



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



# **ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXV

Број: 5/2010

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“  
Година: XXV                      Свеска: 5

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

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

Уређивачки одбор:

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| др Илија Ћосић       | др Бранко Шкорић       |
| др Владимир Катић    | др Јован Владић        |
| др Илија Ковачевић   | др Иван Пешењански     |
| др Јанко Ходолич     | др Бранислав Боровац   |
| др Срђан Колаковић   | др Зоран Јеличић       |
| др Вељко Малбаша     | др Властимир Радоњанин |
| др Вук Богдановић    | др Горан Вујић         |
| др Мила Стојаковић   | др Драган Спасић       |
| др Ливија Цветићанин | др Дарко Реба          |

Редакција :

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| др Владимир Катић | др Драгољуб Новаковић |
| др Жељен Трповски | мр Мирослав Зарић     |
| др Зора Коњовић   | Мирјана Марић         |

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

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

Штампање одобрио: Савет за издавачко-уређивачку делатност ФТН у Н. Саду

Председник Савета: проф. др Радомир Фолић

CIP-Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)  
62

**ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука** / главни и одговорни уредник  
Илија Ћосић. – 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)

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

## ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је пета 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 дипломских-мастер 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 дипломских-мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“. Поред студената дипломских-мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

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

У овом броју штампани су радови студената, сад већ дипломираних инжењера – мастера, који су дипломирали у периоду 01.04.2010. до 15.05.2010. год., а који се промовишу 10.07.2010. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових завршних радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција: ТЕЛФОР, Београд 2009, INFOTEN, Јахорина, март 2010. и YU INFO, Копаоник, март 2010.

У Зборнику су ови радови дати као репринт уз мање визуелне корекције.

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 5, објављени су радови из области машинства, електротехнике и рачунарства, грађевинарства и саобраћаја.

У свесци са редним бројем 6. објављени су радови из области графичког инжењерства и дизајна, архитектуре, менаџмента и инжењерства заштите животне средине.

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 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Radovi iz oblasti: Mašinstvo</b>                                                                                                                                  |        |
| 1. Mirko Edelinski, Bela Sabo, Katarina Gerić,<br>ISTRAŽIVANJE OSOBINA UZORAKA REZANIH PLAZMA TEHNOLOGIJOM .....                                                     | 959    |
| 2. Sanja Gardinovački, Ninoslav Zuber,<br>PRAĆENJE STANJA I DIJAGNOSTIKA OTKAZA KOTRLJANIH LEŽAJEVA .....                                                            | 963    |
| 3. Danilo Janjatović, Pavel Kovač, Borislav Savković,<br>PRIMENA NEURONSKE MREŽE ZA ODREĐIVANJE POSTOJANOSTI I TEMPERATURE<br>REZANJA PRI ČEONOM GLODANJU .....      | 967    |
| 4. Kosta Vlasisavljević,<br>ISTRAŽIVANJE FENOMENA HABANJA UZ POMOĆ ATOMSKOG MIKROSKOPA AFM .....                                                                     | 971    |
| 5. Vučić Pantović, Pavel Kovač, Borislav Savković,<br>EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA OTPORA REZANJA PRI ČEONOM GLODANJU<br>NODULARNOG LIVA .....                        | 974    |
| 6. Nenad Dolinić, Slobodan Tabaković,<br>MODELIRANJE DELOVA SLOŽENIH POVRŠINA PRIMENOM PROGRAMSKOG SISTEMA<br>Pro/ENGINEER .....                                     | 978    |
| 7. Zoran Konjović, Dejan Movrin,<br>NUMERIČKA SIMULACIJA SABIJANJA VALJKA SA PRSTENOM POMOĆU RAVNIH PLOČA<br>SA EKSPERIMENTALNOM PROVEROM .....                      | 982    |
| <b>Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo</b>                                                                                                               |        |
| 1. Slobodan Popov, Veran Vasić,<br>REALIZACIJA OPTEREĆENJA ASINHRONOG MOTORA NAPAJANOG IZ INDUSTRIJSKOG<br>PRETVARAČA UČESTANOSTI .....                              | 986    |
| 2. Dragiša Alavanja, Veran Vasić,<br>INDUKTIVNI SENZORI BLIZINE .....                                                                                                | 990    |
| 3. Lazo Vuković,<br>VALIDACIJE PODATAKA PRENOSNIH SISTEMA .....                                                                                                      | 994    |
| 4. Dejan Duraković, Milan Vidaković,<br>REALIZACIJA DIGITALNOG ORGANIZATORA UPOTREBOM JSF TEHNOLOGIJE .....                                                          | 998    |
| 5. Милош Обрадовић, Велимир Чонградац, Веран Васић,<br>УШТЕДА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ПРИ КЛИМАТИЗАЦИЈИ У САВРЕМЕНИМ<br>ПОСЛОВНО-СТАМБЕНИМ ОБЈЕКТИМА .....               | 1002   |
| 6. Nikola Branković, Željko Trpovski,<br>SIMULACIJA RSVP-TE PROTOKOLA U OPTIČKIM MREŽAMA .....                                                                       | 1006   |
| 7. Nebojša Dervišević,<br>OSETLJIVOST VREDNOSTI SNAGE INJEKTIRANE U FIDER USLED PROMENE VREDNOSTI<br>NAPONA .....                                                    | 1010   |
| 8. Srđan Klačnić, Miodrag Brkić, Miloš Živanov,<br>LABVIEW MERNI PODSISTEM SISTEMA ZA NADZOR KAROTAŽNIH BUŠOTINA,<br>Konferencija INFOTEH, Jahorina, mart 2010. .... | 1014   |
| 9. Bojan Popović, Darko Čapko,<br>PARALELNA TOPOLOŠKA ANALIZA NA PRIMERU CIM ZASNOVANOG MODELA<br>POVEZANOSTI ELEMENATA ELEKTROENERGETSKE MREŽE .....                | 1018   |

|     |                                                                                                                                                                                   |      |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 10. | Ivana Polić, Vladimir Katić,<br>ULOGA ENERGETSKE ELEKTRONIKE U ELEKTRIČNOM POGONU AUTOMOBILA .....                                                                                | 1022 |
| 11. | Aleksandar Marić,<br>PRIMENA FUZZY LOGIKE U UPRAVLJANJU SISTEMOM TOPLOTNIH PUMPI SA<br>GEOTERMIJOM .....                                                                          | 1026 |
| 12. | Olivera Tošić,<br>REALIZACIJA REGULATORA RASPLINUTE LOGIKE, ZA ODREĐENE DELOVE POGONA, U<br>PROCESU PROIZVODNJE MINERALNIH ĐUBRIVA .....                                          | 1030 |
| 13. | Marko Lukić,<br>IMPLEMENTACIJA PRIMENE SKUPA PRAVILA KORIŠĆENJA LOZINKI U DMS SISTEMU .....                                                                                       | 1034 |
| 14. | Tijana Šćuk, Pavle Savković, Vedran Perić,<br>REALIZACIJA SIMULACIONOG OKRUŽENJA ZA RAZVOJ APLIKATIVNE PROGRAMSKE<br>PODRŠKE OASys SCADA SISTEMA KORIŠĆENJEM SIMULINK ALATA ..... | 1038 |
| 15. | Ivana Pavić, Goran Sladić, Branko Milosavljević,<br>INTEGRACIJA UPRAVLJANJA POSLOVNIM PROCESIMA U ALFRESCO SISTEM,<br>Konferencija YU Info, Kopaonik, mart 2010. ....             | 1042 |
| 16. | Jovana Filipović, Dragan Kukolj,<br>JEDNA METODA ODABIRA OBELEŽJA ZA OCENU KVALITETA VIDEA<br>Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2009. ....                                   | 1046 |
| 17. | Milena Gojković,<br>MAPIRANJE IMENA I IDENTIFIKATORA ENTITETA OBJEKTOG MODELA PODATAKA U<br>NADZORNO-UPRAVLJAČKIM SISTEMIMA .....                                                 | 1050 |
| 18. | Stanislava Selen,<br>SOFTVERSKI ALAT ZA ANALIZU I VIZUALIZACIJU MODELA ELEKTROENERGETSKOG<br>SISTEMA DEFINISANOG POMOĆU CIM/XML-a .....                                           | 1054 |
| 19. | Miloš Petrović,<br>DETEKCIJA OTKAZA ASINHRONOG MOTORA PRIMENOM METODA VEŠTAČKE<br>INTELIGENCIJE .....                                                                             | 1058 |

### **Radovi iz oblasti: Građevinarstvo**

|    |                                                                                                                           |      |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. | Петар Игњатић, Мирјана Малешев,<br>ПРОЈЕКАТ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ ОБЈЕКТА ПАТОЛОГИЈЕ У БАЊОЈ ЛУЦИ .....                          | 1062 |
| 2. | Zoran Maksimović,<br>ORGANIZACIJA IZGRADNJE POSLOVNOG OBJEKTA I ANALIZA INVESTICIONOG<br>PROGRAMA .....                   | 1066 |
| 3. | Јелена Тешић, Душко Ђурић,<br>ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ИЗГРАДЊЕ ГЛАВНОГ КОЛЕКТОРА<br>КАНАЛИЗАЦИОНОГ СИСТЕМА БИЈЕЉИНЕ ..... | 1070 |
| 4. | Vanja Tomašev,<br>PROJEKAT VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE ZGRADE I PRORAČUN VITKIH AB<br>ELEMENTATA I KONSTRUKCIJA .....    | 1074 |
| 5. | Bojana Miletić,<br>PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE STAMBENO-POSLOVNE<br>ZGRADE U NOVOM SADU .....      | 1078 |
| 6. | Zdravko Tešić,<br>PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE STAMBENE ZGRADE U<br>NOVOM SADU .....                | 1082 |

### **Radovi iz oblasti: Saobraćaj**

|    |                                                                                           |      |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. | Dragan Trivunović,<br>OBELEŽJA STRADANJA MLADIH U SAOBRAĆAJU NA PODRUČJU NOVOG SADA ..... | 1086 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|

|     |                                                                                                                                                       |      |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.  | Gordana Ivanišević,<br>MERNA NESIGURNOST KONTROLE KOČNICA NA TEHNIČKOM PREGLEDU VOZILA .....                                                          | 1090 |
| 3.  | Uglješa Korica,<br>RACIONALIZACIJA PROCESA SKLADIŠTENJA GOTOVIH PROIZVODA U PREDUZEĆU<br>„KERAMIKA” KANJIŽA .....                                     | 1094 |
| 4.  | Marija Vučić, Svetozar Kostić,<br>UTVRĐIVANJE KARAKTERISTIČNIH POLOŽAJA TELA PEŠAKA ZA POTREBE EKSPERTIZA<br>SAOBRAĆAJNIH NEZGODA .....               | 1098 |
| 5.  | Igor Vojvodić, Pavle Gladović,<br>MERE ZA POBOLJŠANJE EFIKASNOSTI RADA SEKTORA TRANSPORT PREDUZEĆA<br>„NEKTAR” D.O.O. IZ BAČKE PALANKE .....          | 1102 |
| 6.  | Борислав Селград, Драган Јовановић,<br>АНАЛИЗА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА ПОДРУЧЈУ АП ВОЈВОДИНЕ .....                                                  | 1106 |
| 7.  | Marko Raspudić,<br>ULOGA I ZNAČAJ PRIVREMENE SAOBRAĆAJNE SIGNALIZACIJE .....                                                                          | 1110 |
| 8.  | Mira Jovičić, Željko Trpovski,<br>RAZVOJ TELEVIZIJSKIH SISTEMA .....                                                                                  | 1114 |
| 9.  | Milan Tekić,<br>MOBILNA TELEFONIJA ČETVORTE GENERACIJE (4G) .....                                                                                     | 1118 |
| 10. | Nedeljko Stjepanović, Pavle Gladović,<br>PREDLOG MERA ZA POBOLJŠANJE PROIZVODNO-EKONOMSKIH REZULTATA I<br>KVALITETA USLUGE ATP DOO „COSMOS” .....     | 1122 |
| 11. | Duško Čulić, Jovan Tepić, Ilija Tanackov,<br>EMISIJA UGLJEN DIOKSIDA NA KORIDORU X SRBIJE - PRORAČUN TROŠKOVA I<br>PREDLOZI REŠENJA ZA SANACIJU ..... | 1126 |
| 12. | Marko Vještica,<br>MERE ZA POVEĆANJE PROIZVODNO-EKONOMSKIH REZULTATA RADA ATP<br>„Bugarinović-Transport” DOO .....                                    | 1130 |
| 13. | Dejan Barović,<br>MERE ZA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI PEŠAKA U SAOBRAĆAJU .....                                                                           | 1134 |
| 14. | Jelena Stojanović, Željko Trpovski,<br>VIRTUALNE PRIVATNE MREŽE .....                                                                                 | 1138 |
| 15. | Дарко Драгић, Вук Богдановић,<br>ИСТРАЖИВАЊЕ КАРАКТЕРИСТИКА ПЈЕШАЧКИХ ТОКОВА .....                                                                    | 1142 |



## ISTRAŽIVANJE OSOBINA UZORAKA REZANIH PLAZMA TEHNOLOGIJOM RESEARCHING OF MODEL PROPERTIES CUTTING WITH PLASMA TECHNOLOGIES

Mirko Edelinski, Bela Sabo, Katarina Gerić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – MAŠINSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu su analizirana opšta saznanja o plazma rezanju, koje se često koristi u pripremi elemenata za zavarivanje. Eksperimentalni uzorci su rezani na aparatu Cemont PX 8.0. Eksperiment se sastoji od rezanja plazmom četiri osnovna materijala (niskougljenični čelik, nerđajući čelik, aluminijum i bakar) sa tri različita radna gasa (vazduh, kiseonik i azot) sa istim parametrima rezanja. Nakon rezanja je dobijeno dvanaest uzoraka na kojima su urađena merenja i analize maksimalne hrapavosti, merenja širine zone uticaja toplote (ZUT-a) i analiza promene strukture pod uticajem toplote. U radu su prikazani i uporedno analizirani rezultati kod svih dvanaest uzoraka.

**Abstract** – This paper presents basic informations about plasma cutting which is often used in material preparation for welding. Cutting of experimental samples was done on plasma inverter Cemont PX 8.0. Experiment consisted of plasma cutting of four basic materials (lowcarbon steel, stainless steel, aluminium and cooper) with three different plasma gases (air, oxygen and azote) with the same cutting parameters. After obtaining twelve samples by cutting, measurement and analysis of maximum surface roughness, width measurement of heat-affected-zone and analysis of structure modification under heat influence were performed. This paper shows and analyses results obtained for all twelve samples.

**Cljučne reči:** Plazma rezanje/ plazma gasovi/ hrapavost/ zona uticaja toplote/

### 1. UVOD

U ovom radu analizirana je praktična primena plazma tehnologija rezanja i date su analize uzoraka koji se najčešće koriste u praksi.

Plazma tehnologija se veoma uspešno koristi za izvođenje čitavog niza proizvodnih operacija od kojih su najvažnije: rezanje metalnih i nemetalnih materijala i do 150 mm debljine, zavarivanje, topljenje metala, nanošenje tvrdih prevlaka na elemente mašina i alate, predgrevanje materijala pri obradi rezanjem, pri izradi delova od teškoobradljivih materijala i dr, [1,2].

U radu analizirana su opšta razmatranja o plazma rezanju, a izvršeno je rezanje na aparatu Cemont P.X. 8.0., maksimalne snage  $I = 30A$  i maksimalnim izlaznim pritiskom  $p = 5$  bar-a. Korišćeni materijali u eksperimentu su niskougljenični čelik (C), nerđajući čelik – prokron (P) i aluminijum (A) i bakar (B).

Prilikom relizovanja eksperimentalnog dela rada, korišćeni su gasovi: vazduh (V), kiseonik (O) i azot (N).

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog - master rada čiji mentor je bio dr Bela Sabo, red.prof.

### 2. PLAZMA REZANJE

Obrada plazmom (*plasma arc machining*), spada u relativno novije postupke obrade materijala, slika 1. Prvi put se pojavila 1956. godine i ispočetka se koristila uglavnom za rezanje teško obradljivih metalnih i nemetalnih materijala, koji su se do tada veoma teško mogli seći acetilenskim plamenom. Plazmeni postupci kako za zavarivanje tako i za rezanje, razvijeni su iz TIG postupka zavarivanja. Sa TIG postupka na plazmeni prelazi se tako što se povećava stepen jonizacije argona u stubu električnog luka. Mehanizam nastajanje plazme je vrlo jednostavan. Preko jakog električnog luka koji se stvara između anode i katode propušta se neki od neutralnih gasova (npr. Argon) koji sadrži i primese nekog stabilizirajućeg gasa (npr. Vodonika). Pod dejstvom vrlo visokih temperatura nastaje jonizovana gasna struja koja izlazi iz električnog luka u vidu buktinje plazme. Luk može da bude izveden između dve elektrode od teško topljivih materijala (npr. volfram, grafit i dr.) ili pak između katode i obradka, koji igra ulogu anode, [3-5].



Slika 1. Obrada plazmom [5]

### 3. EKSPERIMENTALNI DEO

Uređaj za rezanje plazmom je **Cemont PX 8.0**, slika 2, [6]. Uspešno savladava rezanje debljina od 6 mm u varijanti sa strujom od 20 A i sa integrisanim kompresorom, a debljinu od 12 mm u varijanti sa jačinom struje od 30 A. **Varijanta sa 20A** ima integrisan kompresor i zbog toga aparat ne zahteva da bude povezan sa bilo kakvim kompresorom. Rezanje debljine veće od 2 mm sa regulatorom luka je takođe moguće. Veoma je korisno kod rezanja obojenih metala. **Varijanta sa 30A** koristi kompresovani vazduh kao gas koji se dobija sa normalnim kompresorom ili centralnim sistemom adekvatne veličine.



Slika 2. Plazma uređaj za rezanje "Cemont PX 8.0."

### 3.1. Parametri rezanja

Uzorci su prethodno ručnom brusilicom rezani na meru dimenzija 300 x 50 x 5 mm. Rezanje je rađeno ručno pa se brzina izračunava u odnosu na dužinu reza i trajanje rezanja. Srednja brzina rezanja iznosi:  $v = 5 \text{ mm/s}$ . Jačina struje je konstantna u svim postupcima i iznosi  $I = 30\text{A}$ . Pritisak gasa je konstantan u svim postupcima i iznosi  $p = 5 \text{ bar-a}$ . Napon je takođe konstantan i u svim postupcima iznosi  $U = 92\text{V}$ .

### 3.2. Rezanje uzoraka

Obeležavanje uzoraka dato je u tabeli 1. Rezanje uzoraka, slika 3. je bilo uspešno na svim uzorcima osim na bakru, koji nije prerezan ni sa jednim gasom, kao i aluminijum koji nije prerezan azotom.



