE ZA VISOKE STAMBENE OBJEKTE NA PRIMERU „SKYLINE – KULA A“**WATER SUPPLY AND HYDRANT NETWORK PROJECT FOR HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS ON THE EXAMPLE OF “SKYLINE – TOWER A”**

Vladimir Trebovac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su izložene metode koje se koriste za projektovanje vodovodne i hidrantske mreže za visoke stambene objekte. Za dimenzionisanje mreže korišćena je Brix-ova metoda, kao i softverski paket EPANET. Na osnovu analiziranja kritičnih tačaka mreža je podeljena po zonama i za svaku zonu određeno postrojenje za povišenje pritiska.

Ključne reči: Projektovanje vodovodne i hidrantske mreže, Postrojenje za povišenje pritiska, EPANET, Metoda J. Brix-a.

Abstract – The project presents methods used for design of water supply and hydrant network installations for high-rise residential buildings. The Brix method was used for sizing the network, as well as the EPANET software package. Based on the analysis of critical points, the network is divided into zones and a pressure boosting plant is determined for each zone.

Keywords: Water supply, Hydrant network, Pressure boosting plant, EPANET, J. Brix Method.

1. UVOD

Poslovno stambeni kompleks „Skyline Belgrade” nalazi se u Beogradu na teritoriji opštine Savski venac, između ulica Kneza Miloša, Drinske, Sarajevske i Durmitorske. Kompleks se sastoji od četiri objekta sa zajedničkom garažom koja čini podzemni deo kompleksa. Nad garažom, objekti su na nivou Ulice kneza Miloša spojeni zajedničkim trgom i uređenom slobodnom površinom. Od četiri objekta koja čine kompleks, tri spadaju u kategoriju visokih objekata-kula (Slika 1.2), a to su:

- Stambeno-komercijalna kula A
- Stambeno – komercijalna kula B
- Poslovna Kula C

Tema ovog rada bazirana je na stambeno-komercijalnoj kuli A, koja je pored garaže planirana u izgradnji prve faze. Objekat se nalazi uz ulice Sarajevka i Drinska i spada u kategoriju visokih objekata spratnosti P+24. Predviđene konstruktivne visine su 320 cm za stambene spratove, odnosno 640 cm za ulaz na nivou trga. Na

prizemlju je smešten bazen koji se projektuje u sivoj fazi, namenjen stanarima kompleksa.



Slika 1.2 – 3D model poslovno stambenog kompleksa „Skyline Belgrade“

Uz ulaz sa recepcijom na nivou platoa, predviđeni su komercijalni sadržaji. Sav ostali prostor namenjen je stanovanju, od prvog do 24 sprata. Stanovi su različite struktura od dvosobnih do četvorosobnih i stanova tipa „panthouse” na poslednje tri etaže kule. Broj stanova po spratu varira od 2-10, sve u zavisnosti od spratnosti i strukture stana. Na kuli ima ukupno 134 stana.

2. VODOVODNA MREŽA**2.1 Unutrašnja vodovodna mreža**

Vodovodna mreža od priključka u Ulici kneza Miloša ulazi u tehničku prostoriju G.T.G1.3 u garaži, gde je obezbeđen prostor za smeštaj vodomera za sanitarnu mrežu svih objekata koji pripadaju kompleksu. U kuli A, vodovodna mreža je razdvojena na sanitarnu mrežu za stanove, mrežu potrebnu za bazen i spa, kao i posebnu mrežu za potrebe lokala. Od tehničke prostorije u kojoj su smešteni vodomeri, sanitarna mreža se vodi u plafonu, na etaži -1 garaže, sve do prostorije G.T.G1.15, gde su smeštena postrojenja za povišenje pritiska.

3. HIDRAULIČKI PRORAČUN UNUTRAŠNJE SANITARNE MREŽE**3.1 Metod J. Brix-a**

Svako točeće mesto troši određenu količinu vode, koja protiče u određenoj deonici cevovoda, što izražavamo

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Srđan Kolaković.

kroz broj jedinica opterećenja ili skraćeno J.O., koje se uvode kako bi se pojednostavio proračun. Jedna J.O. predstavlja količinu vode koja protiče pri punim mlazom kroz cev prečnika Ø15mm i pod pritiskom od 5 bara. Kod stambenih objekata sa sličnim režimom potrošnje vode, potrebna količina vode za objekat i dimenzionisanje mreže se određuje prema broju jednovremenog rada točućih mesta u objektu.

Na osnovu iskustva i merenja, inženjer Brix je došao do veoma prekičnog izraza koji se uglavnom koristi u praksi, a kojim se definiše odnos između potrebne količine vode, jedinica opterećenja i broja jednovremenog rada točućih mesta. Merodavni proticaji za dimenzionisanje cevi kućnog vodovoda se određuju jednačinom:

$$q = 0,25 \cdot \sqrt{\sum J.O.} \quad (l/s)$$

Za dimenzionisanje cevi koristi se metoda DVGW (Tabela 3.4), za otpore u metrima vodenog stuba na jedinici dužine cevovoda (I_E), uključujući otpore u kolenima, račvama i ventilima, ali bez otpora u vodomeru. Ispod svake „č“ čelične cevi, odnosno „p“ cevi od plastične mase, bakra i olova, dati su unutrašnji prečnici u mm. Podvučene vrednosti odgovaraju brzini vode od 2,5 m/s koju ne treba prekoračivati.