Slika 3. Rezanje uzoraka sa radnim gasom vazduhom

Tabela 1. Obeležavanje uzoraka

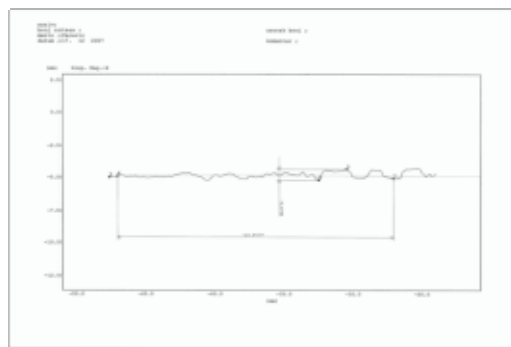
| MATERIJAL                     | REZAN VAZDUHOM (V) | REZAN KISEONIKOM (O) | REZAN AZOTO M (N) |
|-------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|
| Niskougljenični čelik (C)     | CV (1)             | CO (2)               | CN (3)            |
| Nerdajući čelik - prokron (P) | PV (4)             | PO (5)               | PN (6)            |
| Aluminijum (A)                | AV (7)             | AO (8)               | AN (9)*           |
| Bakar (B)                     | BV (10)*           | BO (11)*             | BN (12)*          |

Napomena\*: uzorci obeleženi zvezdicom nisu prerezani, već samo zarezani

## 4. REZULTATI

### 4.1. Dijagrami sa linijama hrapavosti i prikaz izmerene maksimalne hrapavosti (Rmax)

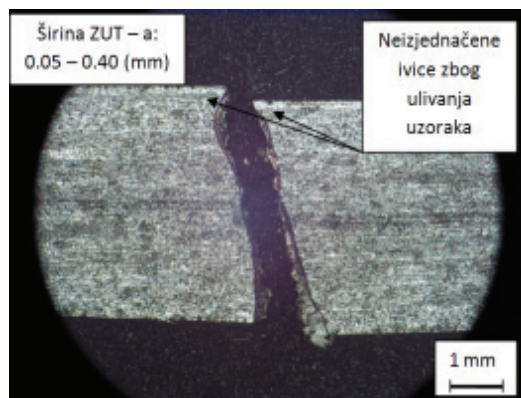
U ovom radu je merena hrapavost koja je prikazana graficima sa kojih je očitana vrednost Rmax. Merenje hrapavosti je urađeno u fabrici "Motins a.d." na mernoj mašini marke "Zeiss" tipa "Surfcom 1800D". Na grafiku, slika 4, prikazana je linija hrapavosti za prokron rezan kiseonikom kod koga je izmerena najveća vrednost maksimalne hrapavosti.



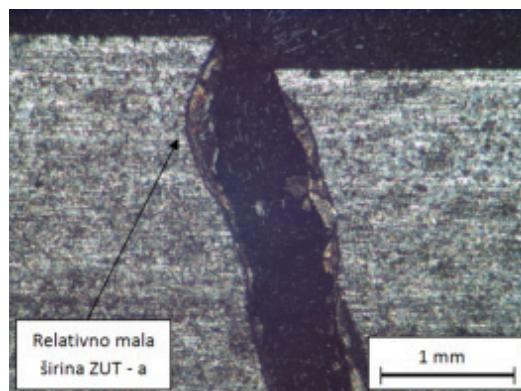
Slika 4. Linija hrapavosti za uzorak PO na dužini uzorka od oko 20 mm sa izmerenom  $R_{max} = 0,8784 \text{ mm}$

### 4.2. Mikroskopija metala

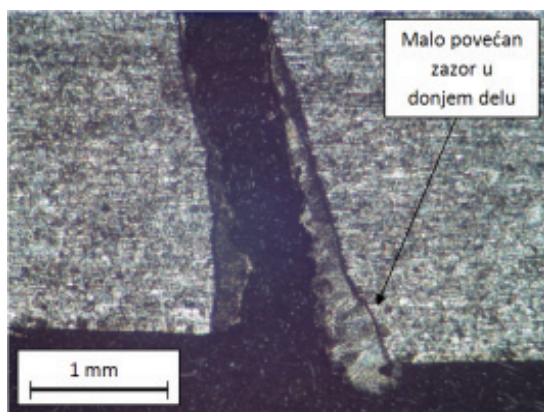
Mikrostruktura metala ispituje se svetlosnim mikroskopom marke "Leitz". Dat je primer analize za prokron rezan vazduhom (CV), slika 5-10.



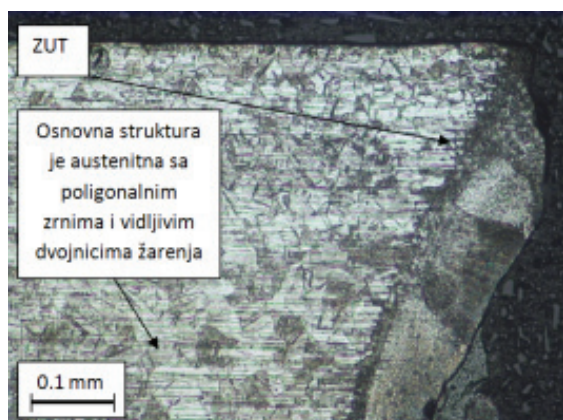
Slika 5. Makro, PV (uvećanje 10X)



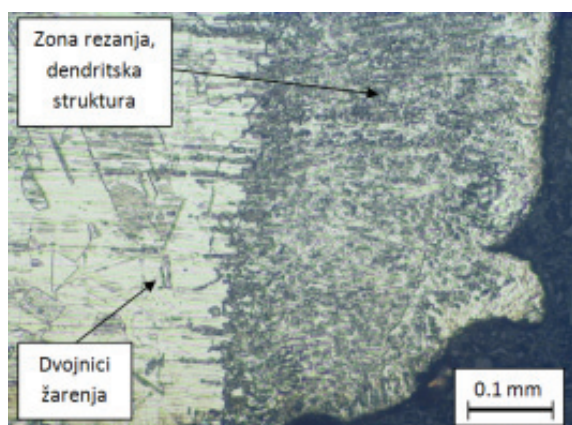
Slika 6. Gornji deo, PV (uvećanje 25X)



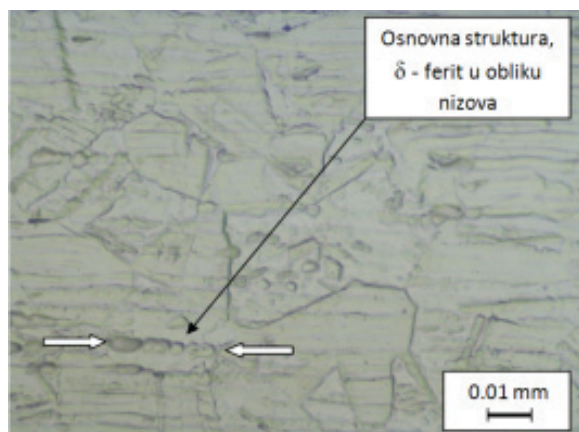
Slika 7. Donji deo, PV (uvećanje 25X)



Slika 8. Gornji deo, levo strana, PV (uvećanje 150X)



Slika 9. Donji deo, leva strana, PV (uvećanje 150X)



Slika 10. Gornji deo, leva strana, PV (uvećanje 750X)

## 5. DISKUSIJA

Na osnovu izmerene maksimalne hrapavosti, tabela 2, može se konstatovati da se niskouglenični čelik najkvalitetnije reže vazduhom, slabije azotom a najveća hrapavost je dobijena kiseonikom.

Tabela 2. Zavisnost hrapavosti od materijala i radnog gasa

|             | CV    | CO    | CN    | PV    | PO    | PN    | AV    | AO    |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Rmax</b> | 0.137 | 0.818 | 0.413 | 0.516 | 0.879 | 0.265 | 0.353 | 0.473 |

Prokron se najkvalitetnije reže azotom., potom vazduhom dok je kiseonikom, takođe, izmerena velika hrapavost. Kod aluminijuma ta razlika između rezanja vazduhom i kiseonikom je mala, ma da je manja hrapavost postignuta vazduhom, ali azotom nije ni prerezan uzorak. U zavisnosti od gasova, rezanjem sa azotom se postiže manja hrapavost kod prokrona nego kod niskougleničnog čelika, odnosno, azotom se dobija najmanja hrapavost kod prokrona. Možemo zaključiti da se vazduhom postiže najmanja hrapavost kod niskougleničnog čelika a kiseonikom kod aluminijuma. Najveća hrapavost dobijena je kod rezanja kiseonikom. Najveća je kod prokrona, a samo malo manja, ali takođe velika je kod niskougleničnog čelika.

Tabela 3. Prikazivanje minimalnih i maksimalnih vrednosti širine ZUT-a u zavisnosti od uzoraka

| Uzorak | Minimalna širina ZUT - a | Maksimalna širina ZUT - a |
|--------|--------------------------|---------------------------|
| CV     | 0.37                     | 0.95                      |
| CO     | 0.35                     | 0.55                      |
| CN     | 0.7                      | 2                         |
| PV     | 0.05                     | 0.4                       |
| PO     | 0.02                     | 0.15                      |
| PN     | 0.01                     | 0.15                      |
| AV     | 0.02                     | 0.7                       |
| AO     | 0.03                     | 0.6                       |
| AN     | 0.02                     | 0.6                       |
| BV     | 0.1                      | 0.2                       |
| BO     | 0.35                     | 0.65                      |
| BN     | 0.2                      | 0.4                       |

**Napomena:** Za aluminijum su date vrednosti širine otopljenih delova u rezu, jer se širina ZUT - a ne vidi

Prema rezultatima izmerene širine ZUT-a, tabela 3, kod uzoraka gde je osnovni materijal niskouglenični čelik, rezan kiseonikom ima najmanju širinu ZUT - a, dok uzorak rezan azotom ima najveću. Uzorak rezan vazduhom je bliži uzorku rezanom kiseonikom, odnosno ima zadovoljavajuću širinu ZUT - a. Kod prokrona su sve vrednosti širine ZUT - a relativno male. Najmanja je kod uzorka rezanim azotom, kao i kod uzorka rezanim kiseonikom gde su vrednosti skoro identične, a najveća kod uzorka rezanim vazduhom. Za razliku od rezultata dobijenih na uzorcima od čelika, kod bakra je situacija drugačija. Najmanja širina ZUT - a je izmerena kod

uzorka rezanim vazduhom a najveća kod uzorka rezanim kiseonikom, dok su rezultati rezanja azotom otprilike između prethodna dva uzorka. Zbog nemogućnosti merenja širine ZUT – a, kod uzoraka aluminijuma je merena širina otopljenog materijala, koja nije dovoljno merodavna za upoređivanje sa vrednostima širine ZUT – a. Najmanja vrednost maksimalne širine ZUT – a od svih uzoraka izmerena je kod prokrona rezanim azotom, dok je ubedljivo najveća vrednost kod niskougleničnog čelika koji je rezan azotom.

Na osnovu analize mikrostrukture ZUT – a možemo zaključiti sledeće. U ZUT – u ne dolazi do promene hemijskog sastava ali dolazi do promene strukture i mehaničkih karakteristika osnovnog materijala, zbog termičke obrade koja je izvršena u toku rezanja plazmom. Kod niskougleničnog čelika i kod nerđajućeg čelika je došlo do promene strukture, što znači da su uzorci u tom delu lošijih mehaničkih osobina. Kod uzoraka aluminijuma i bakra možemo videti da je struktura tipična za PCK, sa poligonalnim zrnima i dvojnicima žarenja. Kod bakra nije došlo do promene strukture prilikom rezanja, kao i kod aluminijuma.

Na osnovu prethodnih analiza možemo konstatovati da je za rezanje niskougleničnog čelika najbolje koristiti radni gas – vazduh, zbog male hrapavosti i zadovoljavajuće širine ZUT – a, ali isti materijal nije preporučljivo rezati kiseonikom zbog velike hrapavosti, a ni azotom zbog velike širine ZUT – a. Prokron je najbolje rezati azotom zbog male hrapavosti, ali sa vazduhom i kiseonikom sa javlja velika hrapavost, dok širina ZUT – a kod rezanja sa sva tri radna gasa je relativno mala. Kod rezanje aluminijuma, prema dobijenim podacima, najbolje rezati sa vazduhom zbog najmanje hrapavosti, dok su i rezultati rezanja kiseonikom dosta slični kako prema izmerenim vrednostima hrapavosti, tako i prema vrednostima širine otopljenog materijala, dok sa azotom aluminijum nije zarezan ni do polovine debljine uzorka koja iznosi 5mm. S obzirom da bakar nije prerezan ni sa jednim radnim gasom, nemamo podatke hrapavosti. Kod bakra najdublje je zarezan uzorak sa kiseonikom, pa vazduhom dok je azotom postignuta najmanja dubina rezanja. Jači aparati bi prerezali sve uzorke i sasvim je moguće da bi vrednosti širine ZUT – a i hrapavosti bile drugačije.

## 6. ZAKLJUČAK

Plazmenim postupkom mogu se rezati svi elektroprovodljivi metali, dok se oksiacetilensko rezanje uglavnom ograničava na čelike. Najčešće se koristi u teškoj mašinogradnji, izradi raznih delova mašina i uređaja i građevinskih konstrukcija. Velika mobilnost opreme za rezanje danas je znatno povećana jer se prelaskom na invertorsku tehnologiju umesto tradicionalnih ispravljča postiglo veliko smanjenje gabarita i težine zavarivačkih mašina.

Plazma uređaji su u velikom razvoju i imaju sve raznovrsniju primenu, stoga možemo zaključiti da polako prelaze iz nekonvencionalnih postupaka u konvencionalne. Velika brzina rezanja, raznovrsna primena, visoka produktivnost i ekonomičnost same operacije, osnovne su karakteristike plazma rezanja.

## 7. LITERATURA

- [ 1 ] Milikić D.: Nekonvencionalni postupci obrade, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2002.
- [ 2 ] Palić V.: Zavarivanje, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 1987.
- [ 3 ] Stankov J.: Merenje u proizvodnji, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 1984.
- [ 4 ] Milovanović M.: Tehnologija rezanja plazmom, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2009
- [ 5 ] <http://www.plasma-universe.com/Plasma>
- [ 6 ] <http://www.plasma-cutter.com>

### Kratka biografija:



**Mirko Edelinski**, rođen je u Vrbasu 1984. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Mašinstva, odbranio je 2010. godine.



**Bela Sabo**, rođen 1947. godine u Vršcu. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka, oblast mašinstvo, 1988 godine, a od 1992 god. je redovni profesor na FTN-u. Uže oblasti profesionalnog rada su: tehnologije spajanja materijala.



**Katarina Gerić**, rođena 1951. godine u Senti. Doktorirala je na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu 1997. godine, a od 2009. godine je redovni profesor na FTN-u. Uže oblasti profesionalnog rada su: mauka o materijalima i inženjerstvo materijala

## PRAĆENJE STANJA I DIJAGNOSTIKA OTKAZA KOTRLJANIH LEŽAJEVA ROLLER BEARINGS CONDITION MONITORING AND FAULT DIAGNOSTIC

Sanja Gardinovački, Ninoslav Zuber, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – MAŠINSTVO

**Kratak sadržaj** – Radom su prikazane neke od najčešće primenjivanih metoda praćenja stanja i dijagnostike otkaza kotrljajnih ležajeva. Takođe, prikazane su i faze oštećenja kotrljajnih ležajeva, kao i praktičan postupak merenja ležajeva.

**Gljučne reči:** Oštećenje, ležaj

**Abstract** – The paper presents the most popular methods of roller bearings condition monitoring and fault diagnostic. Also it presents the stages of roller bearings failures and a practical measurement procedure of roller bearing.

**Key words:** Failure, bearing

### 1. UVOD

Kotrljajni ležajevi su prisutni u velikom broju mašina i često se smatraju glavnim „krivcima” za otkaze na istim. Ovakvo mišljenje je u najmanju ruku neopravdano, jer je kotrljajni ležaj projektovan da radi dugi niz godina, u slučaju postojanja uslova njegove eksploatacije. Iskustva su pokazala da manje od 10% ležajeva doživi svoj projektovani vek. Oko 40% otkaza ležajeva predstavlja posledicu neodgovarajućeg podmazivanja, 30% otkaza javlja se zbog nepravilne montaže, 20% otkaza se javlja kao posledica različitih uzroka: preopterećenja, greške u proizvodnji ležajeva itd.

S obzirom na visok procenat prevremeno uništenih ležajeva, razvijene su brojne metode za detekciju ne samo oštećenog stanja kotrljajnog ležaja, već i za identifikaciju tip otkaza ležaja.



Slika 1. Propali ležajevi

Metode praćenja stanja ležajeva se mogu podeliti na metode koje se fokusiraju na sračunavanje i analizu skalarnih veličina i metode koje sračunavaju i analiziraju vibracije kao vektorske veličine.

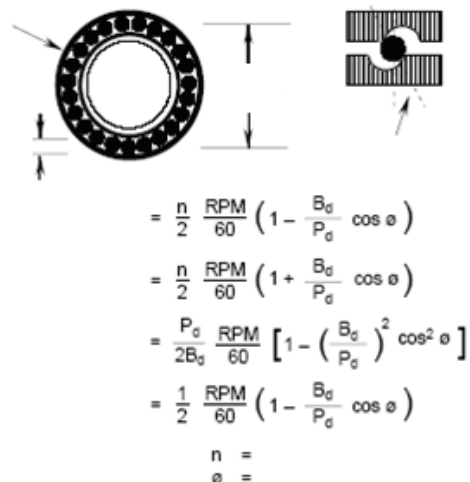
### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Hotimir Ličen.

### 2. METODE DETEKCIJE OŠTEĆENJA LEŽAJA NA BAZI VIBRODIJAGNOSTIKE

Merenje analiza stanja kotrljajnog ležaja na bazi skalarnih veličina pruža samo mogućnost konstatovanja da je ležaj oštećen, a nikako ne pruža informaciju o tome šta je sa ležajem problem, tj. koja je komponenta u ležaju oštećena. To omogućuju napredne vibrodijagnostičke metode zasnovane na merenju i analizi vektorskih prikaza vibracija sa ležaja.

Oštećene komponente u ležaju se prepoznaju identifikacijom frekventne komponente koju ona generiše. Kotrljajni ležaj ima četiri karakteristične frekvencije (slika 2.) za četiri karakteristična otkaza: otkaz na spoljnoj stazi, na unutrašnjoj stazi, na kavezu i na kuglici.



$$\begin{aligned}
 &= \frac{n}{2} \frac{\text{RPM}}{60} \left( 1 - \frac{B_o}{P_o} \cos \theta \right) \\
 &= \frac{n}{2} \frac{\text{RPM}}{60} \left( 1 + \frac{B_o}{P_o} \cos \theta \right) \\
 &= \frac{P_o}{2B_o} \frac{\text{RPM}}{60} \left[ 1 - \left( \frac{B_o}{P_o} \right)^2 \cos^2 \theta \right] \\
 &= \frac{1}{2} \frac{\text{RPM}}{60} \left( 1 - \frac{B_o}{P_o} \cos \theta \right)
 \end{aligned}$$

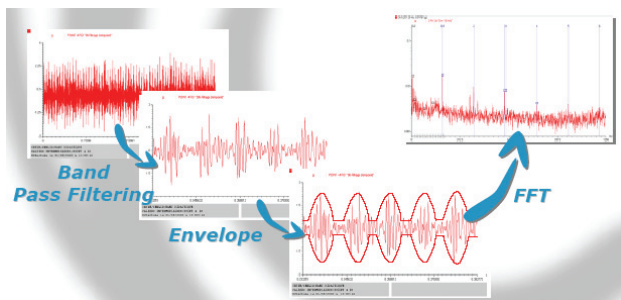
$n =$   
 $\theta =$

Slika 2. Karakteristične frekvencije ležaja

Metode vibrodijagnostike, koje se baziraju na snimanju i analizi vektorskih prikaza vibracija, oštećenje ležaja traže prepoznavanjem impulsnih komponenata i modulacije u signalu. Neke od ovih metoda su:

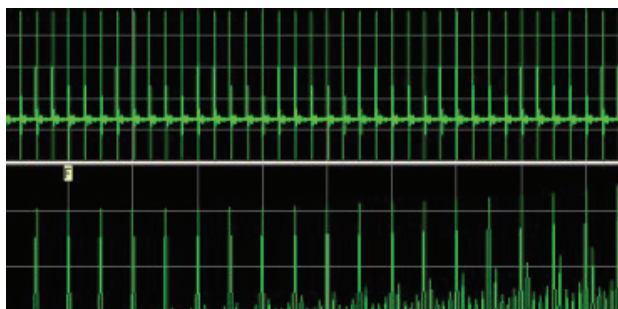
- detekcija anvelope/demodulacija,
- analiza Cepstrum-a,
- analiza spojenog spektra, itd.

Metode anvelopiranja i demodulacije omogućuju ranu detekciju oštećenja ležaja, ali je njihova mana zavisnost od frekventnog opsega nad kojim je anvelope sračunata, tj. zavise od postavki pojasnog filtra - „ako sračunata anvelope ne pokazuje oštećenje ležaja, to ne znači da ono ne postoji”. Algoritam anvelopiranja je prikazan na slici 3. i kao što se vidi, podrazumeva prethodno pojasno filtriranje signala.



Slika 3. Tipični vremenski signali i anvelope kod oštećenja ležajeva

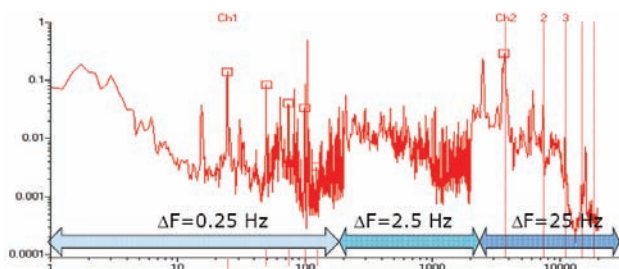
Cepstrum je napredna vibrodijagnostička analiza za detekciju periodičnosti u frekventnom spektru i kao takva je odličan alat za detekciju prisustva fenomena modulacije u signalu i/ili periodičnih udaraca u vremenskom signalu (slika 4.). Prednost Cepstrum-a je laka identifikacija pikova, a mana je što ne daje strogo definisan odgovor, tj. ne govori da li su prisutni amplitudna modulacija ili frekventna modulacija ili samo familija harmonika u spektru. Mana je i zavisnost od frekventne rezolucije spektra.



Slika 4. Vremenski signal i spektar periodičnih impulsa

Problem zavisnosti od frekventnog spektra se rešava koriscenjem Zoom-iranog spektra ili spajanjem spektara (slika 5).

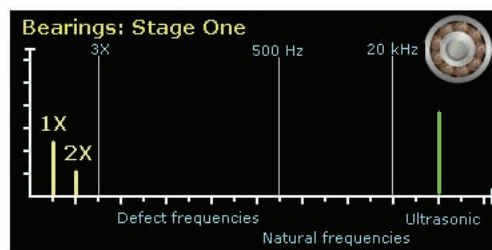
Spajanjem spektara se brzo dobije spektar sa dovoljnom frekventnom rezolucijom u frekventnom području koje nas interesuje. To područje obično leži u oblasti visokih frekvencija. Princip je sledeći: računaju se tri različita spektra u tri frekventna oseg sa različitim frekventnim rezolucijama, a rezultujući se dobija preklapanjem slika ova tri pojedinačna frekventna spektra. Na taj način se dobija frekventni spektar koji, posmatrano na linearnoj skali, nema konstantnu frekventnu rezoluciju, već frekventnu rezoluciju optimalno prilagođenu potrebama dijagnostike u tim frekventnim područjima.



Slika 5. Spajanje frekventnih spektara

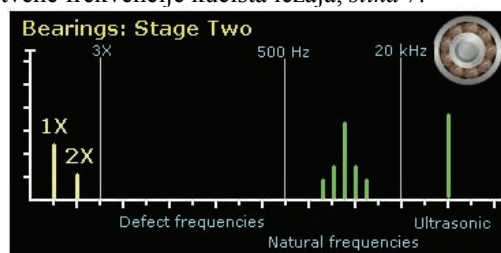
### 3. FAZE OŠTEĆENJA LEŽAJA

U prvoj fazi oštećenja ležaja spektar vibracije je „normalan“, slika 6.



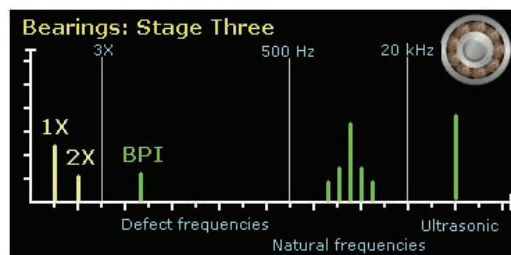
Slika 6. Prva faza oštećenja ležaja

U drugoj fazi su oštećenja dovoljno velika da pobude sopstvene frekvencije kućišta ležaja, slika 7.



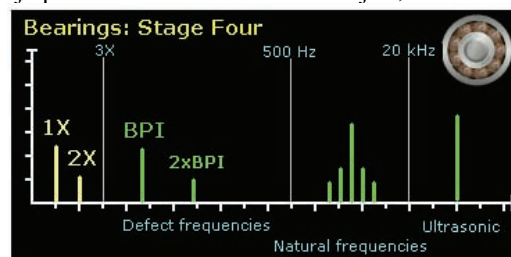
Slika 7. Druga faza oštećenja ležaja

U trećoj fazi će početi da se pojavljuju defektne frekvencije ležaja. Kako oštećenje ležaja raste, nivo vrhova na frekvenciji oštećenja ležaja će se povećavati, slika 8.



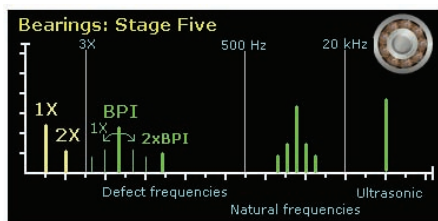
Slika 8. Treća faza oštećenja ležaja

U četvrtoj fazi će defektna frekvencija razviti harmonike, čime je pokazano da su udarci češći i jači, slika 9.



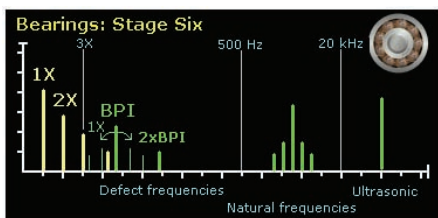
Slika 9. Četvrta faza oštećenja ležaja

U petoj fazi, povećanjem oštećenja povećavaju se nivoi vibracija. Kada harmonici postanu vidljivi, pogotovo kada bočni pojasevi postanu vidljivi, oštećenje će biti vidljivo na ležaju. Bilo bi mudro ležaj zameniti u ovom trenutku.



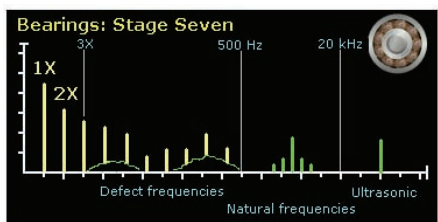
Slika 10. Peta faza oštećenja ležaja

U šestoj fazi oštećenja frekvencija će biti 1X pojačana i harmonici od 1X će se pojaviti, *slika 11.*



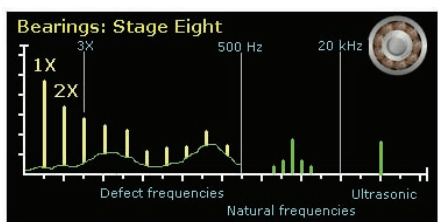
Slika 11. Šesta faza oštećenja ležaja

U sedmoj fazi su defektna frekvencija i bočni pojasevi zamenjeni „širokim bregom” u spektru. Ovo je očekivano zbog obrazovanja širokopojasnog šuma, *slika 12.*



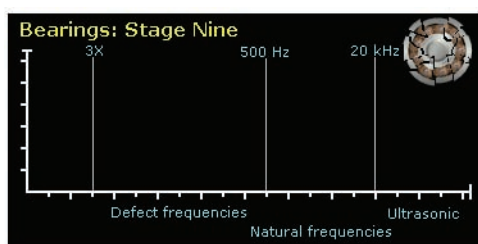
Slika 12. Sedma faza oštećenja ležaja

U osmoj fazi široki breg će rasti, harmonici će rasti sa dodatnom razuzdanošću, visoka frekvencija merenja će nastaviti da opada, celokupni širokopojasni šum u frekventnom spektru će početi da raste, *slika 13.*



Slika 13. Osmo faza oštećenja ležaja

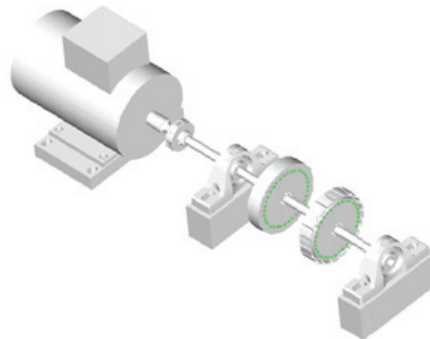
U devetoj fazi će spektar biti ravan, jer mašina ne radi, *slika 14.*



Slika 14. Deveta faza oštećenja ležaja

#### 4. EKSPERIMENTALNO SNIMANJE VIBRACIJA NA REALNOJ MAŠINI I OCENA STANJA LEŽAJEVA

Kao eksperimentalni deo izvedeni su merenje i analiza na vibracionom stolu (*slika 14.*) za obuku vibrodijagnostičara.



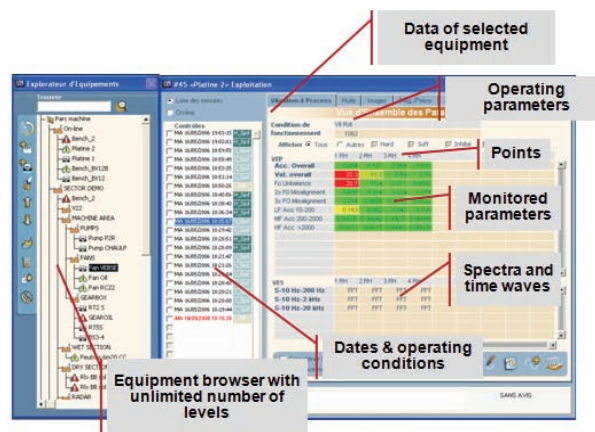
Slika 14. Probni sto za obuku vibrodijagnostičara

Geometrijske karakteristike ležaja potrebne za sračunavanje karakteristika frekvencija otkaza su:  $N=8$ ,  $D=33$ ,  $d=7,425$ , gde je  $N$  broj kotrljajnih tela,  $D$  nezavisni prečnik ležaja, dok je  $d$  prečnik kotrljajnog tela. Unosom gore navedenih dimenzija u formule za sračunavanje frekvencija oštećenja dobijaju se sledeće frekvencije:  $BPI=4,9$ ,  $BPFO=3,1$ ,  $BS=2,109722$ ,  $FT=0,3875$ .

Eksperimentalni deo je obuhvatio ispitivanje nekoliko različitih tipova oštećenja ležajeva:

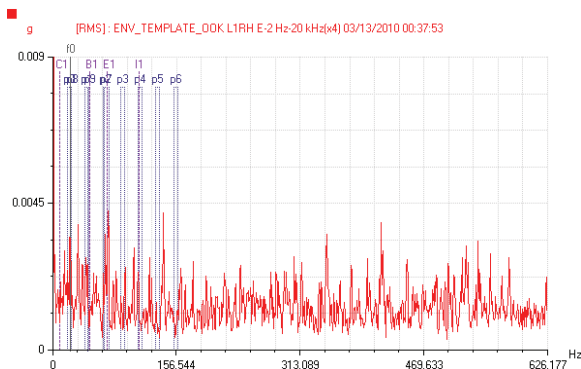
1. ležaj u oštećenom stanju,
2. ležaj sa malim zazorima,
3. ležaj sa velikim zazorima,
4. ležaj sa oštećenom spoljnom stazom.

Snimanje i analiza vibracija je izvedena opremom 01dB-Metravib, pri čemu su korišćeni prenosivi dvokanalni analizatori vibracija MVP2C u Premium varijanti i 32 kanalni stacionarni sistem MVX32 Premium, oba podržana OneproD XPR300 softverom (*slika 15.*).



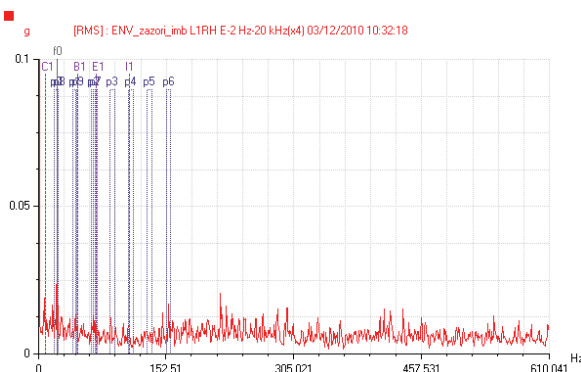
Slika 15. Ekranski prikaz interfejsa softvera OneproD XPR300

Jedan od parametara uključen postavkom merenja je anvelopa. Analiza iskaza envelope data je na slikama 16, 17, 18. i 19.



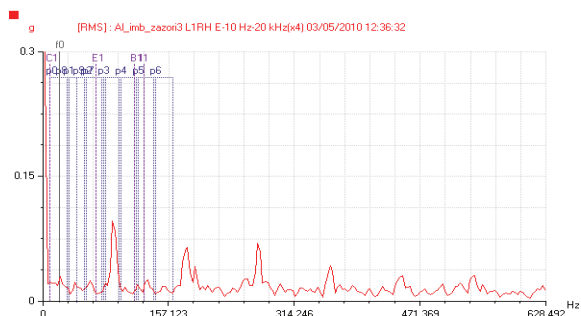
Slika 16. Anvelopa kod ispravnog ležaja

Na slici 16. se vidi da signal ima izrazito niske amplitude iz čega sledi da je oštećenje beznačajno ili ga nema.



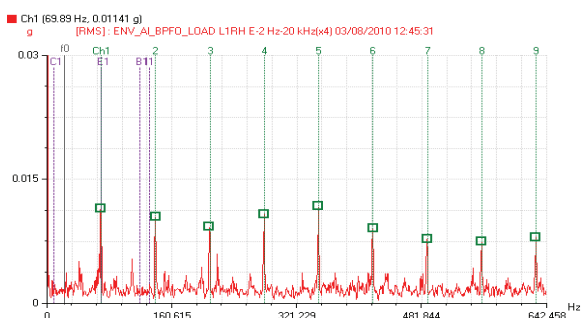
Slika 17. Anvelopa kod ležaja sa malim zazorima

Pri malom zazoru (slika 17.) anvelopni spektar je složen, sa veoma niskim amplitudama, malim vrhovima, što ukazuje na malo oštećenje.



Slika 18. Anvelopa kod ležaja sa velikim zazorima

Na slici 18. je prikazan anvelopni spektar kod ležaja sa velikim zazorom, pošto je dominantan prvi harmonik, sledi da je oštećenje veliko.



Slika 19. Anvelopa kod ležaja sa BPFO

Na slici 19. je prikazan signal sa izraženim vrhovima, što znači da je reč o velikom oštećenju. Na ovom grafiku se uočava modulacija s obzirom da se amplituda jedne frekvencije menja periodično.

## 5. ZAKLJUČAK

Praćenje i dijagnostika stanja kotrljajnih ležajeva je uvek aktuelna tema u oblasti vibrodiagnostike, te se stoga veoma često razvijaju i predlažu nove metode. Kotrljajni ležajevi su prisutni u velikom broju mašina i često se smatraju glavnim krivcima za otkaze na istim, iako je to neopravdano, jer je kotrljajni ležaj projektovan da radi dugi niz godina. Procenat prevremeno uništenih ležajeva usled neadekvatne ugradnje, nepravilnog podmazivanja, kontaminacije i zamora je vrlo velik. Iz ovog razloga svaki pogon u ozbiljnim fabrikama mora posedovati odgovarajući hardver i softver za detekciju oštećenja ležajeva. Jedna od malobrojnih kompanija koja je uvidela prednost i snagu objedinjavanja metode merenja i analize mehaničkih vibracija, metode merenja i analize buke, metode analize stanja ulja i termografske metode je francuski proizvođač opreme za buku i vibracije 01dB Metravib.

## 6. LITERATURA

- [1] MOBIUS: iLearnVibration, MOBIUS INSTITUTE, Melbourne, Australia 2002.
- [2] Zuber N., Ličen H.: Savremene metode praćenja stanja ležajeva na bazi merenja i analize mehaničkih vibracija, Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem, Beograd, Srbija i Crna Gora, 2005.

## Kratka biografija:



**Sanja Gardinovački** rođena je u Zrenjaninu 1983. godine, gde je završila Zrenjaninsku gimnaziju. Fakultet tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva, Mehanizacija i konstrukciono mašinstvo, upisala je 2002. godine. Diplomirala je 2010. godine.



**Mr Ninoslav Zuber** rođen je u Bačkoj Topoli 1973. godine. Od 1998. godine zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka kao asistent.

## PRIMENA NEURONSKE MREŽE ZA ODREĐIVANJE POSTOJANOSTI I TEMPERATURE REZANJA PRI ČEONOM GLODANJU

### THE USE OF NEURAL NETWORKS IN PREDICTING OF TOOL LIFE AND CUTTING TEMPERATURE DURING FACE MILLING

Danilo Janjatović, Pavel Kovač, Borislav Savković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – MAŠINSTVO

**Kratak sadržaj** – Veštačke neuronske mreže se poslednjih godina uspešno primenjuju u mnogim oblastima. Prednosti koje nude veštačke neuronske mreže učinile su da one postanu nezaobilazni alat u rešavanju sve složenijih problema koji se javljaju u proizvodnji. U radu su prikazani osnovni koncepti veštačkih neuronskih mreža i njihova primena pri operacijama glodanja. Cilj je bio da se da pregled istraživanja i dostignuća u primeni veštačkih neuronskih mreža u proizvodnim procesima čeonog glodanja a zatim izvrši određivanje zavisnosti postojanosti alata i temperature rezanja od režima rezanja i širine pojasa habanja.