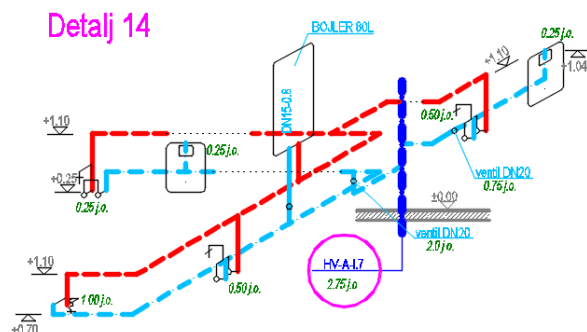
Tabela 3.4. Otpori u metrima vodenog stuba po jedinici dužine cevovoda

zbir j.p.	q (l/s)	Oznaka prečnika															
		č 15	p 16	č 20	p 20	č 25	p 25	č 32	p 32	č 40	p 40	č 50	p 50	č 63	p 63	č 80	p 80
0,5	0,18	0,39	0,15	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01									
1	0,25	0,78	0,29	0,16	0,09	0,05	0,03	0,01	0,01								
1,5	0,31	1,18	0,44	0,25	0,13	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01							
2	0,35	1,57	0,59	0,33	0,18	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01							
2,5	0,40	1,96	0,73	0,41	0,22	0,12	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01						
		2,35															
3	0,43	3,13	0,88	0,49	0,26	0,15	0,08	0,04	0,03	0,01	0,01						
4	0,50		1,18	0,66	0,35	0,20	0,11	0,05	0,04	0,02	0,01						
5	0,56			0,82	0,44	0,24	0,13	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01					
6	0,61			0,98	0,53	0,29	0,16	0,08	0,06	0,02	0,01	0,01					
7	0,66			1,15	0,61	0,34	0,18	0,09	0,07	0,03	0,01	0,01					
8	0,70			1,31	0,70	0,39	0,21	0,10	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01				
9	0,75			1,48	0,79	0,44	0,21	0,11	0,09	0,03	0,02	0,01	0,01				
10	0,79			1,64	0,88	0,49	0,26	0,13	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01				
12	0,87			1,97	1,05	0,59	0,32	0,15	0,12	0,05	0,02	0,01	0,01				
14	0,94			2,30	1,23	0,68	0,37	0,18	0,14	0,05	0,03	0,02	0,01				
16	1,00					0,78	0,42	0,20	0,16	0,06	0,03	0,02	0,01				
18	1,06					0,88	0,47	0,23	0,18	0,07	0,04	0,02	0,01				
20	1,12					0,98	0,53	0,25	0,20	0,08	0,04	0,02	0,01				
25	1,25					1,22	0,66	0,32	0,25	0,09	0,05	0,03	0,02				
30	1,37					1,46	0,79	0,38	0,29	0,11	0,06	0,03	0,02				
35	1,48							0,45	0,34	0,13	0,07	0,04	0,02				
40	1,58							0,51	0,39	0,15	0,08	0,05	0,02				
45	1,68							0,57	0,44	0,17	0,09	0,05	0,03				
50	1,77							0,64	0,49	0,19	0,10	0,06	0,03				
60	1,94							0,77	0,59	0,23	0,11	0,07	0,04				
70	2,09							0,89	0,69	0,27	0,14	0,08	0,04				
80	2,24							1,02	0,79	0,30	0,16	0,09	0,05				
90	2,37							1,15	0,89	0,34	0,18	0,10	0,06				
100	2,50									0,38	0,20	0,11	0,06				
120	2,74									0,45	0,23	0,14	0,07				
140	2,96									0,53	0,29	0,16	0,09				
160	3,16									0,61	0,33	0,18	0,10				
180	3,35									0,68	0,37	0,20	0,11				
200	3,54									0,76	0,41	0,23	0,12				
250	3,95											0,28	0,15				
300	4,33											0,34	0,19				

3.2 Hidraulički proračun prve zone

Za svaki sanitarni čvor na vertikalama određen je broj jedinica opterećenja (J.O.), pa tako zbir svih potrošača na prvoj zoni sanitarne mreže iznosi 438,25 J.O. Na osnovu analize vertikala prema broju jedinica opterećenja, za prvu deonicu prema kojoj je rađen proračun uzima se čvor na vertikali označenoj kao HV-A-I.7. Sanitarni čvor od kojeg kreće da se radi proračun se nalazi na najudaljenijem i najvišem visinskom položaju prve zone. Na aksonometrijskoj šemi (Slika 3.5), prikazan je

raspored jedinica opterećenja prema vrsti točućeg mesta. Za svakog potrošača određena je J.O., pa tako dolazimo do ukupnog broja od 2,75 J.O. za detalj 14.

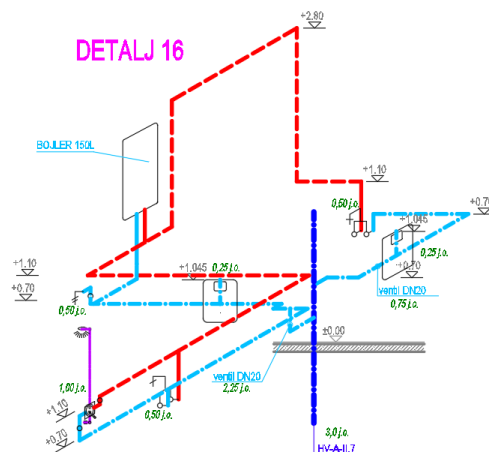


Slika 3.5. Aksonometrijska šema sanitarnog čvora deonice 1-2

Na osnovu dimenzionisanja vodovodne mreže prve zone od najvišeg teoćućeg mesta do priključka na spoljnu mrežu, dolazimo do potrebnog pritiska na vodovodnom priključku.

3.2 Hidraulički proračun druge zone

Za svaki sanitarni čvor na vertikalama određen je broj jedinica opterećenja (J.O.), pa tako zbir svih potrošača na drugoj zoni sanitarne mreže iznosi 358,50 J.O. Na osnovu analize vertikala prema broju jedinica opterećenja, za prvu deonicu prema kojoj je rađen proračun uzima se čvor na vertikali označenoj kao HV-A-II.7. Sanitarni čvor od kojeg kreće da se radi proračun se nalazi na najudaljenijem i najvišem visinskom položaju druge zone. Na aksonometrijskoj šemi (Slika 3.9), prikazan je raspored jedinica opterećenja prema vrsti točućeg mesta. Za svakog potrošača određena je J.O., pa tako dolazimo do ukupnog broja od 3,00 J.O. za detalj 16.



Slika 3.9 – Aksonometrijska šema sanitarnog čvora deonice 1-2

Na osnovu dimenzionisanja vodovodne mreže druge zone od najvišeg teoćućeg mesta do priključka na spoljnu mrežu, dolazimo do potrebnog pritiska na vodovodnom priključku.