**Abstract** – Artificial neural networks in recent years been successfully applied in many fields. The advantages offered by artificial neural networks have made that they become indispensable tools to solve increasingly complex problems that occur in production. This work presents the basic concepts of artificial neural networks and their application in Milling Operations. The aim was to provide an overview of research and achievements in the application of artificial neural networks in manufacturing processes face-milling and predict relationship for tool life and cutting temperature versus cutting conditions and width of flank wear land

**Ključne reči:** Neuronske mreže, Čeono glodanje, Temperatura, Postojanost

#### 1. UVOD

Veštačke neuronske mreže su jedna od najpopularnijih tehnika veštačke inteligencije čija je primena u rešavanju problema vezanih za proizvodnju započela krajem 80-ih godina prošlog veka. Od tada je objavljen veliki broj radova koji se odnose na primenu veštačkih neuronskih mreža pokrivajući širok spektar proizvodnih procesa, operacija i aktivnosti. Područje primene veštačkih neuronskih mreža u proizvodnji je iznenađujuće veliko i pokriva različite oblasti od projektovanja proizvodnih sistema i procesa pa do upravljanja proizvodnim sistemima i procesima.

Veštačke neuronske mreže su prepoznate kao neizbežan alat čijom se primenom može postići: poboljšanje kvaliteta proizvoda, povećanje proizvodnosti, smanjenje vremena odziva sistema, povećanje pouzdanosti itd.

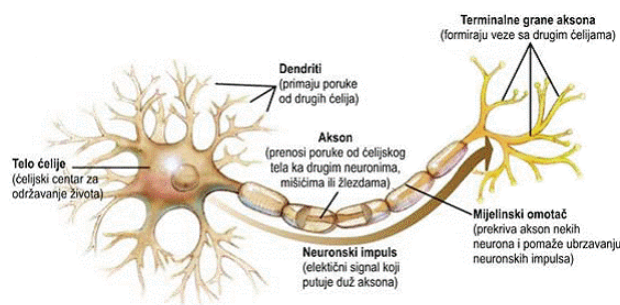
#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Pavel Kovač, red.prof.

One sa svojom strukturom, sposobnošću učenja i načinom funkcionisanja uopšte, predstavljaju sisteme vrlo primenljive u konkretnim industrijskim problemima kao što su operacije čeonog glodanja. mreže, što je i cilj ovog diplomskog rada. S obzirom na to, određivanje parametara obrade kao što su temperatura i postojanost koristeći veštačke neuronske

#### 2. VEŠTAČKE NEURONSKE MREŽE

Veštačke neuronske mreže su pojednostavljeni matematički modeli funkcija ljudskog mozga, tj. veštačka neuronska mreža je pokušaj imitacije biološke neuronske mreže. Biološki neuron je osnovna jedinica središnjeg nervnog sistema. Ukupni broj neurona u nervnom sistemu čoveka iznosi oko  $10^{11}$ . Neuroni su svrstani tako da je svaka pojedina skupina zadužena za određene funkcije. Unutar same skupine neuroni su čvrsto povezani tako da na ulaze jednih neurona dolaze izlazi drugih neurona. Veze mogu biti i povratne. Sam neuron sastoji se od tela neurona, dendrita i aksona.



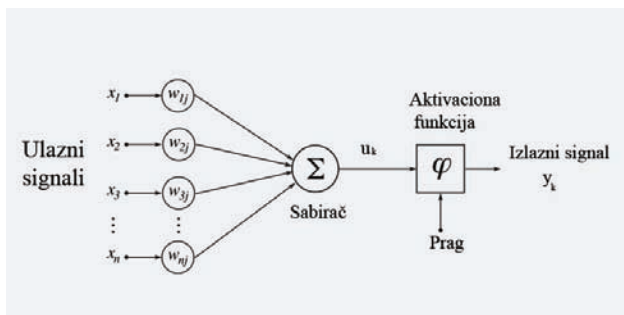
Slika 1. Model prirodnog neurona

Spojevi između dendrita jednog neurona i aksona drugog nazivaju se sinapse.

#### 2.1 Model veštačkog neurona

Veštački neuroni, kao i biološki, imaju jednostavnu strukturu i imaju slične funkcije kao i biološki neuron i. Telo neurona se naziva čvor ili jedinica.

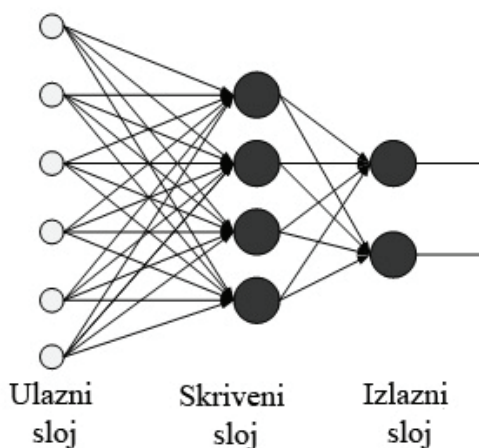
Osim prikazanog statičkog modela neurona na slici 2 postoji i dinamički model neurona koji u obzir uzima dinamička svojstva bioloških neurona. Takav dinamički model dobije se ako se statičkom neuronu doda na ulaz povratni signal(i) s izlaza neurona.



Slika 2. Model veštačkog neurona

## 2.2 Arhitektura neuronskih mreža

Sa pogledom na strukturu, veštačke neuronske mreže se dele na statičke (unapredne ili *Feedforward*) i dinamičke (povratne ili *Feedback*), zavisno o modelu neurona od kojeg su građene, i od načina prostiranja signala kroz mrežu. S obzirom na broj slojeva u kojima su raspoređeni neuroni, razlikuju se jednoslojne i višeslojne veštačke neuronske mreže. Kod mreža sa više slojeva, obično svaki sloj prima ulaze iz prethodnog sloja, a svoje izlaze šalje narednom sloju. Prvi sloj se naziva ulazni, poslednji je izlazni, ostali slojevi se obično nazivaju skrivenim slojevima. Jedna od najčešćih arhitektura neuronskih mreža je mreža sa tri sloja. Prvi sloj (ulazni) je jedini sloj koji prima signale iz okruženja. Prvi sloj prenosi signale sledećem sloju (skriveni sloj) koji obrađuje ove podatke i izdvaja osobine i šeme iz primljenih signala. Podaci koji se smatraju važnim se upućuju izlaznom sloju, poslednjem sloju mreže. Na izlazima neurona trećeg sloja se dobijaju konačni rezultati obrade. Složenije neuronske mreže mogu imati više skrivenih slojeva, povratne petlje i elemente za odlaganje vremena, koji su dizajnirani da omoguće što efikasnije odvajanje važnih osobina ili šema sa ulaznog nivoa. Danas se uglavnom izučavaju i primenjuju višeslojne neuronske mreže koje pored ulaznih i izlaznih slojeva sadrže neurone na srednjim (skrivenim) slojevima.



Slika 3. Višeslojne feedforward mreže

Dinamičke mreže su po strukturi iste kao i višeslojne mreže s tom razlikom da imaju barem jednu povratnu vezu. Povratna veza podrazumeva da se na ulaz dovodi zakasneli signal izlaza

## 2.3 Algoritmi učenja neuronskih mreža

Učenje je osnovna i suštinska osobina neuronskih mreža. Neuronske mreže uče na primerima. Primera bi trebalo da bude što više kako bi se mreža u kasnijoj upotrebi ponašala što preciznije. Suština procesa učenja je da on dovodi do korigovanja sinaptičkih težina. Kad ulazni podaci koji se dovode mreži više ne dovode do promena ovih koeficijenata, smatra se da je mreža obučena za rešavanje nekog problema. Obučavanje se može vršiti na nekoliko načina, ali bez obzira na korišćeni algoritam učenja, procesi su u suštini vrlo slični i sastoje se od sledećih koraka:

1. mreži se prezentuje jedan skup ulaznih podataka
2. mreža vrši obradu i rezultat se pamti (ovo je prolaz unapred)
3. izračunava se vrednost greške, tako što se dobijeni rezultat oduzima od očekivanog
4. za svaki čvor se računa nova sinaptička težina (ovo je prolaz unazad)
5. menjaju se sinaptičke težine, ili se ostavljaju stare vrednosti, a nove se pamte
6. na ulaze mreže se dovodi novi skup ulaznih podataka i ponavljaju se koraci od 1-5. Kada se izvrše svi primeri, ažuriraju se vrednosti sinaptičkih težina, i ako je greška ispod zahtevane vrednosti smatra se da je mreža obučena.

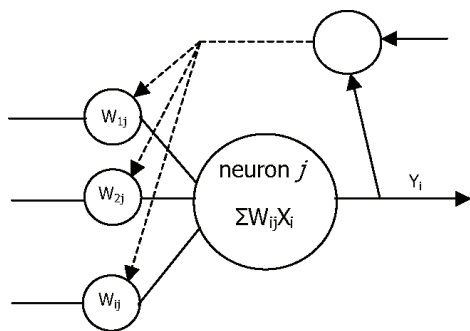
Pored strukture, algoritam učenja je najvažniji faktor razlikovanja među neuronskim mrežama.

## 2.4 Algoritam širenja greške unazad (back-propagation algorithm)

Back-propagation je skraćenica od *back error propagation* što bi moglo da se prevede kao "širenje greške unazad". Trenutno, za složene višeslojne mreže, ova zajednički razvijena back-propagation struktura je model koji je najpopularniji, najdelotvorniji i model koji se najlakše uči. Ova mreža je u upotrebi više nego sve ostale zajedno. Upotrebljava se za mnoge različite tipove aplikacija. Ova struktura je proizvela mnogo različitih tipova mreža sa različitim topologijama i metodama obuke. Njihova prednost se ogleda u nelinearnom rešavanju loše definisanih problema. Tipična back-propagation mreža ima ulazni, izlazni i najmanje jedan skriveni sloj. Teoretski nema ograničenja u broju skrivenih slojeva, ali je uobičajeno da ih ima jedan ili dva. Da bi se mreža koja uči na osnovu ovog algoritma koristila, potreban je prethodni trening mreže. Počevši od izlaznog sloja, razlika (greška) između željenih i stvarnih izlaza se računa da bi se na osnovu nje popravile vrednosti težina u prethodnom sloju. Princip se jasno vidi na slici 4.

Procedura ovog algoritma sastoji se iz sledećih koraka:

1. Inicijalizacija težina (slučajna).
2. Učitavanje ulaznog vektora i željenog izlaza.
3. Propuštanje ulaznog vektora kroz mrežu i dobijanje izračunatog izlaza.
4. Izračunavanje greške.
5. Podešavanje težina idući unazad od izlaznog sloja ka skrivenim slojevima



Slika 4. Algoritam greške

## 2.5 DOMENI PRIMENE

U početku su NM koristili naučnici računarskih i kognitivnih nauka koji su pokušavali da modeliraju čulni sistem živih organizama. Danas neuronske mreže predstavljaju veoma atraktivnu oblast istraživanja i postoje brojne oblasti u kojima se koriste.

Primenjuju se za:

- prepoznavanje oblika,
- prepoznavanje rukopisa,
- prepoznavanje govora,
- finansijske i ekonomske modele,
- predviđanje kretanja cena na tržištu,
- upravljanje sistemima,
- upravljanje proizvodnim procesima,
- analizu električnih kola,
- psihijatrijske procene,
- kompresovanje podataka,
- naftna istraživanja,
- kriminološka istraživanja,
- analizu medicinskih testova,
- ispitivanje EEG i EKG signala,
- pronalaženje optimalnog rešenja,
- upravljanje robotima,
- analiziranje podataka pri pirolizi i spektroskopiji,
- u bio računarskim sistemima,
- vremensku prognozu i
- u drugima oblastima.

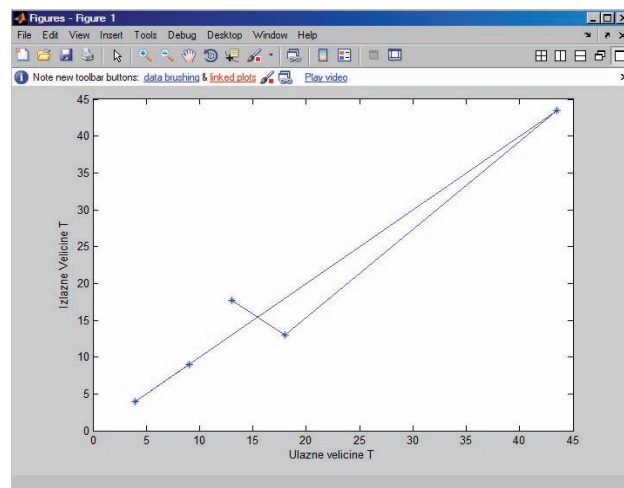
## 3. REALIZACIJA NEURONSKE MREŽE ZA ODREĐIVANJE TEMPERATURE I POSTOJANOSTI

Do podataka za obučavanje i testiranje mreže smo došli eksperimentalnim ispitivanjima koja su vršena sa jednim materijalom obradka i to sa čelikom sa poboljšavanje Č.1730 ,zbog velike zastupljenosti ovog čelika kako pri istraživanjima tako i praktičnoj primeni. Ispitivanja su sprovedena na vartikalnoj glodalici "prvomajska" FSS-GVK-3sa glavom za glodanje "JUGOALAT" G 715 Ø125 sa mehaničkim i pričvršćenim pločicama od tvrdog materijala.

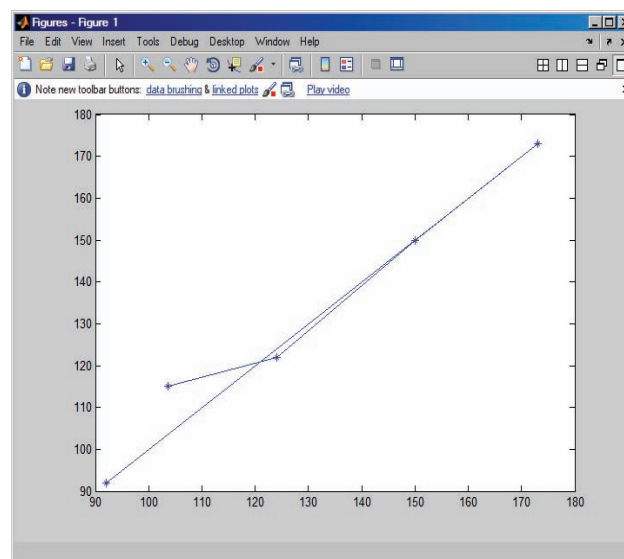
Za obučanja neuronskih mreža koristili smo programski jezik „MatLab“. MATLAB je moćan programski jezik za tehničke proračune. Ime je dobio od reči MATrična LA-Boratorija (engl. *matrix laboratory*), pošto mu je osnovni element podataka matrica (niz). MATLAB se može koristiti za matematička izračunavanja, modelovanje i simula-

cije, analizu i obradu podataka, grafičko prikazivače rezultata i razvoj algoritama. MATLAB je široko rasprostranjen na univerzitetima i višim školama, na uvodnim i naprednim kursevima iz matematike, prirodnih nauka i, naročito, inženjerskih oblasti. MATLAB pored svojih razvojnih i programabilnih mogućnosti poseduje još jednu zaista moćnu alatku koja je jedna od osnovnih odlika ovog paketa. To su *toolboxovi*. Naime, vrlo jednostavno se u MATLAB-u mogu kreirati sopstvene funkcije koje daju rešenja na postavljene zahteve. Skup ovako kreiranih funkcija (*m-fajlova*) objedinjenih u jednu celinu predstavlja osnovnu strukturu toolboxa. Toolboxovi dakako predstavljaju mnogo više od kolekcije upotrebljivih fajlova, jer je u njima objedinjen trud velikih svetskih istražitelja u raznim područjima nauke. Neural Network Toolbox obezbeđuje kompletni inženjering neuronske mreže u Matlab okruženju počevši od dizajna preko treninga do simulacije raznih algoritama neuronskih mreža koji su u Matlabu prezentovani počev od osnovnog modela Perceptrona pa do najsloženijih tzv. samoorganizujućih mreža.

Na slici 5. i slici 6. prikazane su korelacije između očekivanih i dobijenih vrednosti postojanosti i temperature rezanja.



Slika 5. Korelacija između očekivanih i dobijenih vrednosti postojanosti alata



Slika 6. Korelacija između očekivanih i dobijenih vrednosti temperature rezanja

Obuka i testiranje su najvažnije osobine neuronske mreže zato što upravo obuka i testiranje određuju njene karakteristike. Prilikom obuke prvi korak je unošenje pitanja na koja znamo odgovor. Mreža odgovara na pitanje, a odgovor se upoređuje sa tačnim odgovorom. Zatim, težina veza između individualnih neurona se menja dok mreža ne da tačan odgovor na postavljeno pitanje. Ovaj postupak se ponavlja sve dok veštačka neuronska mreža nije adekvatno obučena. Očekivani rezultat je stvaranje neuronske mreže koja može da odgovori na pitanje za koje nemamo poznat odgovor. Tačnost odgovora se zatim proverava postavljanjem drugih pitanja na koja znamo odgovor. Obuka će odrediti da li neuronska mreža može da pruži očekivani odgovor, ako to ne može pristupa se ponovnoj obuci mreže. Ovaj proces se ponavlja dok mreža ne pruži zadovoljavajuće rezultate. Proces obuke mreže ne treba da prođe kroz prevelik broj faza jer će tako zbog prezasićenosti izgubiti svoju sposobnost generalizacije. Mreža sakuplja sve više i više detalja iz podataka za obuku koji nisu relevantni za rezultate testa. Ovo može povećati učestalost greške kod određenih podataka koji se unose u mrežu, a mreža gubi svoju sposobnost generalizacije koja je neophodna za dobar rad mreže.

| V<br>(m/s)    | Sz<br>(mm/z) | t <sub>očekivano</sub><br>(oC)  | t <sub>dobijeno</sub><br>(oC)  | E<br>(%) |
|---------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------|----------|
| 2.32          | 0.280        | 92                              | 92.0069187227286               | -0.0075  |
| 3.67          | 0.280        | 173                             | 173.003127473027               | -0.0018  |
| 2.32          | 0.178        | 150                             | 149.997807760271               | 0.0014   |
| 2.95          | 0.223        | 122                             | 124.00160798162971             | -1.6147  |
| 2.95          | 0.142        | 115                             | 103.672105666113               | 10.9266  |
| Ulazni Podaci |              |                                 | Izlazni podaci                 | 1.8608   |
| δ<br>(mm)     | VB<br>(mm)   | T <sub>očekivano</sub><br>(min) | T <sub>dobijeno</sub><br>(min) | E<br>(%) |
| 1             | 0.12         | 9                               | 9.0163866835307                | -0.1817  |
| 2.25          | 0.12         | 4                               | 4.00313757705919               | -0.0783  |
| 2.25          | 0.28         | 43.5                            | 43.4995682110985               | 0.0099   |
| 1.5           | 0.18         | 18                              | 13.0052810993436               | 38.4053  |
| 1.5           | 0.18         | 13                              | 17.6780968631553               | -26.4626 |
|               |              |                                 |                                | 2.3385   |

**Tabela 1.** Očekivane vrednosti, dobijene vrednosti i procenat odstupanja

Rezultati dobijeni primenom dobijene neuronske mreže, dati u tabeli 1., pokazuju slaganje sa eksperimentalnim vrednostima. U prva tri slučaja dobijaju se i više nego odlični rezultati dok se u poslednja dva slučaja procenat odstupanje povećava. Ovo pokazuje da je izabrani algoritam dobar, ali da je broj ulaznih informacija nedovoljan.

#### 4. ZAKLJUČAK

VNM su postale nezamenljiv alat pri rešavanju zadataka koji se odnose na proizvodne procese. Raznovrsnost i priroda problema koji se javljaju pri rešavanju proizvodnih zadataka stvorili su pogodne uslove za primenu VNM.

VNM su se pokazale vrlo uspešno bilo da je reč o: kontroli kvaliteta, raspoređivanju resursa, planiranju proizvodnje, upravljanju, simulaciji, modeliranju i mnogim drugim aktivnostima. Prepoznat je veliki značaj VNM u rešavanju najrazličitijih problema proizvodnje. VNM ne treba shvatiti kao zamenu za klasične metode. Njihove prednosti se naročito iskazuju kroz integraciju sa klasičnim tehnikama i ostalim metodama veštačke inteligencije.

#### 5. LITERATURA

- [1] Milenković S.: Veštačke neuronske mreže, Zadužbina Andrejević, Beograd, 1997.
- [2] Ilić V., Adresa stranice je: <http://Solair.Eunet.rs/~ilicv/neuro.html>, 1999.
- [3] Pavel K.: Rezanje Metala, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1998.
- [4] Racković M.: „Osnovni modeli neuralnih mreža“, Grupa za informacione tehnologije, Novi Sad, 2000
- [5] Nedić, B., Lazić, M.: Proizvodne tehnologije – Obrada metala rezanjem, Mašinski Fakultet Kragujevac, Kragujevac, 2007.

#### Kratka biografija:



**Danilo Janjatović** rođen je u Travniku 1981. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Mašinstva – Fleksibilne tehnologije, sistemi i računarom integrisana proizvodnja, Rezanje metala odbranio je 2010. godine.



**Dr Pavel Kovač** rođen je u Bačkom Petrovcu 1950. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1987. god., a od 1998. je redovan profesor. Oblasni njegovog interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala, nekonvencionalni postupci obrade, teorija obrade rezanjem.



**Borislav Savković** rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Mašinstva – Fleksibilne tehnologije, sistemi i računarom integrisana proizvodnja, iz predmeta Rezanje metala odbranio je 2008.god., od 2009.god je u zvanju asistent

**ISTRAŽIVANJE FENOMENA HABANJA UZ POMOĆ ATOMSKOG MIKROSKOPA  
AFM****INVESTIGATIONS WEAR PHENOMENON WITH ATOMIC FORCE MICROSCOPE  
AFM**

Kosta Vlasisavljević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – Cilj ovog diplomskog rada jeste da se istraže fenomeni nano promena u zoni habanja tribološkog para. Za ova istraživanja je neophodno koristiti ultra precizna merenja zbog čega je neophodno imati AFM – atomski mikroskop čija tačnost dostiže  $\pm 2$  nm. Takav mikroskop postoji u Centru za inženjerstvo i nanotehnologije FTN Novi Sad.

**Abstract** – The purpose of this paper is to investigate effects of wear tribological couple at the nanometer scale. For this examine is necessary have the AFM – atomic force microscope. That microscope have in Centre for engineering and nanotechnology FTN Novi Sad.

**Ključne reči:** Fenomeni habanja. Atomski mikroskop – AFM.

**1. UVOD**

Cilj inženjerstva površina je istraživanje ojačavanja površinskog sloja delova da obezbedimo maksimalnu otpornost na dejstvo spoljnjih opterećenja. Dejstvo ovih spoljnjih opterećenja može biti veoma kompleksno imajući u vidu da:

- površinski sloj je mesto površinski sloj je mesto najčešćih otkaza elemenata u eksploataciji pošto se tu ostvaruje kontakt u sklopu,
- najveći naponi se često pojavljuju baš u površinskom sloju,
- površinski sloj je mesto tribokontakta i habanja,
- hemijske reakcije se najintenzivnije ispoljavaju na samoj površini predmeta i
- najveće temperaturne uticaje trpi površina.

Ojačavanje površinskog sloja možemo ostvariti na više ali moderne tehnologije uglavnom se baziraju na:

- nanošenju prevlake na podlogu, osnovni materijal i
- modifikovanju površinskog sloja.

Prevlaka je novi sloj materijala nanešen na podlogu, osnovni materijal, uz međusobno povezivanje.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Damir Kakaš, red.prof.

Modifikovani sloj predstavlja uvođenje materijala hemijskog elementa u atomarnom stanju u površinu osnovnog materijala gde se efekat ojačavanja postiže stvaranjem intersticijskih i supstitucijskih čvrstih rastvora, stvaranjem novih faza i dislokacijama.

Osnovne osobine prevlake i modifikovanog sloja moraju biti takve da novodobijeni površinski sloj poseduje mnogo bolje osobine nego prvobitni sloj.

Jedna od najvažnijih osobina kod površinskih slojeva je otpornost na habanje, jer ona bitno utiče na životni vek radnog predmeta. Zbog toga se velika pažnja u mašinstvu posvećuje istraživanju fenomena habanja i povećanja otpornosti na habanje. Sa obzirom na izuzetne ekonomske efekte ako se ovaj problem reši na optimalan način, naprimer Titan nitriranjem možemo povećati trajnost alata 5 – 10 puta a da pri tome troškovi depozicije povećaju cenu od 50 – 100 % u odnosu na alat bez prevlake.

Danas se mašinstvo razvija u pravcu sve preciznijh mašina i alata da bi se proizveli radni predmeti sa izuzetnom preciznom i kvalitetnom površinom. Postoji oblast ultrapreciznog mašinstva gde se tačnost dimenzija propisuje u nanometrima. Zbog toga se i od alata odnosno delova mašina alatki traži nano preciznost. To znači da alat nesme da izgubi u toku procesa habanja više desetina nanometara a da pri tome ne izgubi svoju tačnost i funkcionalnost.

U ovom diplomskom radu su vršena merenja fenomena habanja na uzorcima prevučenim sa TiN na različitim temperaturama depozicije i sa različitom polaznom hrapavošću površine.

Cilj ovog merenja je istraživanje da li postoji uticaj temperature depozicije i prelazne hrapavosti na efekte trenja i habanja TiN prevlaka.

Karakteristike trenja i habanja kao osnovnih triboloških parametara u velikoj meri zavise od specifičnosti primenjenog tribološkog sistema, radnih i tehnoloških karakteristika kao što su opterećenje, temperatura, hrapavost, uticaj sredine, uslovi dodira i drugo.

Kod analize trenja razmišlja se o kontaktnom trenju i ono predstavlja otpor relativnom kretanju dva tela u kontaktu između kojih deluje normalni napon. Fizičko – hemijski procesi u kontaktu kojima se objašnjava fenomen kontaktnog trenja veoma su kompleksni. Kontaktno trenje je negativna pojava jer utiče na povećanje potrebne sile za rad, na habanje alata i delova mašina, pri tome je jedini izuzetak proces valjanja gde je trenje uslov odvijanja procesa. Važno je uočiti prirodu trenja. Priroda trenja

pretpostavlja da imamo najmanje dva tela u kontaktu između kojih deluje normalni napon. Moramo razlikovati trenje u kinematskim sklopovima i trenje u tehnologijama plastičnog deformisanja.

Na veličinu kontaktnog trenja utiču različiti faktori kao što su, vrsta procesa obrade, vrsta materijala tela u kontaktu, temperatura, podmazivanje, stanje kontaktnih površina. Brojčane vrednosti koeficienta trenja  $\mu$  se uglavnom kreću u intervalu  $0 < \mu < 0,5(0,577)$ . Vrednost  $\mu=0$  nije moguća, vrednosti  $\mu = 0,08 - 0,12$  su vrlo dobre, vrednost  $\mu < 0,15$  je standardna, a vrednosti koeficienta trenja  $\mu > 0,15$  su loše.

Tribološke interakcije čvrstih površina izloženih međusobnom kontaktu i uticaju okoline može da dovede do gubitka materijala. Proces koji dovodi do gubitka materijala je poznat kao habanje. Od mnogih načina habanja kao neki od najuticajnijih mogu da se navedu; abrazija, erozija, korozija ili hemijsko habanje i kavitacija.

## 2. TRIBOLOŠKA ISPITIVANJA

Brojni su tradicionalni alati za Tribološka ispitivanja, trenja, podmazivanja i habanja. Alati koji se danas primenjuju za ova ispitivanja su tribometri i imaju neku od najčešće primenjenih konfiguracija kao što su pin na disku / pin-on-disk /, kuglica na ploči / ball-on-flat / i ploča na ploči / flat-on-flat /. Tribološka ispitivanja se mogu izvoditi u različitim uslovima ali neophodnost ispitivanja tvrdih prevlaka u laboratorijskim uslovima je u činjenici da direktna primena na realnim elementima može dovesti do neželjenih posledica. Važan zadatak u tribologiji je izbor mašine za ispitivanje. Za ispitivanje se koriste i najjednostavnije i složene tehnika testiranja. Tribometer Linearnog recipročnog habanja, konfiguracije kuglica na ploči, često se koristi za jednostavna merenja, dok za cikluse visokih zahteva, testove tankih prevlaka i velikih brzina, može biti odgovarajuća primena jednosmernog, pin na disku, tribometra.

Nove tehnike ispitivanja materijala zahtevaju razumevanje tribologije na nivou nanometarskih veličina. U današnje vreme AFM je postao uređaj koji se rutinski primenjuje za tribološka proučavanja u nanometarskim veličinama. Naročita prednost primene AFM u tribologiji uključuje direktnu trodimenziono vizuelizaciju tragova habanja i topografije površine.

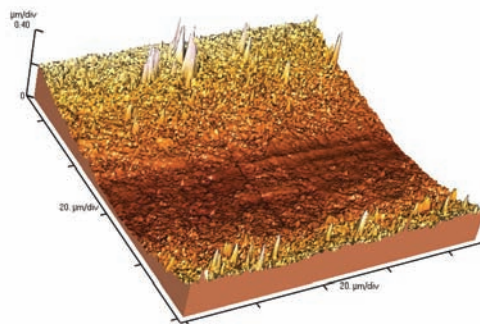
## 3. REZULTATI MERENJA

U ovom radu upoređeni su rezultati tribološkog ispitivanja uzoraka sa TiN prevlakom deponovanom na poliranu i brušenu površinu. Pri tome je varirana temperatura depozicije – dva uzorka su deponovan na 200°C dok su druga dva deponovana na 400°C.

Tribološka ispitivanja su rađena na uređaju za recipročno klizanje na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu pri čemu su varirane veličine opterećenje i brzina klizanja tribološkog para. U ovom diplomskom radu su prikazani rezultati dobijeni sa opterećenjem od 1.000 mN i sa brzinom 25 mm/s.

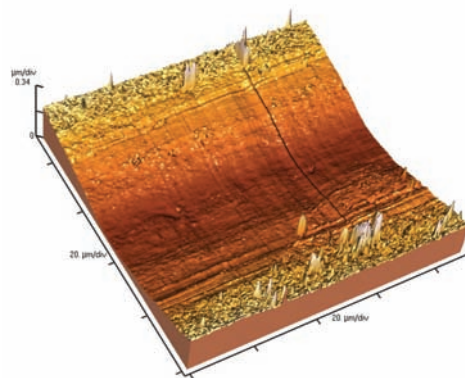
Na slici 1 dat je izgled zone habanja po Y osi, 200°C uzorak poliran 1000mN 25mm/s - osa skeniranja Y.

Posmatranjem rezultata AFM merenja na istom mestu ali sa pomeranjem mernog pipka uzdužno ili poprečno na trag habanja dobijaju se vidljivo različiti izgledi 3D predstave zone habanja.



Slika 1. AFM 3D izgled površine habanja na sredini zone recipročnog klizanja – Y osa. (uzorak 1)

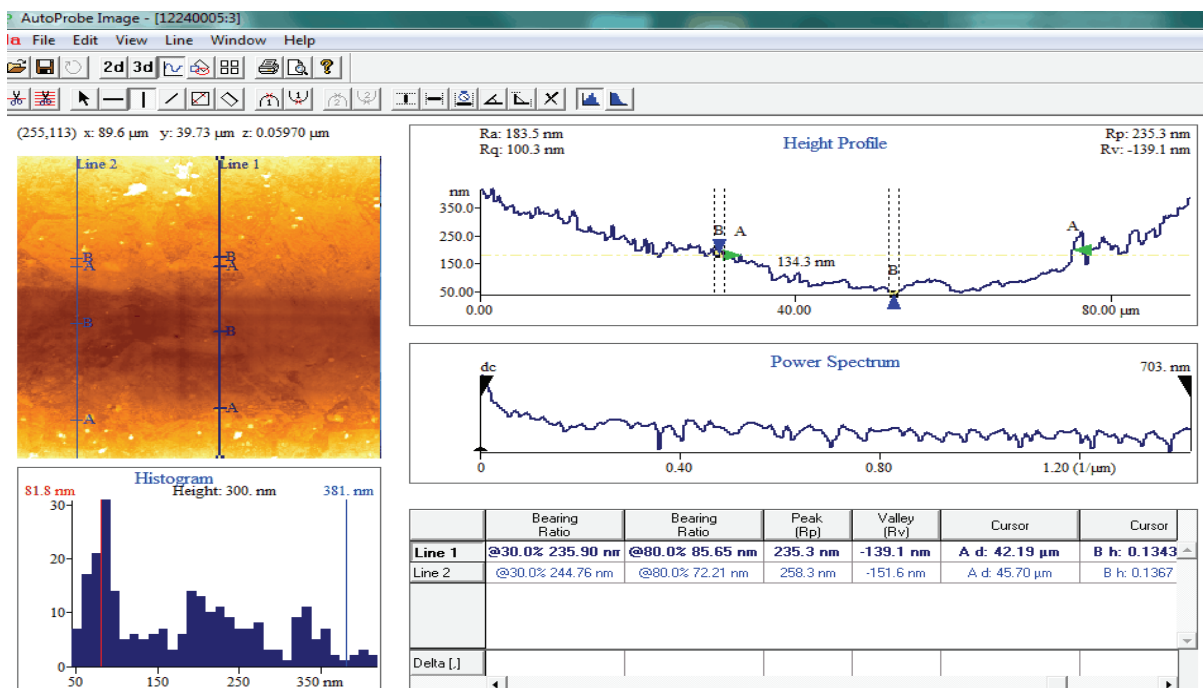
Na slici 2 dat je izgled zone habanja po Y osi, na kojem se vidi da je površina uzorka 2 hrapava ali nešto manje nego kod uzorka 1, što se može objasniti delovanjem duplo više temperature depozicije TiN. Sam žljeb je mnogo širi od prethodnog (kod uzorka 1) tako da zauzima skoro ceo opseg merenja. Ovde je AFM bio podešen na opseg 90x90 µm.



Slika 2. Izgled 3D prikaza AFM merenja po osi Y (uzorak 2)

Na slici 3. dat je izgled 2D prikaza površine habanja na sredini zone recipročnog klizanja. Slika predstavlja sliku koju imamo na ekranu AFM uređaja. Povučene su dve vertikalne linije poprečno na trag habanja.

Markeri A pokazuju da je širina žljeba 42,19 nm kod linije 1, dok je kod linije 2 izmereno 45,70 nm. Odavde je vidljivo da se širina žljeba određuje sa velikim uticajem subjektivne procene, pošto granice žljeba habanja nisu sasvim jasno vidljive bar kod ovog uzorka. Dubina žljeba je kod linije 1 – 143,3 nm a kod linije 2 – 136,7 nm.



Slika 3. Linijska analiza AFM merenja po osi Y

Tabela 1. Sumarni pregled rezultata dobijenih merenjem na uzorcima 1 – 4

| Uzorak | Ra [nm]           |           | Rp-v [nm]         |           | Širina<br>žljeba<br>[μm] | Dubina<br>žljeba<br>[nm] | Koeficijent trenja,<br>μ |
|--------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|        | Osnovni materijal | Žljebanje | Osnovni materijal | Žljebanje |                          |                          |                          |
| 1      | 17,71             | 11,06     | 117,5             | 68,9      | 43,94                    | 135,5                    | 0,122                    |
| 2      | 15,44             | 6,31      | 170,7             | 36,81     | 68,91                    | 292,7                    | 0,166                    |
| 3      | 28,95             | 15,18     | 218,2             | 102,4     | 25,06                    | 86,18                    | 0,098                    |
| 4      | 14,15             | 11,12     | 107,2             | 68,34     | 43,83                    | 59,4                     | 0,135                    |

#### 4. ZALJUČAK

AFM uređaj se pokazao kao veoma pogodan uređaj za istraživanje fenomena habanja TiN prevlake sa obzirom da su morfološke promene bile nanometarske i u domenu opsega merenja ovog uređaja.

Preliminarni pregled zone habanja pomoću SEM pokazuje makroizgled zone habanja i daje grubu sliku o ukupnom efektu habanja. Naravno da detalji SEM analize sa većim povećanjima pomažu u sagledavanju rezultata procesa habanja ali kvantometarski rezultati o detaljima procesa habanja mogu se dobiti tek nakon AFM analize uzorka i dodatnih obrada rezultata uz pomoć adekvatnog softvera. Na osnovu izvršenih merenja sa AFM uređajem može se zaključiti da su efekti habanja bili više izraženi kod uzoraka TiN prevlake deponovanih na višim temperaturama, nakon poređenja vrednosti širine žljeba. Ovi rezultati su u korelaciji sa vrednostima dobijenih vrednosti za koeficijent trenja – veća vrednost koeficijenta trenja odgovara i većim širinama žljeba habanja. Uticaj polazne hrapavosti uzorka na vrednosti koeficijenta trenja je vidljiv, pošto se veći koeficijent

trenja dobija kod poliranih površina u odnosu na brušene površine, kako kod depozicije na 200°C tako i kod uzoraka deponovanih na 400°C.