3.3 Postrojenje za povišenje pritiska

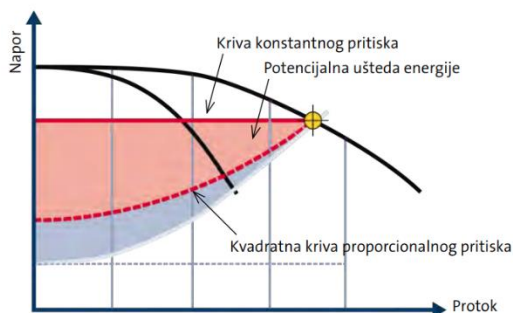
Pumpe za povišenje pritiska se dimenzionišu na osnovu proračunate statičke visine i dinamičkih gubitaka. Statički napor se određuje kao visina zone podizanja pritiska. Drugim rečima, statički napor je uvek prisutan bez obzira na potrošnju vode.

Sa druge strane, dinamički gubici zavise od protoka vode. Što je veći protok u sistemu, više je dinamičkih gubitaka u cevovodu i priključcima. Ukupan napor sistema za povišenje pritiska mora savladati statičku visinu, dinamičke gubitke kao i nadpritisak na poslednjem točjećem mestu.

Postrojenja za povišenje pritiska treba da poseduju frekventni regulator pritiska, koji reguliše snagu rada pumpe pri promenama u protoku usled neravnomerne potrošnje vode u mreži. Primer takvog sistema su pumpe iz serije Hydro MPC proizvođača Grundfos, koji standardno dolazi sa režimom proporcionalnog pritiska, a može raditi i bez udaljenih senzora u sistemu.

U ovom slučaju, regulator radi na osnovu senzora koji je postavljen u izlaznu razvodnu granu sistema za povišenje pritiska. Kada se regulator programira uz procenat frikcionog napora i traženi režim adaptacije, on će automatski prilagoditi napor kako bi nadoknadio frikzione gubitke primećene u sistemu.

Grundfos Hydro MPC može raditi u dva različita režima proporcionalnog pritiska: linearnoj adaptaciji na dinamičke gubitke i kvadratnoj koja simulira stvarne uslove sistema sa udaljenim senzorom. Crveno područje predstavlja potencijalnu uštedu energije postignute uz kvadratni proporcionalni pritisak Slika 3.11.



Slika 3.11. Potencijalna ušteda energije primenom kvadratnog proporcionalnog pritiska

4. HIDRAULIČKI PRORAČUN UNUTRAŠNJE HIDRANTSKE MREŽE

4.1 Proračun prve zone hidrantske mreže

Prema članu 20 (Sl. glasnik br. 3/2018), za ovu vrstu i visinu objekta predviđen je istovremeni rad pet unutrašnjih hidranata ($Q=5 \times 2,5=12,5$ l/s).

Analizom rada pet unutrašnjih hidranata na različitim pozicijama i vertikalama, ispostavlja se da je najnepovoljniji slučaj raspored hidranata na vertikali PV-A-I.1, počev od najugroženijeg hidranta na 11. spratu pa na niže do 7. sprata.

Proračun za najkritičniju tačku i dimenzionisanje hidrantske mreže je rađeno u softverskom paketu EPANET-u. Mreža je modelovana na osnovu aksonometrijske šeme, gde je iz programa AutoCAD prebačena u EPANET.

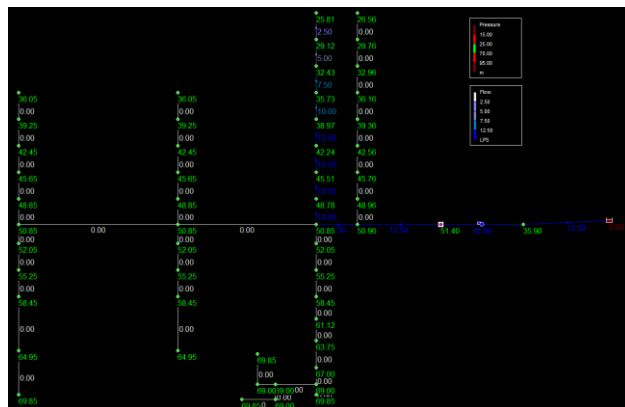
Postrojenje za povišenje pritiska se dimenzioniše na osnovu razlike potrebnog pritiska na vodovodnom priključku i garantovanog pritiska u spoljnoj mreži.

Određivanje gubitaka u hidrantskoj mreži, počev od najugroženijeg hidrantskog priključka na 11. spratu prikazano je u Tabeli 5.5.

Tabela 5.5 Određivanje gubitaka na hidrantskoj mreži

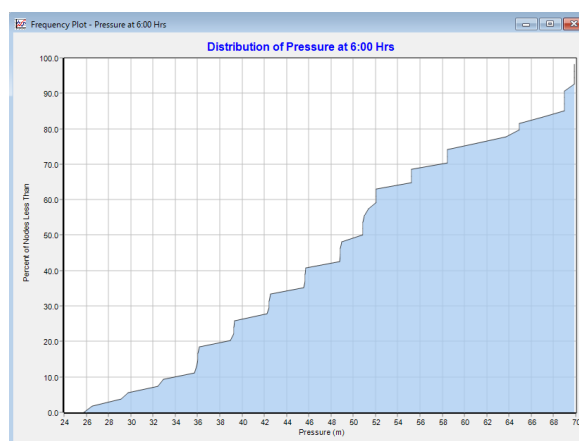
Deonica	JO	L (m)	D_{uv} (mm)	Q (l/s)	v (m/s)	I (m/m)	DH _i (m)
1-2	100	3.2	50	2.50	1.274	0.11	0.352
2-3	400	3.2	65	5.00	1.508	0.06	0.192
3-4	900	3.2	80	7.50	1.493	0.04	0.128
4-5	1600	3.2	100	10.00	1.274	0.01	0.032
5-6	2500	3.2	100	12.50	1.592	0.02	0.064
6-7	2500	47.9	100	12.50	1.592	0.02	0.958
7-8	2500	187	100	12.50	1.592	0.02	3.740

Na Slici 5.9, prikazan je raspored pritiska u mreži za slučaj rada svih pet hidranata, na najnepovoljnijem mestu, uz projektovano postrojenje za povišenje pritiska. Raspored pritiska je u dozvoljenoj granici od 2,5-7,0 bara.



Slika 5.9. Raspored pritiska u hidrantskoj mreži uz rad postrojenja za povišenje pritiska

Za simulaciju požara u trajanju od dva sata, raspored pritiska na hidrantima pri protoku od 12,5 l/s prikazan je na Slici 5.11.