Imajući u vidu obim diplomskog rada i saglasno tome obim ispitivanih uzoraka ne mogu se davati opšte važeći zaključci, ali je nesporno da se ispitivani fenomeni trenja i habanja TiN prevlake mogu veoma uspešno i na nov način istraživati uz pomoć merenja na AFM.

#### 4. LITERATURA

[1] D. KAKAŠ.; B. ŠKORIĆ.; S. MITROVIĆ.; M. BABIĆ.; P. TEREK.; A. MILETIĆ.; M. VILOTIĆ: Influence of Load and Sliding Speed on Friction Coefficient of IBAID Deposited TiN, Tribology in industry, volume 31, No. 3 & 4, (2009). 1 – 8/

#### Kratka biografija:

**Kosta Vlasisavljević**, diplomski –master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti proizvodno mašinstvo odbranio je 2010.godine.

# EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA OTPORA REZANJA PRI ČEONOM GLODANJU NODULARNOG LIVA

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF CUTTING FORCES DURING FACE MILLING OF NODULAR CAST IRON

Vučić Pantović, Pavel Kovač, Borislav Savković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – MAŠINSTVO

**Kratik sadržaj** – U radu su predstavljena eksperimentalna ispitivanja otpora rezanja pri čeonom glodanju. Ispitivanja su izvršena pri rezanju dve vrste nodularnog liva legiranog bakrom. Pri ispitivanju je korišćena virtualna instrumentacija projektovana za merenje otpora pri rezanju. Tokom ispitivanja praćena je promena ortogonalnih komponenti otpora u vremenu određena je zavisnost komponenti otpora rezanja od režimi rezanja.

**Abstract** – In the paper experimental investigations of cutting forces during face milling are presented. Investigations were provided during milling of two kinds of nodular cast iron alloyed with copper. In investigations was used virtual instrumentation projected for cutting forces measurement. During investigation orthogonal cutting forces components versus time were measured and relationships for cutting forces components versus cutting conditions were determined.

**Ključne reči:** glodanje, sile rezanja, koren strugotine

### 1. UVOD

Da bi se izvršilo rezanje, potrebno je alatom delovati na predmet obrade. Sila kojom delujemo alatom na predmet obrade naziva se sila rezanja. Ova sila ima isti intenzitet i pravac, a suprotan smer od otpora rezanja. Polazeći od pretpostavke da je za inženjerske proračune moguće prihvatiti aproksimaciju da se deformisanje i smicanje materijala u zoni rezanja odigrava u tankom sloju koji se može predstaviti jednom ravni (ravan smicanja) stvoren je osnovni model za analizu sila rezanja pri ortogonalnom rezanju (opšti slučaj rezanja).

U radu akcenat je, pre svega, stavljen na posmatranje i analizu sila i otpora pri rezanju i njihovu promenu u odnosu na variranje režima rezanja.

Nodularni liv je liveno gvožđe kod koga se grafit tokom procesa livenja izdvaja u vidu nodula, tj. sfera. Ovakav oblik grafita je izrazito povoljan zbog čega nodularni liv u odnosu na sva ostala livena gvožđa poseduje uz visoku čvrstoću i najveću duktilnost. Daljim termičkim tretmanom (austemperovanjem, odnosno izotermnim poboljšavanjem) nodularnog liva mogu se dobiti još bolje osobine, a nastali materijal se zbog svoje jedinstvene strukture – ausferit, naziva ADI (Austemperd

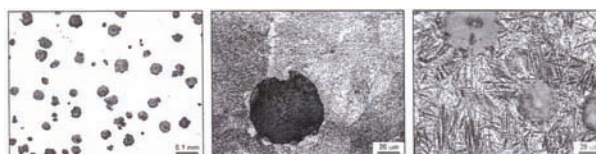
Ductile Iron), tj. austemperovani nodularni liv. Širok dijapazon osobina omogućili su da se ADI materijal koristi kao zamena za velike delove koji se obično izrađuju kao čelični otkovci. Šta više, delovi izrađeni od nodularnog liva ili ADI materijala se često koriste za mašine i uređaje koji rade u ekstremnim uslovima. Stoga je neophodno znati ponašanje materijala pri obradi rezanjem pri raznim režimima obrade i usmeriti istraživanja prema zadovoljavajućim rezultatima obrade.

Mehaničke osobine nodularnih livova i ADI materijala kao ilustracija su prikazani u tabeli 6.1. Austemperovanje poboljšava sve mehaničke osobine nodularnog liva, tako da dolazi do povećanja vrednosti čvrstoće i tvrdoće od 1.5 do 2 puta. Ovaj porast mehaničkih osobina je uslovljen promenom mikrostrukture iz pretežno perlitne kod NL u ausferitnu kod ADI materijala.

| Materijal | Zatezna<br>čvrstoća<br>$R_m [MP_a]$ | Napon<br>tečenja<br>$R_{p0.2\%} [MP_a]$ | Tvrdoća<br>$HV_{10}$ |
|-----------|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|
| NL        | 771                                 | 510                                     | 270                  |
| ADI       | 1110                                | 995                                     | 480                  |

Tabela 1 Mehaničke osobine materijala na sobnoj temperaturi

Mikrostruktura nodularnog liva (NL) i ADI materijala u poliranom i nagriženom stanju su date na slici 1(a-c). Nodule grafita u livu su ravnomerno raspoređene sa stepeno msferoidizacije preko 90% , dok je njihova gustina od 60 do 80 nodula/mm<sup>2</sup> uz prosečnu veličinu nodula od 40 do 55 μm, slika 6.1(a). Mikrostruktura metalne osnove nodularnog liva se sastoji iz perlita i ferita ( pretežno perlitna, sa više od 90% perlita) , slika 1(b). Mikrostruktura ADI materijala dobijenog nakon austemperovanja nodularnog liva je ausferitna sa metalnom osnovom, sastavljena iz igličastog (acikularnog) ferita i zaostalog austenita, slika 1(c). Količina zaostalog austenita u mikrostrukтури ADI materijala iznosi 16,56%.



Slika 1. (a-c) Mikrostruktura nodularnog liva (NL) i ADI materijala a) nodule grafita, b) perlitna mikrostruktura kod NL, c) ausferitna mikrostruktura kod ADI

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je prof.dr Pavel Kovač.

## 2. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Eksperimentalna procedura

Cilj eksperimenta je da se za obradke o nodularnog liva izvrši merenje komponenti otpora rezanja za različite režime obrade pri obimnom glodanju. Pri tome odrediti zavisnosti otpora rezanja od brzine rezanja, pomaka po zubu i dubine rezanja.

U ovom radu korišćeni su:

- Nodularni liv legiran sa 0.45% Cu (označen NL1)
- Nodularni liv legiran sa 1.6% Cu i 1.5% Ni (označen NL2)
- ADI materijal – gde je NL1 austenitizovan na 900°C/2h i austemperovan na 350°C/2h označen (A1)
- ADI materijal – gde je NL2 austenitizovan na 900°C/2h i austemperovan na 350°C/3h označen (A2)

### 2.2. Uslovi pri eksperimentalnom ispitivanju

#### a) Mašina:

Ispitivanje je sprovedeno na vertikalnoj glodalici "PRVOMAJSKA" FSS-GVK-3P. Ova mašina je izabrana jer je dovoljno kruta, ima dovoljnu snagu i dostupna je za ispitivanje.

#### b) Alat:

Pri ispitivanju je korišćena glava za glodanje "JUGOALAT" G.751 sa pločicom od TM-P25. Ispitivanje je vršeno sa jednim zubom.

#### c) Sredstvo za hlađenje i podmazivanje nije korišćeno.

Da bi se kontinualno i simultano merile komponente sila (otpora) rezanja, obradak je postavljen na trokomponentni dinamometar firme "KISTLER" tip 9257A.

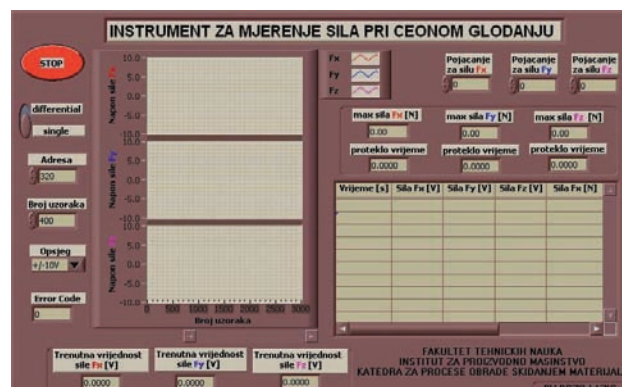
### 2.3. Princip merenja sila i njihov prikaz

U ovom radu je za pokretanje i kontrolu hardvera za A/D konverziju korišćen softverski paket LabVIEW. Osim jednostavnog očitavanja vrednosti napona za sile sa dinamometra, virtuelni instrument je koncipiran tako da prikazuje promenu vrednosti sila na dijagramu, prikaz svih očitanih vrednosti u određenim vremenskim intervalima u tabeli i prikaz najvećih vrednosti sila tokom jednog merenja.

Merenje otpočinje pritiskom na taster RUN (sa tulbara), a završava se pritiskom na dugme STOP. Po završenom merenju generiše se Excel tabelarni fajl koji dalje služi za obradu rezultata merenja. Kolone u ovom fajlu su identične kolonama u tabeli u samoj aplikaciji.

Izgled front panela virtuelnog instrumenta prikazan je na slici 2. Izgled je prilagođen korisniku tako da se od njega ne zahteva gotovo nikakvo poznavanje koncepta grafičkog programiranja u okviru programskog jezika LabVIEW.

Podatke koje program za akviziciju prikuplja potrebno je snimiti na hard disk, tj. prebaciti datoteke sa rezultatima merenja na neki od medija za arhiviranje podataka. Zbog velikog broja merenja pri izradi plana eksperimenta definišu se imena datoteka svakog pojedinačnog merenja i u njih skladište odgovarajući podaci.



Slika 2. Izgled front panela virtuelnog instrumenta VI za glodanje

### 2.4 Analiza uzoraka pomoću svetlosnog mikroskopa

Obrada je vršena na vertikalnoj glodalici, sa alatima od tvrdog metala, bez primene sretstva za hlanenje i podmazivanje. Korišćena je metoda brzog zaustavljanja procesa rezanja ("quick-stop" metod) koja je razvijena na Institutu za proizvodno mašinstvo, FTN u Novom Sadu. Za mikrostrukturnu analizu, uzorci su pripremani za svetlosno i skening elektronsko mikroskopsko posmatranje standardnom metalografskom tehnikom i ispitivani su Leitz-Orthoplan svetlosnim mikroskopom (LM) i JEOL JSM 6460 LV skening elektronskim mikroskopom (SEM) pri naponu od 25 kW..

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Merenje komponenata rezultujuće sile rezanja bilo je prilagođeno statističkim metodama trofaktornog plana eksperimenta, koje pored ušteda u alatu, materijalu obratka i vremenu ispitivanja, obezbeđuju dovoljno pouzdane zavisnosti između ulaznih i izlaznih veličina procesa.

S obzirom da je izvršeno po 12 merenja za četiri oblika materijala obratka, ustanovljeno je da bi najbolje bilo u nastavku prikazati rezultate merenja za samo dva materijala. Tako već od sledeće strane počinje prikaz dijagrama zavisnosti sila Fx, Fy i Fz od vremena t pri obimnom glodanju ADI materijala i nodularnog liva.

Posmatranjem dijagrama na kojima su prikazane promene komponenti rezultujuće sile rezanja u zavisnosti od vremena, može se pre svega uočiti da je najveća komponenta Fx, srednja Fy, a najmanja Fz.

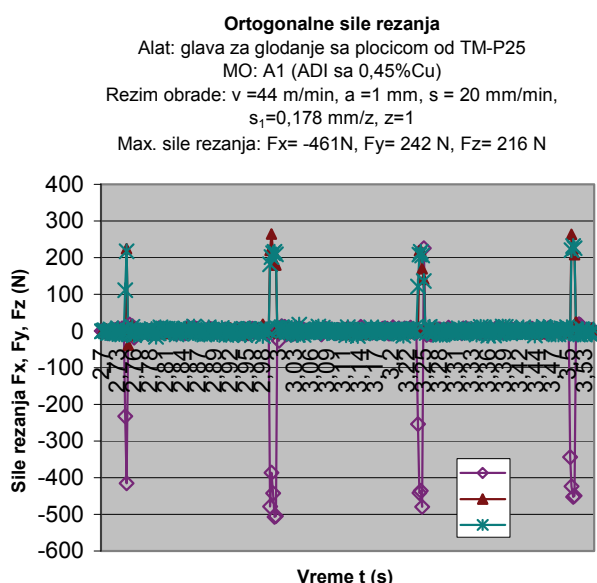
Pored toga, posebno se ističe i pojava neravnomernosti komponenata rezultujuće sile rezanja zbog periodičnog ulaska, odnosno izlaska zuba iz materijala obratka. S obzirom da se vrednosti komponenata na prikazanim dijagramima periodično menjaju od nule do neke maksimalne vrednosti  $F_{imax}$  sledi da je pri eksperimentalnom ispitivanju uvek samo jedan zub glodala bio u zahvatu. To je prvenstveno posledica male

širine glodanja koja iznosi  $B = 10 \text{ mm}$ . Ova neravnomernost komponenata je specifična za glodanje, pri čemu se ovom dejstvu mogu pridružiti i oni uzroci promenljivosti sila rezanja koji proizilaze iz samog procesa rezanja (smenjivanje pojedinih faza pri stvaranju strugotine).

Izgled dijagrama zavisnosti sila  $F_x$ ,  $F_y$  i  $F_z$  od vremena kod različitih struktura nodularnog liva potpuno je isti sa prikazanim dijagramima, osim što su vrednosti komponenata rezultujuće sile rezanja različite za sve oblike materijala pri istim režimima obrade.

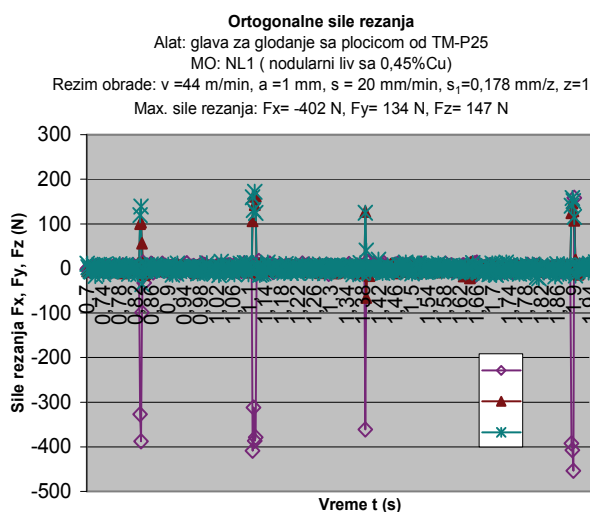
Na slici 3. je prikazan dijagram koji kao ilustracija prikazuje kako se menjaju ortogonalne sile u zavisnosti od vremena pri određenim režimima obrade. Na prikazanom dijagramu korišćen je ADI materijal.

Svi naredni dijagrami su veoma slični pri tom da se razlikuju samo vrednosti sila koje su izmerene pri eksperimentalnom radu.



Slika 3. Promena ortogonalnih sila u funkciji vremena kod ADI materijala

Na narednoj slici radi ilustracije prikazan je dijagram promene ortogonalnih sila u funkciji vremena za drugi korišćeni materijal (nodularni liv u livenom stanju).

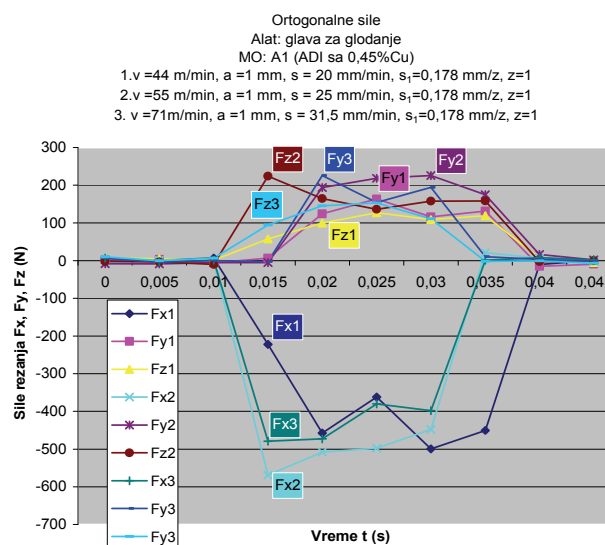


Slika 4 Promena ortogonalnih sila u funkciji vremena kod nodularnog liva

Sa ovih slika možemo videti da su sile pri istim režimima obrade za ova dva materijala bitno različite. Sile kod ADI materijala su veće nego kod nodularnog liva u livenom stanju. To možemo pripisati višim mehaničkim osobinama ADI materijala u odnosu na NL u livenom stanju.

U nastavku su prikazani dijagrami zavisnosti sila  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  kao i rezultujuće sile rezanja  $F_r$  od brzine rezanja  $v$ , pomaka po zubu  $s_1$  i dubine rezanja  $\delta$  za dva oblika nodularnog liva koja su se koristila u eksperimentu. Da bi se dobili ovi dijagrami uvek se jedan element režima obrade varira a dva se ostavljaju konstantnim.

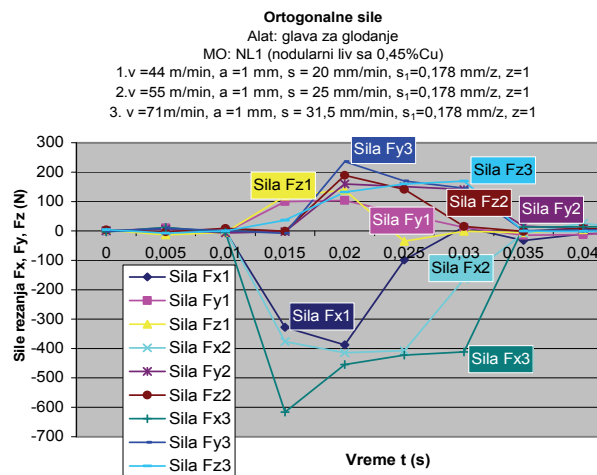
Na slici 5. prikazan je dijagram maksimalnih sila pri obradi ADI materijala. Dalje je data tabela sa vrednostima sila.



Slika 5 Maksimalne sile rezanja pri konstantnoj dubini i pomaku a različitim brzinama rezanja (ADI)

| V (m/min) | $F_x$ | $F_y$ | $F_z$ |
|-----------|-------|-------|-------|
| 44        | 461   | 242   | 216   |
| 55.2      | 271   | 198   | 381   |
| 71        | 526   | 190   | 199   |

Tabela 2. Vrednosti maksimalnih sila rezanja pri konstantnoj dubini i pomaku po zubu, a različitim brzinama rezanja (ADI)



Slika 6. Maksimalne sile rezanja pri konstantnoj dubini i pomaku a različitim brzinama rezanja(NL)

Na slici 6. prikazan je dijagram maksimalnih sila rezanja pri obradi nodularnog liva kao i tabela sa vrednostima maksimalnih sila.