Slika 5.11. Raspored pritiska na hidrantima pri protoku 12,5 l/s

4.2 Proračun druge zone hidrantske mreže

Prema članu 20 (Sl. glasnik br. 3/2018), za ovu vrstu i visinu objekta predviđen je istovremeni rad pet unutrašnjih hidranata ($Q=5 \times 2,5=12,5$ l/s).

Analizom rada pet unutrašnjih hidranata na različitim pozicijama i vertikalama, ispostavlja se da je najnepovoljniji slučaj raspored hidranata na vertikali PV-A-II.1, počev od najugroženijeg hidranta na 24. spratu pa na niže do 20. sprata.

Proračun za najkritičniju tačku i dimenzionisanje hidrantske mreže je rađeno u softverskom paketu EPANET-u. Mreža je modelovana na osnovu aksonometrijske šeme, gde je iz programa AutoCAD prebačena u EPANET.

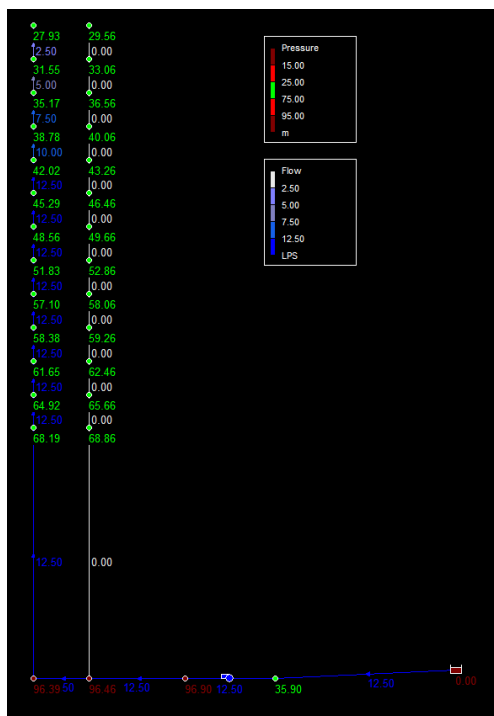
Postrojenje za povišenje pritiska dimenzioniše se na osnovu razlike potrebnog pritiska na vodovodnom priključku i garantovanog pritiska u spoljnoj mreži.

Određivanje gubitaka u hidrantskoj mreži, počev od najugroženijeg hidrantskog priključka na 24. spratu prikazano je u Tabeli 5.7.

Tabela 5.5. *Određivanje gubitaka na hidrantskoj mreži*

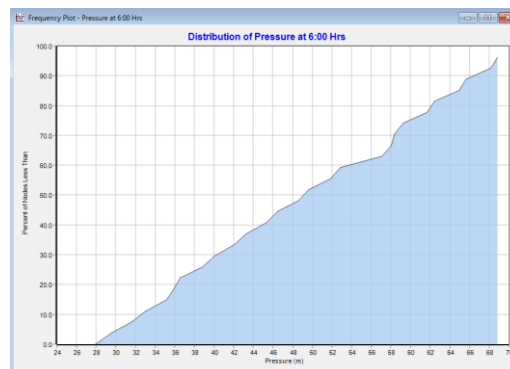
Deonica	JO	L (m)	D _{uv} (mm)	Q (l/s)	v (m/s)	i (m/m)	DH _i (m)
1-2	100	3.5	50	2.50	1.274	0.11	0.385
2-3	400	3.5	65	5.00	1.508	0.06	0.210
3-4	900	3.5	80	7.50	1.493	0.04	0.140
4-5	1600	3.2	100	10.00	1.274	0.01	0.032
5-6	2500	3.2	100	12.50	1.592	0.02	0.064
6-7	2500	87.3	100	12.50	1.592	0.02	1.746
7-8	2500	187	100	12.50	1.592	0.02	3.740

Na Slici 5.14, prikazan je raspored pritisaka u mreži za slučaj rada svih pet hidranata, na najnepovoljnijem mestu, uz projektovano postrojenje za povišenje pritiska. Raspored pritisaka je u dozvoljenoj granici od 2,5-7,0 bara.



Slika 5.14. *Raspored pritisaka u hidrantskoj mreži uz rad postrojenja za povišenij pritiska*

Za simulaciju požara u trajanju od dva sata, raspored pritisaka na hidrantima pri protoku od 12,5 l/s prikazan je na Slici 5.16.



Slika 5.16. *Raspored pritisaka na hidrantima pri protoku 12,5 l/s*

5. ZAKLJUČAK

Prilikom projektovanja vodovodne mreže za visoke objekte, dolazimo do velikih vrednosti statičkih visina, koje pumpe treba da savladaju. Pored statičke visine i nadpritiska, pumpe moraju savladati dinamičke gubitke koji zavise od količine protoka vode.

Sa aspekta uštede energije, bitno je odabrati postrojenja za povišenje pritiska sa režimom proporcionalnog pritiska, gde se pritisak smanjuje pri niskom a povećava pri visokom protoku kako bi se kompenzovala vrednost dinamičkih gubitaka.

6. LITERATURA

- [1] Dr. Dejan Ljubisavljević, Mr Branislav Babić, Mr Aleksandar Đukić, Mr Branislava Jovanović; „Komunalna hidrotehnika primeri iz teorije i prakse“, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2010.
- [2] EPANET 2 – Software documentation, September 2000.
- [3] Pravilnik o tehničkim normativima za instalacije hidrantske mreže za gašenje požara (“Sl. glasnik RS”, br. 3/2018).

Kratka biografija:



Vladimir Trebovac rođen je u Prijedoru 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Komunalna hidrotehnika odbranio je 2021. god.

kontakt: trebovac.vladimir@gmail.com

**METHOD STATEMENT ZA IZRADU PODZEMNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽE
KRANA ZA OBJEKAT PALATA PRAVDE SRBIJE U NOVOM SADU****METHOD STATEMENT FOR CONSTRUCTING UNDERGROUND CONSTRUCTION
AND CRANE INSTALLATION FOR THE FACILITY OF THE PALACE OF JUSTICE OF
SERBIA IN NOVI SAD**

Vojislav Bojović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRADEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada jeste da se prikaže Method statement za izradu podzemne konstrukcije i montažu kрана. Kao što je već navedeno objekat je ugovoren prema Fidic-u i u samom prikazu Method statement-a će se stvoriti veoma jasnija slika o samom objektu kao i načinu na kojem će biti izvedeni radovi.