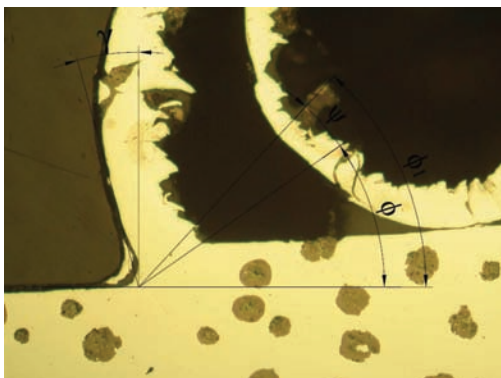
| V (m/min) | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|
| 44        | 402            | 134            | 147            |
| 55.2      | 443            | 146            | 189            |
| 71        | 467            | 188            | 160            |

Tabela 3. Vrednosti maksimalnih sila rezanja pri konstantnoj dubini i pomaku po zubu, a različitim brzinama rezanja

U nastavku su prikazane mikrofotografije uzoraka sa kojih su očitane sledeće vrednosti:

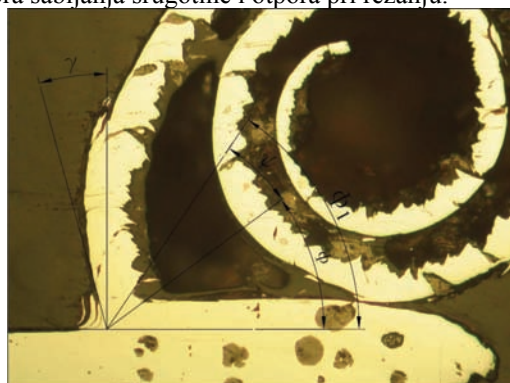
- grudni ugao  $\gamma$ ,
- ugao smicanja  $\phi$  i
- ugao linije tekture  $\Psi(\phi_1 = \phi + \Psi)$ .

Ove vrednosti su merene u preseku koji nije bio upravan na pravac rezne ivice alata. Međutim, posto su izmerene i stvarne vrednosti ovih uglova veoma bliske, mogu se sa zanemarljivom greškom izmerene vrednosti smatrati važećim.



Slika 7. Koren strugotine kod nodularnog liva sa 0.45% Cu (  $n=224$  o/min,  $v=44,3$  m/min,  $v_p=400$  mm/min,  $s_l=0,223$  mm/z,  $\delta=3,9$  mm)

Na slici 7. vidi se da je primetna deformacija u kočionom sloju, a i grudni ugao se smanjio što dovodi do porasta faktora sabijanja srugotine i otpora pri rezanju.



Slika 8. Koren strugotine kod ADI materijala sa 0.45% Cu (  $n=112$  o/min,  $v=44$  m/min,  $v_p=40$  mm/min,  $s_l=0,35$  mm/z,  $\delta=4$  mm)

Na uzorku sa slike 8. dobijena je skoro trakasta strugotina i dobar kvalitet obrađene površine.

Uticaj materijala obratka je veliki, jer je svaki materijal specifičan na svoj način. U ovom radu kod ADI materijala je dobijena bolja obrađena površina, što možemo dovesti u vezu sa većom tvrdoćom materijala koja iznosi 480 HV.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata možemo zaključiti sledeće: Kod merenja komponenata rezultujuće sile rezanja pri obimnom glodanju najveću vrednost uvek ima komponenta sile F<sub>x</sub>, srednje F<sub>y</sub> a najmanje F<sub>z</sub>.

Sile F<sub>x</sub>, F<sub>y</sub> i F<sub>z</sub> zavise i od elemenata režima obrade. Sa povećanjem brzine rezanja njihove vrednosti opadaju a sa povećanjem pomaka po zubu i dubine rezanja, njihove vrednosti rastu.

Najveći uticaj od elemenata režima obrade na vrednost komponenata rezultujuće sile rezanja pokazuje dubina rezanja. Nešto manji uticaj ima pomak po zubu a najmanji brzina rezanja.

#### 5. LITERATURA

- [1] Ivkovic, B.:Obrada metala rezanjem, Jugoslovensko drustvo za tribologiju, Kragujevac, 1994
- [2] Kovac, P.:Rezanje metala, , FTN, Novi Sad, 1998.
- [3] Ostojic, R.:Nastajanje strugotine i otpori rezanja pri obradi nodularnog liva, Diplomski rad, FTN -Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1995.
- [4] Šidanin, L. Kovač P.: Metallographic Study of Chip Formation Processes, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, MP "STYLOS", NoviSad, 1996.
- [5] Elbestawi M.A.,Chen L.,Becze C.E.,Wardany T.I.:High Speed Milling of Dies and Molds in Their Hardened State,Annals of the CIRP ,Vol.46,1,1997,pp 57-62
- [6] R.A. Martinez,Formation and Processing of RheocastMicrostructures, Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute ofTechnology, Cambridge, MA, June 2004.

#### Kratka biografija autora:



**Vučić Pantović** rođen je u Ivanjici 1980. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Mašinstva – Fleksibilne tehnologije, sistemi i računarom integrisana proizvodnja, iz predmeta Rezanje metala odbranio je 2010.god.



**Pavel Kovač** rođen je u Bačkom Petrovcu 1950. Magistarski rad je odbranio 1980 god, a doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1987. god.. Od 1998 je u zvanju redovnog profesora. Autor je 3 univerzitetska udžbenika i 2 monografije. Oblast interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala.



**Borislav Savković** rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Mašinstva – CIM, iz predmeta Rezanje metala odbranio je 2008.god., od 2009.god je u zvanju asistenta.

**MODELIRANJE DELOVA SLOŽENIH POVRŠINA PRIMENOM PROGRAMSKOG SISTEMA Pro/ENGINEER****MODELING OF PARTS WITH COMPLEX SURFACES USING THE SYSTEM SOFTWARE Pro/ENGINEER**

Nenad Dolinić, Slobodan Tabaković, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazana sistematizacija i načini modeliranja složenih površina. Kao primeri složenih površina modelirano je telo endoproteze zgloba kuka i evolventno ozubljenje cilindričnih zupčanika sa pravim zubima. Isto tako, u radu su prikazane neke od mogućnosti automatizacije postupaka modeliranja. Za formiranje modela su korišćene tehnike površinskog modeliranja primenom programskog sistema Pro/ENGINEER. Primenjene su tri tehnike modeliranja: ručno, parametarsko i automatizovano primenom programskog jezika Java, odnosno J-Link-a.

**Abstract** – This paper presents systematization of complex surfaces, modeling of complex surfaces, in particular artificial hip and involutes cylindrical gear with straight teeth, as well as the automation of modeling procedures. To create a model surface techniques were used with the system software Pro/ENGINEER. There are three techniques of modeling in this paper: by hand, parametric and automatic, with the help of the programming language Java, accordingly J-Link.

**Ključne reči:** Modeliranje, složene površine, J-Link,

**Keywords:** Modeling, complex surfaces, J-Link

**1. UVOD**

Zahtevi za povećanom fleksibilnošću razvoja proizvoda i proizvodnih procesa nameću potrebu za primenu sistema i tehnologija koje imaju visok stepen automatizacije svih aktivnosti. Upotreba različitih tehnologija i softverskih alata za automatizaciju projektovanja, analizu, testiranje i proizvodnju proizvoda zauzima ključnu poziciju.

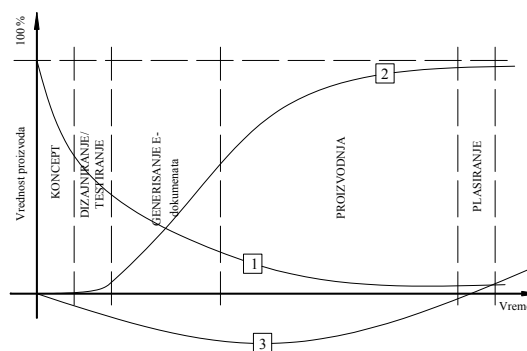
Razvoj proizvoda u najkraćem mogućem roku podrazumeva smanjenje i optimizaciju svih faza razvoja proizvoda, naročito u ranim fazama konceptualnog projektovanja (slika 1) [1].

Faza razvoja koncepcije proizvoda prethodi fazi projektovanja. U ovoj fazi vrši se formiranje, testiranje i analiza alternativnih rešenja. Serijom iteracija dobija se najbolje rešenje sa stanovišta dizajna i tehnologije izrade. Najveće mogućnosti za uticaj na cenu proizvoda (kriva 1) su u prvoj fazi razvoja.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor dr Milan Zeljković, red.prof

Primena savremenih sistema postaje vrlo značajna, jer automatizacija procedura i procesa u ranim fazama značajno smanjuje vremena i nepotrebne troškove. Vrednost proizvoda (kriva 2) je najniža u početnim fazama i dostiže svoj maksimum sa plasmanom proizvoda na tržište. Investicioni troškovi (kriva 3) su dominantni u fazi proizvodnje. Ovi troškovi mogu da utiču na razvoj i implementaciju modernih proizvodnih sistema i tehnologija.



Slika 1. Uticaj faze razvoja proizvoda na vrednost proizvoda

Oblikovanje i izrada složenih površina je veliki izazov za projektante i tehnologe. Postoji mnogo mišljenja o klasifikaciji složenih površina, metodama njihovog opisa, kao i metodama njihove izrade. Opis složenih površina zasnovan je na opisu tačaka i krivih (2D ili 3D) i operacija sa njima. Postoji veliki broj programskih sistema koji se mogu koristiti za modeliranje složenih površina (Pro/ENGINEER, CATIA, SolidWorks, Solid Edge...).

**2. SLOŽENE POVRŠINE**

Površine i njihov opis imaju važnu ulogu u dizajnu i proizvodnji. Dizajniranje i projektovanje karoserija automobila, brodskih korita, trupova aviona, propelera, turbina, kompresora, proizvoda od stakla, nameštaja i obuće su očigledni primeri. Računarski modeli bazirani na složenim površinama imaju osnovnu ulogu u aplikacijama kao što su kompjuterska grafika, virtuelna stvarnost, kompjuterske igre i projektovanje pomoću računara: automobila, brodova, aviona, zgrada itd.

Oblik ili geometrija površine je osnova dizajna bilo da su u pitanju funkcionalni ili estetski razlozi. U današnje vreme pored funkcionalnosti, estetika je veoma bitan faktor kvaliteta proizvoda, možda i najbitniji faktor. U mnoštvu različitih proizvoda često sličnog kvaliteta u pogledu funkcionalnosti, materijala, osobina itd. do izražaja dolazi estetika i dizajn samih proizvoda.

Mnogi proizvodi su dizajnirani slobodnim površinama da bi se poboljšao njihov izgled, naročito u automobilske industriji i elektronici. U drugim slučajevima proizvodi imaju slobodne površine zbog zadovoljenja funkcionalnih zahteva. Primeri ovih funkcionalnih površina mogu se lako naći u aero, gasnim i hidrodinamičkim aplikacijama (lopaticе turbina), optičkim (reflektor lampe) i medicinskim aplikacijama (anatomska reprodukcija), proizvodnim površinama (kalupi za livenje) itd. Funkcionalne površine su u interakciji (međusobnom delovanju) sa okolinom ili drugim površinama. Zbog toga funkcionalne površine se mogu zvati dinamičke površine. Funkcionalna površina ne može da kliže sama po sebi. To uzrokuje veliku složenost pri izradi složenih površina. Primena višeosnih NC mašina je jedini način da se efikasno izradi složena funkcionalne površina.

U svakom momentu površinske obrade na više-osnoj NC mašini, složena površina koja se izrađuje i generišuća površina alata dolaze u kontakt u tački. Da bi razvili napredne tehnologije za izradu složenih površina, sveobuhvatno razumevanje topologije složenih površina je veoma poželjno [2].

### 3. MODELIRANJE SLOŽENIH POVRŠINA PRIMENOM PROGRAMSKOG SISTEMA Pro/ENGINEER

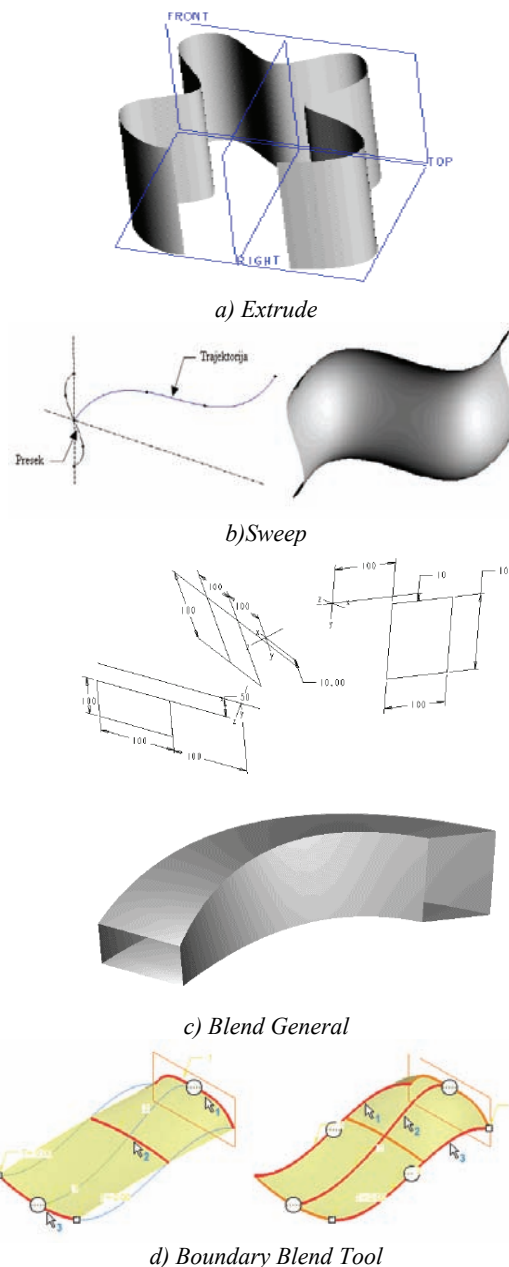
Modeliranje površina se znatno razlikuje od modeliranja solida u Pro/ENGINEER-u. Kod modeliranja solida često se može vizualizovati finalni oblik i tu se rezultat dobija u jednom koraku (npr. dodavanje materijala, odsecanje, zaobljavanje ivica, kreiranje otvora itd.). Kod modeliranja površina se mora kreirati referentna geometrija (npr. tačke i krive) pre dobijanja konačne površine. **Planiranje unapred** je ključno za dobijanje željenih rezultata kod površinskog modeliranja. Površine se mogu klasifikovati u dve grupe [3]:

- Proste ili osnovne – metode kreiranja površina su slične kao kod kreiranja solida sa nekim malim razlikama. Opcije koje se koriste su: **Extrude; Revolve; Sweep; Blend; Flat; Offset; Copy; Fillet**;
- Napredne – alati koji omogućavaju kreiranje kompleksnih površina sa boljom kontrolom nad konačnim rezultatom. Opcije koje se koriste su: **Variable Section Sweep; Swept Blend; Helical Sweeps; Boundaries; Section To Surfaces; Surfaces To Surfaces; From File; Tangent To Surfaces; Free Form**.

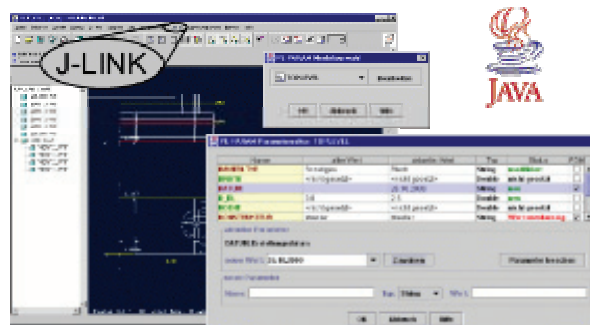
Na slici 2 prikazane su neke od opcija za modeliranje složenih površina.

#### 4. J-LINK

J-Link je programski interfejs zasnovan na objektno orijentisanom programskom jeziku Java koji omogućava da se poveća fleksibilnost programskog sistema Pro/ENGINEER. Primenom ovog interfejsa korisniku se omogućava širenje, prilagođavanje i automatizacija funkcija programskog sistema Pro/ENGINEER. Na slici 3 je prikazan J-Link editor.



Slika 2. Opcije za modeliranje složenih površina



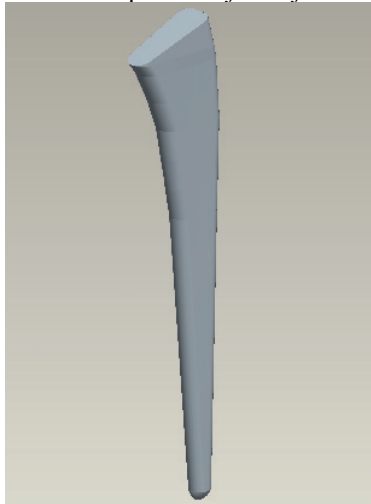
Slika 3. J-Link editor

Prednosti su [4]: - standardna funkcionalnost Pro/ENGINEER-a; - jednostavno generisanje grafičkog korisničkog interfejsa; - nezavisnost od hardverske platforme; - objektno orijentisano programiranje; - lake modifikacije; - ponovo iskoristiv program.

## 5. MODELIRANJE

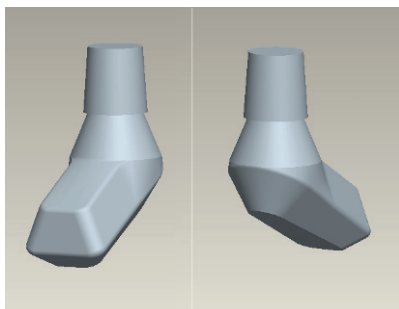
### 5.1 Modeliranje tela endoproteze zgloba kuka

Modeliranje tela endoproteze zgloba kuka se zbog složenosti samog kuka radi u dva dela, i to donjeg i gornjeg dela. Donji deo, nešto prostiji za modeliranje, može da se dobije opcijom Blend, i to Blend/Parallel za jedan deo geometrije i Blend/General za drugi deo geometrije. Na slici 4 prikazan je donji deo tela kuka.

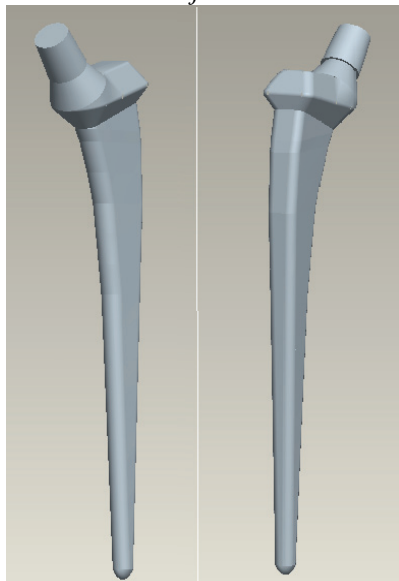


Slika 4. Donji deo tela kuka

Gornji deo kuka nešto je složeniji za modeliranje i radi se sa više različitih opcija od kojih su najbitnije Blend i Boundary Blend Tool. Na slici 5 prikazan je gotov gornji deo kuka a na slici 6 kompletna endoproteza tela kuka.