Ključne reči: *Fidic, Method Statement, podzemna konstrukcija, kрана.*

Abstract- *The aim of this paper is to present the Method statement for the construction of an underground structure and the installation of a crane. As already mentioned, the facility has been contracted according to Fidic, and in the presentation of the Method statement, a very clearer picture of the facility itself will be created, as well as the way in which the works will be performed.*

Keywords: *Fidic, Method Statement, underground structure, Crane.*

1. UVOD

Predmet ovog rada jeste prikaz Method statement-a objekta Palata pravde Srbije u Novom Sadu. Objekat je ugovoren prema Fidic standardima.

Zbog visokih cena gradskog prostora i skućenog prostora kao u ovom slučaju danas se mnoge građevine u urbanim sredinama planiraju izvesti s jednom, najčešće s dve i više podzemnih etaža.

Objekat će biti prvi zeleni objekat u pravosudnom sistemu Srbije.

2. FIDIC I PRIMENA NA DOMAĆEM TRŽIŠTU

Prilikom primene ovih opštih uslova ugovora na domaćim projektima, posebnu pažnju treba obratiti na odnos imperativnih odredbi domaćeg zakonodavstva i odredbi FIDIC- ovih opštih uslova, koje međusobno treba uskladiti.

2.1. O FIDIC-u

FIDIC je francuski akronim za Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils, što znači Međunarodni savez inženjera konsultanata.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red. prof.

Osnovali su ga Francuska, Belgija i Švajcarska 1913. godine. Trenutno sedište FIDIC-a je u Ženevi, Švajcarska i ima članice u preko 100 država.

Od osnivanja, osnovna aktivnost FIDIC-a jeste izdavanje međunarodnih standardnih formi Ugovora. Prva standardna forma Ugovora je objavljena 1957. godine pod naslovom Forma ugovora za Građevinske radove. Postala je poznata po boji korica i nazvana je "Crvena Knjiga". Od tada je postala tradicija da se FIDIC Ugovori prepoznaju prema boji korica.

Zbog široke podrške koju FIDIC Uslovi Ugovaranja imaju, oni su prihvaćeni od svih većih međunarodnih finansijskih institucija. Zbog toga su Ugovori koji se najviše koriste na internacionalnim projektima. Obično se FIDIC Uslovi Ugovaranja sastoje od dva dela: Deo A je poznat kao Opšti Uslovi Ugovaranja, a Deo B je poznat kao Posebni Uslovi Ugovaranja.

Deo A ili Opšti Uslovi Ugovaranja definišu raspodelu rizika između Ugovornih Strana. Tačnije, definišu se prava i obaveze svake Ugovorne Strane, procedure za plaćanja, varijacije, sertifikate, rešavanje sporova itd. Njih izdaje FIDIC i ne bi trebalo da se menjaju.

Dakle, sve promene, dodavanje/oduzimanje i dopunjavanje Opštih Uslova Ugovaranja treba vršiti putem Posebnih Uslova Ugovaranja.

Deo B ili Posebni Uslovi Ugovaranja definišu posebne uslove koji su specifični za Projekat ili Državu u kojoj se radovi izvode. Koriste se za dodavanje/oduzimanje i izmenu Opštih Uslova Ugovaranja. Svrha Posebnih Uslova Ugovaranja je da definiše sve ono što nije moglo biti definisano Opštim Uslovima Ugovaranja.

2.2 Vrste FIDIC-ovih opštih uslova ugovora

FIDIC-ovi opšti uslovi ugovora koncipirani su sa idejom da se na globalnom nivou definišu i utvrde uniformna pravila koja bi sadržala uobičajene elemente građevinskog posla. Prednosti zaključivanja takvih standardnih, tipskih ugovora su višestruke: pojeftinjenje procesa zaključivanja ugovora, povećanje poverenja izvođača u ugovor, smanjenje broja nepredviđenih situacija i protivrečnosti, predviđanje rešenja za veliki broj spornih situacija koje se mogu pojaviti prilikom realizacije konkretnog projekta. S druge strane, mana ovih opštih uslova ugovora odnosi se na činjenicu da je reč o ugovorima po pristupu koji zahvaljujući mehanizmima licitacionih postupaka predviđaju da, konkretno izdanje FIDIC- a, predstavlja sastavni deo ugovorne dokumentacije, bez mogućnosti

značajnih izmena ili dopune istih od strane potencijalnih ponuđača.

2.3 Način ugovaranja i pravna priroda

Opšti uslovi poslovanja predstavljaju skup pravila, sadržanih u ugovoru ili aktu izvan njega, prethodno pripremljenih u pisanom obliku, od jedne strane, koje su pritom izvor ovlašćenja i obaveza za obe strane. Oni se razlikuju od adhezionih ugovora, jer kad su drugoj strani ponuđeni opšti uslovi poslovanja, ona može slobodno da predloži njihove izmene i dopune, tj. pogodbe koje joj više odgovaraju.

U smislu navedenog, FIDIC-ovi opšti uslovi ugovora su oni koji su kao takvi objavljeni od strane FIDIC-a, kao nezavisne, stručne i profesionalne organizacije. Njihovom primenom se uređuju odnosi dveju strana, koje sa FIDIC-om (kao profesionalnim udruženjem, organizacijom) ne stoje ni u kakvoj pravnoj vezi, te ih predlaže naručilac posla. Međutim, njihova sadržina najčešće nije u potpunosti adekvatna specifičnim okolnostima jednog projekta. Zato su opšti uslovi ugovora, kao što smo to ranije naveli, praćeni posebnim uslovima “particular conditions/special conditions” kojim se opšti uslovi menjaju, prilagođavaju ili isključuju. Tehnika izmena koje sadrže “particular conditions”, odnosno posebni uslovi je takva da se u tim posebnim uslovima navede član iz opštih uslova koji se menja, a zatim i vrsta promene, tako da bude izvesno da li je priroda promene takva da se član briše, ili da se menja samo jedan deo, npr. “Sub Clause 4.1. shall be amended as follows...”, “Clause 17 shall be deleted in its entirety” i sl.

2.4 Primena FIDIC-ovih opštih uslova ugovora na domaćem tržištu

Noviji FIDIC-ovi opšti uslovi ugovora, iz 1995. godine, su izmenili koncept, delimično u pogledu ovlašćenja “inženjera”, delimično u materiji rešavanja sporova. Svakako, pre nego što se osvrnemo na materiju rešavanja sporova, primena ovih opštih uslova na domaćem tržištu, iziskuje posebnu pažnju kada se uloga “inženjera” stavi u kontekst nadzora nad izvođenjem radova koje predviđa domaće zakonodavstvo. “Prima facie” jasno se može uočiti da uloga “inženjera” ne može da se upodobi nadzornom organu koji je predviđen domaćim Zakonom o planiranju i izgradnji, kako zbog njegovih ovlašćenja da odlučuje o zahtevima i potraživanjima izvođača prema naručiocu, tako i zbog prirode celokupne uloge koju on ima tokom realizacije ugovora.

Zato, kada se ugovara primena FIDIC-a u Srbiji, gotovo i nije moguće „inženjera“ podvesti pod instituciju nadzora nad izvođenjem radova, a da se pri tome ne prevaziđu ovlašćenja nadzornog organa koja on ima prema Zakonu o planiranju i izgradnji, ili da se pak ne umanje ona ovlašćenja koje „inženjer“ ima prema FIDIC-ovim opštim uslovima bez kojih bi on izgubio ulogu koju mu je FIDIC dao. Zato se redovno, na domaćim projektima koji su zasnovani na FIDIC-ovim opštim uslovima, pojavljuju paralelne institucije nadzora, od kojih je jedan obavezan, u skladu sa odredbama Zakona o planiranju i izgradnji, dok je drugi “inženjer” ugovornog karaktera, i pojavljuje se u međusobnim odnosima ugovornih strana. Da bi se izbegle situacije u koje izvođač može zapasti usled naloga

i ovlašćenja “inženjera” i nadzornog organa koji su kontradiktorni, neophodno je ugovoriti odredbu prema kojoj naručilac i izvođač regulišu svoje odnose povodom takvih naloga tako što nalozi nadzornog organa imaju prednost nad nalogima “inženjera”, što je i logično, s obzirom da su oni kao takvi obavezni.

Kao što smo pomenuli, izmene u domenu “inženjera” koje su izvršene u izdanjima iz 1995. godine, odnosno 1999. godine, odrazile su se i na materiju rešavanja sporova. Celokupan postupak za rešavanje sporova sada je podeljen u tri faze. Kako o spornim pitanjima, u prvoj instanci i dalje odlučuje “inženjer”, uz kasniji postupak pred DAB-om i arbitražom, radilo bi se o trostepenom postupku. Tako, prema članu 20.1 svih opštih uslova iz 1999. godine, izvođač mora da se obrati “inženjeru”.

3. METHOD STATEMENT PREMA FIDIC-U

Method statement je dokument koji detaljno opisuje način na koji će se radovi izvesti na bezbedan način i odgovarajućeg kvaliteta. Pored naziva method statement, koriste se još i nazivi: uputstvo za rad, izjava o načinu rada, postupak rada itd. Često je sastavni deo tenderske dokumentacije, s obzirom na to da daje uvid u način na koji ponuđač planira da organizuje izvođenje radova za koje bi bio angažovan, tako da ispuni zahtevani kvalitet.

Jedan od glavnih ciljeva method statement-a jeste da se na jednostavan način, postepeno, razradi postupak svih aktivnosti, tako da izvođenje na gradilištu bude razumljivo i sprovedeno uz minimalni nadzor, bez greške ili uz njihovo minimiziranje. U građevinarstvu, method statement koriste i investitori, kako bi bolje razumeli mogućnosti potencijalnih ponuđača.

Pre izvođenja radova na pojedinim pozicijama od izvođača se traži da dostavlja method statement ili metodologiju izvođenja radova. Method statement se radi neposredno pre podugovaranja radova, kada su definitivno poznati materijali koji se ugrađuju na konkretnim pozicijama radova. Sastavljanje method statement-a je slično sastavljanju obrasca koji sadrži tehničke specifikacije.

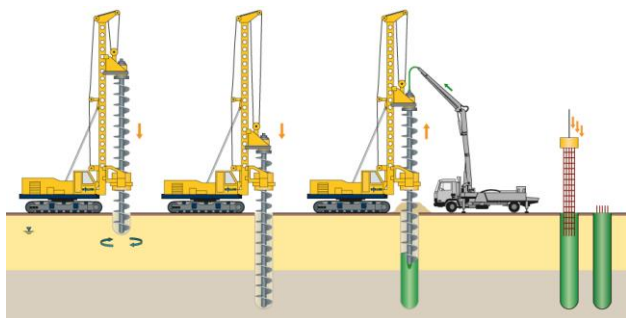
Method statement sadrži:

- Relevantne standarde,
- Opis materijala koji će biti ugrađen,
- Načine izvođenja radova i
- Način vršenja kontrole.

Pored navedenog, tamo gde je potrebno, method statement sadrži slike ili skice, u cilju pojašnjenja situacija, koje se mogu javiti na samom gradilištu. Na slici 1, ilustrovan je primer tehnologije i redosled operacija pri postavljanju bušenih šipova. Prvo se buši svrdlom do potrebne dubine, potom se injektira beton i na kraju se postavlja armaturni koš.

Veoma je važno da se izvođač radova strogo pridržava uputstava koja su predviđena method statement-om, radi postizanja predviđenog kvaliteta izgradnje i poštovanja uslova koje predviđa investitor.

U poglavljima IV i V, detaljno je opisan, a potom i tabelarno prikazan method statement za izradu podzemne konstrukcije i montažu kрана.



Slika 1. *Primer tehnologije i redosled operacija pri postavljanju bušenih šipova*

4. PRIMER 1 – METHOD STATEMENT ZA IZRADU PODZEMNE KONSTRUKCIJE

4.1 Opis aktivnosti i tehnologije rada

U skladu sa Projektom za izvođenje, radovi na realizaciji podzemne konstrukcije će se realizovati u XI. faza.

- Faza I - pripremni radovi:
- Faza II – radovi na snižavanju nivoa podzemne vode
- Faza III - Radovi na koti +75,95 mm – armiranobetonске dijafragme
- Faza IV – Radovi na koti +75,95 mm – armiranobetonски šipovi
- Faza V – Iskop unutar dijafragmi do kote +72,45 mm
- Faza VII – Radovi na razupiranju dijafragmi
- Faza VIII – Iskop unutar dijafragmi do kote fundiranja
- Faza IX – Ispitivanje nosivosti šipova.
- Faza XI – Izvođenje armiranobetonске konstrukcije do kote +/-0,00.

4.2 Mehanizacija

Za izvođenje ovih radova predviđena je sledeća mehanizacija:

1. Buldožer KOMATSU D65EX-15EO
2. Utovarivač točkaš KOMATSU WA 470-6
3. Rovokopač-utovarivač JCB 4CX 14HWM
4. Kiper MERCEDES BENZ ACTROS 3340K - 2 kom
5. Hidraulična autodizalica GROVE GMK 2035 E
6. Mašina za bušenje šipova FRASTE Multidrill XL 170.
7. Pumpa za vodu SAER S151 A/3 - 10 kom.
8. Materijal (tucanik, beton, armatura) – prevoz vrši dobavljač
9. Ručni vibro valjak BOMAG BW 75S
10. Hidraulični rovokopač CATERPILLAR 320BL
11. Mašina za bušenje šipova MAIT HR 180
12. Pumpa za beton - MAN/SCHWING 26 360-S395X

4.3 Mere za bezbedan i zdrav rad

Osnovni pojmovi zaštite na radu

Zaštita na radu podrazumeva mere bezbednosti na radu, a to su sva ona sredstva koja se preduzimaju u procesu rada da bi se sprečilo povređivanje radnika koji obavljaju poslove, a nisu deo tehnološkog postupka u stvaranju procesa rada i stvaranja proizvoda.

Uslovi rada mnogo utiču na zdravlje radnika, kako fizičko, tako i psihičko. Radni prostor treba da ispunjava

uslove za udoban rad, kao što stambeni prostor treba da ispunjava uslove za zdrav život.

Pravilnik o zaštiti na radu prilikom izvođenja građevinskih radova je dokument kojim se propisuju mere za zaštitu na radu. Mere su posebno propisane za primenu u građevinarstvu i one odgovaraju uslovima u kojima se obavljaju radovi. Postoje mere koje su uvek obavezne, kao što je, npr. nošenje radnog odeli i obuće, ali postoje i specijalne mere koje odgovaraju vrstama poslova, u okviru navedenih osam grupa i svih njihovih podgrupa, od kojih su neke samo pobrojane, zavisno od toga da li su procesi rada sa većom ili manjom opasnošću od povređivanja, ili pojave profesionalnih oboljenja. Ako su procesi rada sa povećanom opasnošću po zdravlje i bezbednost čoveka, obavezno, uz ostalu dokumentaciju, bez koje se ne može početi sa radovima (tehnička dokumentacija, dozvola za gradnju i dr.), mora obezbediti dodatna dokumentacija koja sadrži opis procesa rada i propisane mere zaštite na radu, a ako je potrebno i tehničkih crteža pojedinih elemenata. Za korišćenje raznih uređaja u toku procesa rada, neophodno je priložiti skicu sa uputstvom za upotrebu uređaja.

Pri obavljanju svakog specijalizovanog rada obavezno je da se radnik upozna sa svim potrebnim merama zaštite.

5. PRIMER 2 – METHOD STATEMENT ZA MONTAŽU KRANA

5.1 Opis aktivnosti

MONTAŽA

Toranjka dizalica se montira na anker stope (kako je prikazano u projektu fundiranja).

Toranjka dizalica se montira autodizalicom 60t (P&H T600XL), karakteristika koje odgovaraju delovima kojima se rukuje. Ova procedura montaže omogućava brzu montažu toranjskog kрана do visine teleskopiranja.

Nakon toga, toranjski kran se montira pomoću samopenjućeg hidrauličkog sistema. Procedura montaže ne zahteva električnu energiju dok ne otpočne sekvenca teleskopiranja.

Očekivana visina se dostiže po završetku montaže 24 dela toranjske sekcije sa dva sidrišta za objekat.

5.2 Tehnologija rada

Montaža kрана se odvija kroz tri faze i to su:

- A – Prva faza: Montaža glavnih elemenata stuba
- B – Druga faza: Montaža kontra-strele
- C – Treća faza: Montaža strele

5.3 Mehanizacija koja se koristi pri montaži kрана

Pri montaži kрана korišćice se:

- Autodizalica P&H Harnischfeger T600XL

6. ZAKLJUČAK

FIDIC-ovi opšti uslovi ugovora imaju zavidan značaj na međunarodnom poslovnom planu, pre svega zbog dugogodišnje primene, a zatim i zbog dobro osmišljenog ugovornog koncepta za realizaciju građevinskih investicionih projekata. Tome doprinosi i svakodnevno unapređenje FIDIC-ovih opštih uslova kroz međunarodne kongrese, seminare i različite primene u praksi koju ova organizacija nudi.

Instituti koje predviđa FIDIC nastali su primenom njegovih opštih uslova širom sveta, pa je jasno zašto se u njihovom korpusu nalaze i oni instituti koji nisu poznati našem pravu, što nameće potrebu njihovog blagovremenog usklađivanja (dakle, već u postupku pregovora) sa domaćim imperativnim propisima, onda kada se ugovara njihova primena.

Tu se pre svega misli na ulogu „inženjera“ koji prema ovim uslovima ima daleko šira ovlašćenja od onih koja su data nadzornom organu predviđenom Zakonom o planiranju i izgradnji. Isto važi i za materiju rešavanja sporova, gde postupak pred DAB-om, koji nastupa nakon donošenja odluke od strane „inženjera“, a prethodi arbitražnom postupku, nije regulisan u domaćem zakonodavstvu.

Odluke ovog tela nisu izvršne, ne prekidaju zastarelost, ali je postupak pred DAB-om obavezan u ugovornom smislu, što faktički može blokirati rešavanje sporova isticanjem prigovora nenadležnosti ili preuranjenosti tužbenog zahteva (onda kada se neka ugovorna strana umesto DAB-u obrati arbitraži). Zato ove odredbe treba upodobiti domaćem zakonodavstvu i isključiti ih u onoj meri u kojoj su one neprimenljive, a na način kako je to u radu pojašnjeno.

7. LITERATURA

[1] Babic, I. (2008). Uvod u građansko pravo i stvarno pravo. Beograd: Projuris.

[4] Nikcevic, I., & Nikcevic, J. (2011) Ustupanje izvođenja radova kod ugovora o građenju. Singidunum revija, 8 (1), str. 265-276.

[6] Popovic Avric, S., & Denic, M. (2011). Strane direktne investicije kao dinamički faktor svetske privrede. Singidunum revija, 8(1), str. 197-206.

[7] Službeni glasnik RS. (2011). Zakon o planiranju i izgradnji. Službeni glasnik RS br. 72/09, 81/09 - ispr., 64/10 odluka US i 24/11

[8] Službeni list SFRJ. (1989). Zakon o obligacionim odnosima, Službeni list SFRJ, br. 29/78, 39/85, 45/89 – odluka USJ i 57/89,

[9] Službeni list SRJ, br. 31/93 i Službeni list SCG, br. 1/2003

[10] Unkovic, M., & Kordic, N. (2011). Mogućnosti Srbije za privlačenje stranih direktnih ulaganja. Singidunum revija, 8(1), str. 163-177.

[11] Vukmir, B. (2009). Ugovori o građenju i uslugama savjetodavnih inženjera. Zagreb: RRI F. YU Build. (2008). Znanje za stvaraoce Preuzeto 29.10.2016. sa <http://www.inwestserbia.com/Prilozi/PrezentacijaFIDIC.pdf>

Kratka biografija:



Vojislav Bojović rođen je u Plavu, Crna Gora 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – odbranio je 2021. godine
kontakt: vbojovic171@gmail.com

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2021. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Duško Bekut	Maša Bukurov	Relja Strezoski
Aleksandar Erdeljan	Đorđe Ćosić	Matija Stipić	Slavica Mitrović
Aleksandar Kovačević	Đorđe Lađinović	Milan Čeliković	Slavko Đurić
Aleksandar	Đorđe Obradović	Milan Mirković	Slobodan Dudić
Kupusinac	Đorđe Vukelić	Milan Rapajić	Slobodan Krnjetin
Aleksandar Ristić	Đula Fabian	Milan Segedinac	Slobodan Morača
Bato Kamberović	Đura Oros	Milan Simeunović	Sonja Ristić
Biljana Njegovan	Đurđica Stojanović	Milan Trifković	Srđan Kolaković
Bogdan Kuzmanović	Filip Kulić	Milan Trivunić	Srđan Popov
Bojan Batinić	Goran Sladić	Milan Vidaković	Srđan Vukmirović
Bojan Lalić	Goran Švenda	Milena Krklješ	Staniša Dautović
Bojan Tepavčević	Gordana	Milica Kostreš	Stevan Gostojić
Bojana Beronja	Milosavljević	Milica Miličić	Stevan Milisavljević
Branislav Atlagić	Gordana Ostojić	Mijodrag Milošević	Stevan Stankovski
Branislav Nerandžić	Igor Budak	Milovan Lazarević	Strahil Gušavac
Branka Nakomčić	Igor Dejanović	Miodrag Hadžistević	Svetlana Bačkalić
Branko Milosavljević	Igor Karlović	Miodrag Zuković	Svetlana Nikoličić
Branko Škorić	Igor Peško	Mirjana Damnjanović	Tanja Kočetov
Damir Đaković	Ivan Beker	Mirjana Malešev	Tatjana Lončar -
Danijela Ćirić	Igor Maraš	Miroslava Radeka	Turukalo
Danijela Gračanin	Ivan Mezei	Mirko Borisov	Uroš Nedeljković
Danijela Lalić	Ivan Todorović	Miro Govedarica	Valentina Basarić
Darko Čapko	Ivana Katić	Miroslav Hajduković	Velimir Čongradec
Darko Marčetić	Ivana Kovačić	Miroslav Kljajić	Veran Vasić
Darko Reba	Ivana Maraš	Miroslav Popović	Veselin Perović
Dejan Ecet	Ivana Miškeljin	Miroslav Zarić	Višnja Žugić
Dejan Jerkan	Jasmina Dražić	Mitar Jcanović	Vladimir Katić
Dejan Ubavin	Jelena Atanacković	Mitar Đogo	Vladimir Mučenski
Dejana Nedučin	Jeličić	Mladen Kovačević	Vladimir Strezoski
Dragan Ivanović	Jelena Borocki	Mladen Tomić	Vlado Delić
Dragan Jovanović	Jelena Demko Rihter	Mladen Radišić	Vlastimir Radonjanin
Dragan Ivetić	Jelena Radonić	Nebojša Brkljač	Vojin Ilić
Dragan Jovanović	Jelena Slivka	Neda Milić Keresteš	Vuk Bogdanović
Dragan Kukolj	Jelena Spajić	Nemanja	Zdravko Tešić
Dragan Pejić	Jovan Petrović	Stanisavljević	Zoran Anišić
Dragan Šešlija	Lazar Kovačević	Nemanja Sremčev	Zoran Brujić
Dragana Bajić	Leposava Grubić	Nikola Đurić	Zoran Čepić
Dragana	Nešić	Nikola Jorgovanović	Zoran Jeličić
Konstantinović	Livija Cvetičanin	Nikola Radaković	Zoran Mitrović
Dragana Šarac	Ljiljana Vukajlov	Ninoslav Zuber	Zoran Papić
Dragana Štrbac	Ljiljana Cvetković	Ognjen Lužanin	Željen Trpovski
Dragoljub Šević	Ljubica Duđak	Peđa Atanasković	Željko Jakšić
Dubravka Bojanić	Maja Turk Sekulić	Petar Malešev	
Dušan Dobromirov	Marinko Maslarić	Platon Sovilj	
Dušan Gvozdenac	Marko Marković	Radivoje Dinulović	
Dušan Kovačević	Marko Todorov	Radomir Kojić	
Dušan Uzelac	Marko Vekić	Radovan Štulić	