Slika 5. Gornji deo tela kuka



Slika 6. Telo endoproteze zgloba kuka

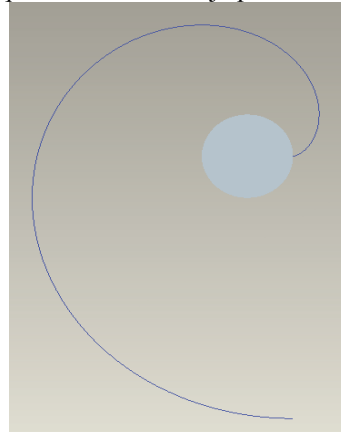
### 5.2 Modeliranje zupčanika

**Ručno modeliranje zupčanika** - Kako je zupčanik koji se modelira evolventni, najbitniji korak kod modeliranja je konstrukcija evolvente. Evolventa se dobija iz jednačine evolvente koja glasi:

$$x = 346 * \cos(t * 360) + 2 * 346 * 3.14 * t * \sin(t * 360)$$

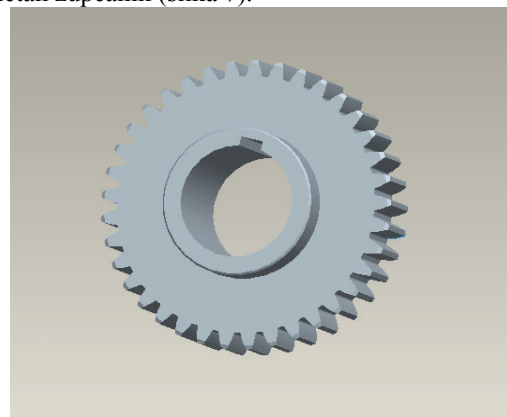
$$y = 346 * \sin(t * 360) - 2 * 346 * 3.14 * t * \cos(t * 360)$$

Jednačina se u program unosi preko opcije *Insert a datum curve/From Equation*. Evolventa je prikazana na slici 6.



Slika 6. Evolventa

Koristeći dobijenu evolventu crta se presek polovine zubca radi ekstrudiranja istog. Razlog zbog koga se crta polovina zubca je što Pro/ENGINEER javlja grešku geometrije kada se pokuša ekstrudirati ceo zub. Ta polovina zubca se kopira opcijom Mirror i dobija se ceo zub zupčanika. Zatim se opcijom za umnožavanje (Pattern) kreiraju svi zubi zupčanika, a potom i završne operacije kojima se dobija kompletan zupčanik (slika 7).



Slika 7 Cilindrični evolventni zupčanik sa pravim zubima

**Parametarsko modeliranje zupčanika** – Cilj ovog postupka je da se upotrebom opcije Tools/Parameters automatizuje postupak modeliranja. Pri modeliranju ovim načinom potrebna su samo tri podatka i to modul (m), broj zuba (z) i širina zupčanika (B). Svi ostali podaci se računaju automatski. Nakon pristupa opciji Tools/Parameters treba uneti sve promenljive a to su:

m – modul zupčanika

z – broj zuba zupčanika

B – širina zupčanika

hd, hg – visine zubaca

r, rd, rg – poluprečnici (podeoni, podnožni i temeni)

d – podeoni prečnik

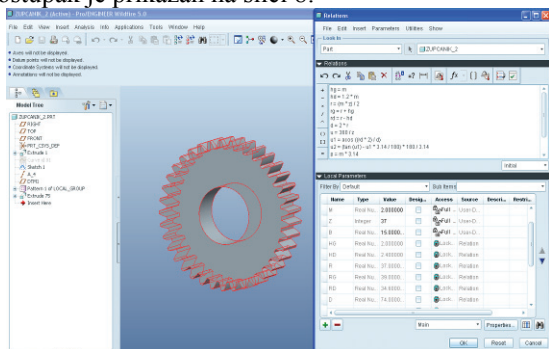
u1, u2, u3 – uglovi koji služe za računanje ugla za komandu mirror

p, zub – parametri koji takođe služe za računanje ugla za komandu mirror  
 alfa – ugao za komandu mirror  
 u – ugao koji služi za umnožavanje (pattern) zuba.  
 rv – poluprečnik otvora glavčine

Navedene promenljive treba povezati relacijama, što se radi upotrebom opcije Tools/Relations. Tu se može pristupiti tj. mogu se videti svi uneti parametri. Relacije su sledeće [5]:

$$\begin{aligned} hg &= m \\ hd &= 1.2 * m \\ r &= (m * z) / 2 \\ rg &= r + hg \\ rd &= r - hd \\ d &= 2 * r \\ u &= 360 / z \\ u1 &= \text{acos}((rd * 2) / d) \\ u2 &= (\tan(u1) - u1 * 3.14 / 180) * 180 / 3.14 \\ p &= m * 3.14 \\ zub &= (p - 0.04 * m) / 2 \\ u3 &= (360 * zub) / (d * 3.14) \\ alfa &= (u3 + 2 * u2) / 2 \\ rv &= (m * (z - 10)) / 2 \end{aligned}$$

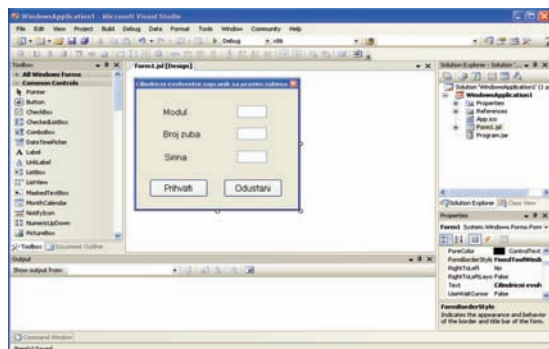
Postupak je prikazan na slici 8.



Slika 8 Postupak parametrizacije

**Automatizovano modeliranje zupčanika** – Automatizovano modeliranje zupčanika počinje od kreiranja dijaloga prozora u Microsoft Visual Studio-u odnosno Visual J#-u. Prozor koji treba da se dobije treba da sadrži tri polja za unos podataka (modul, broj zuba, širina) i dve komande za prihvatanje odnosno prekid (slika 9).

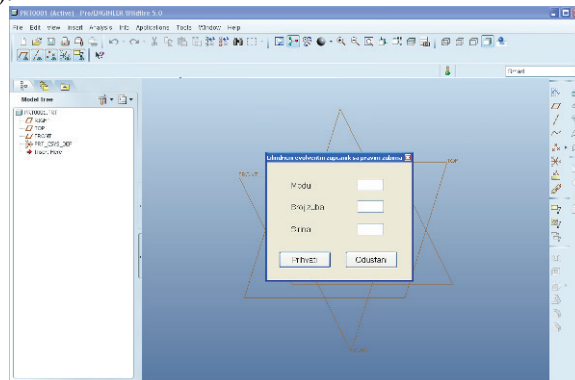
Integrisanje programa u programski sistem Pro/ENGINEER zahteva unos nekoliko parametara i to: ime aplikacije, ime klase, metod starta programa i metod kraja programa.



Slika 9 Dijalog prozor

Po završetku ovog koraka dobija se dijalog prozor koji je ranije kreiran, ali u Pro/ENGINEER-u. Kada se unese modul, broj zuba i širina klikom na komandno

dugme **Prihvati** dobija se zupčanik po želji korisnika (slika 10).



Slika 10 Automatizovano modeliranje zupčanika

## 6. ZAKLJUČAK

Modeliranje složenih površina predstavlja ključni segment u razvoju novih proizvoda odnosno njihovog dizajniranja. Poznavanje složenih površina kao i alata za rad sa njima veoma je bitno za kvalitetno i brzo dizajniranje proizvoda.

Sve više proizvođača ulaže znatne količine sredstava i vremena u sam dizajn proizvoda, bilo zbog estetskih ili funkcionalnih zahteva. Estetika samog proizvoda postaje jedan od najznačajnijih faktora kvaliteta proizvoda.

Rad ukazuje na kompleksnost projektovanja savremenih proizvoda kao i probleme koji se pri tome javljaju. U radu su prikazane napredne opcije za modeliranje u programskom sistemu Pro/ENGINEER, koje imaju primenu u definisanju kompleksnih geometrijskih oblika, kao i opcije za delimičnu automatizaciju postupka modeliranja.

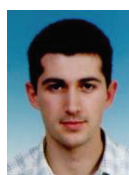
## 7. LITERATURA

- [1] Ćuković, S., Devedžić, G., Petrović, S.: Application of Knowledgeware Technology to Helical Surface Modeling, The 6th Conference of Advanced Manufacturing Technologies, Cluj-Napoca, Romania, 2009
- [2] Radzevich, S.: Kinematic Geometry of Surface Machining, CRC Press, Boca Raton, 2008, ISBN-13: 978-1-4200-6340-0
- [3] Designing with Surfaces, PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION, USA
- [4] <http://www.sf.com/opencms/en/cad/jlink.html>, pregledano 07.04.2010
- [5] Ogrizović, M.: Interaktivno modeliranje mašinskih konstrukcija u praksi, Udruženi softverski alati primenjeni u konkretnim projektnim zadacima, Kompjuter biblioteka, 2002

### Kratka biografija autora:



**Nenad Dolinić** rođen je u Zemunu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Mašinstva – Fleksibilne tehnologije, sistemi i računarom integrisana proizvodnja odbranio je 2010. god.



**Slobodan Tabaković**, dipl. mašinski inženjer doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2008. god. U zvanje docent je izabran 2008. godine. Naučna oblast proizvodno mašinstvo, a uža naučna oblast mašine alatke, fleksibilni tehnološki sistemi i automatizacija postupaka projektovanja.

# NUMERIČKA SIMULACIJA SABIJANJA VALJKA SA PRSTENOM POMOĆU RAVNIH PLOČA SA EKSPERIMENTALNOM PROVEROM

## NUMERICAL SIMULATION OF UPSETTING OF CYLINDER WITH RING BY FLAT PLATES WITH EXPERIMENTAL VERIFICATION

Zoran Konjović, Dejan Movrin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – MAŠINSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazani su rezultati numeričke analize i eksperimenta sabijanja valjka sa prstenom pomoću ravnih ploča. Analiziran je uticaj prstenastog elementa i vrste sredstva za podmazivanje na parametre procesa sabijanja i deformacije prstena.

**Abstract** – In this paper results of numerical analysis and experimental verification of upsetting of cylinder with ring by flat plates are presented. The effect of the ring element and types of the lubrication on the upsetting process parameters and deformation of the ring are analyzed.

**Ključne reči:** Sabijanje valjka, Numerička simulacija, Upsetting, Numerical simulation,

### 1. UVOD

Sabijanje valjka alatima sa ravnim površinama pripada sekundarnoj tehnologiji plastičnog deformisanja (TPD). Prema naponskom stanju u ispitivanom uzorku i prostiranju zone deformacija posmatrani proces predstavlja zapreminsko deformisanje, jer je naponska šema u zoni plastične deformacije trodimenzionalna. Ova metoda sabijanja pripada grupi osnovnih operacija u koju spada i slobodno sabijanje valjka sferičnim, konusnim i prizmatičnim alatima.

Sabijanje valjka alatima sa ravnim pločama koristi se prilikom ispitivanja deformabilnosti materijala kao i za određivanje dijagrama tečenja.

Analiza naponsko-deformacionog stanja u TPD vrši se primenom različitih metoda koje se dele na: [1]

- Teorijske
- Eksperimentalne
- Numeričke

Savremeni pristup projektovanju tehnologije plastičnog deformisanja podrazumeva upotrebu računara sa specijalno razvijenim programskim paketima. Softverski paketi za analizu TPD bazirni su na metodi konačnih elemenata (MKE - FEM) i metodi konačnih zapremina (MKZ - FEV). [3]

Primena simulacija u TPD prikazana je u radu [4], gde su prezentovani rezultati ispitivanja uticaja oblika valjka na pojavu i oblik pukotina.

Autori tog rada prikazali su rezultate eksperimenta i simulacije slobodnog sabijanja valjka izrađenog od mesinga.

### NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Dragiša Vilotić, red.prof.

U ovom radu prikazana je eksperimentalna provera numeričke analize slobodnog sabijanja valjka i obuhvata analizu parametara procesa (F-s dijagram), analizu deformacija i analizu napona u uzorku dobijenih simulacijom.

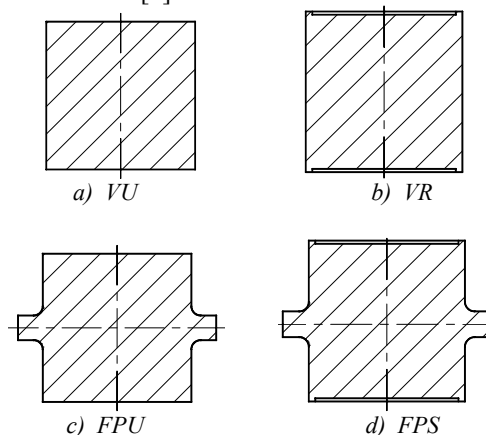
### 2. VRSTE UZORAKA

Ispitivanjem su obuhvaćena dva oblika uzorka i dve vrste sredstva za podmazivanje. Materijal ispitivanih uzoraka je čelik za poboljšanje C45E (Č 1531), u meko žarenom stanju.

Uzorci valjaka bez prstena (sl. 2.1 a i b) podmazivani stearinom (VR) korišćeni su za određivanje krive tečenja (metoda Rastegajeva). Uzorak istog oblika sabijan je i uz podmazivanje uljem (oznaka VU).

Drugi oblik uzoraka su valjci sa prstenim elementom (slika 2.1. c i d). Ovaj tip uzoraka označen je prema vrsti korišćenog sredstva za podmazivanje i to FPS za stearin odnosno FPU za mineralno ulje.

Oblik uzoraka sa prstenom sličan je obliku uzoraka korišćenim u radu [4].



Slika 2.1 - Vrste i oznake uzoraka

### 3. SIMULACIJA PROCESA SABIJANJA VALJKA SA PRSTENOM

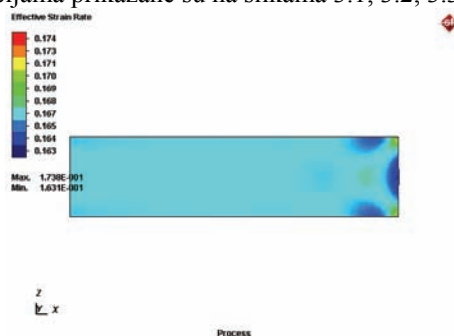
Numerička analiza sabijanja uzoraka radena je u programu Simufact.Forming v.9.0 sa sledećim polaznim podacima:

- Kriva tečenja za materijal C45E (Č 1531):  $K=288,87+475,767\varepsilon^{0,378799}$ , određena metodom Rastegajeva (uzorci VR).
- Koeficijent trenja ( $\mu$ ) određen je poređenjem dijagrama deformacione sile iz simulacije i eksperimenta uzoraka VU i VR.

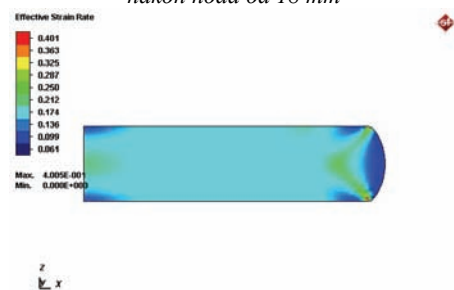
Numeričkom simulacijom procesa sabijanja valjka sa prstenom određeno je naponsko-deformaciono stanje i dijagram opterećenja (F-s dijagram).

Numerička analiza osno simetričnih uzoraka vrši se kao dvodimenzionalna (ravanska) analiza. Ovom aproksimacijom značajno se skraćuje vreme potrebno za izradu simulacije.

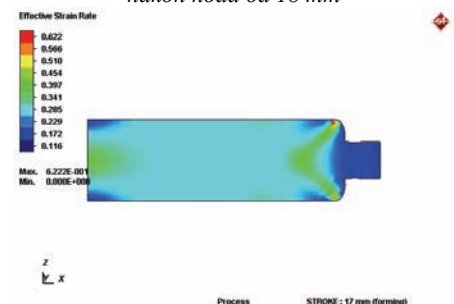
Efektivne deformacije analiziranih uzoraka dobijene simulacijama prikazane su na slikama 3.1, 3.2, 3.3 i 3.4.



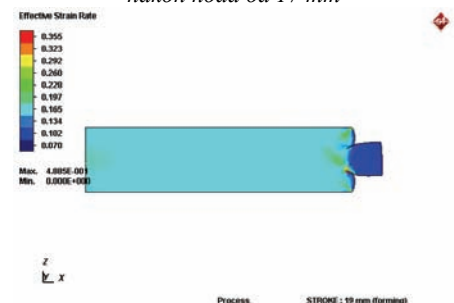
Slika 3.1 – Efektivna deformacija uzorka VR nakon hoda od 18 mm



Slika 3.2 – Efektivna deformacija uzorka VU nakon hoda od 18 mm



Slika 3.3 – Efektivna deformacija uzorka FPU nakon hoda od 17 mm

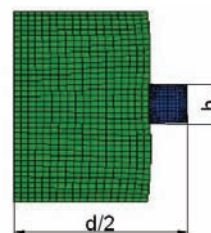


Slika 3.4 – Efektivna deformacija uzorka FPS nakon hoda od 19 mm

Kod uzoraka VU efektivna deformacija po celom preseku ima približno istu vrednost. Najveća površina analiziranih uzoraka VR, VU i FPS ima vrednost deformacije oko 0,170, dok je kod uzoraka FPU ova vrednost je oko 0,28. Maksimalne vrednosti efektivne deformacije su: kod uzoraka VU 0,174; kod VR je 0,4; za FPU je 0,622; dok

je kod FPS 0,355. Deformacija prstena prema simulaciji iznosi približno 0,1. Deformacije analiziranih uzoraka imaju veće vrednosti kada se koristi ulje kao sredstvo za podmazivanje.

Deformacija prstenog elementa uzoraka određena je na osnovu merenja dimenzija tokom procesa sabijanja. Merenja dimenzija uzoraka FPU i FPS vršena su nakon svake faze sabijanja u simulaciji, kao i tokom izvođenja eksperimenta. Promena logaritamske deformacije tokom procesa sabijanja prikazana je dijagramima. Logaritamska deformacija je logaritamski odnos trenutne i početne vrednosti merenja dimenzije koju pratimo. Za određivanje deformacije prstena prati se promena visine prstena, kao i promena njegovog prečnika. Slika 3.5 prikazuje princip merenja dimenzija korišten u simulacijama. Na slikama 5.1 i 5.2 prikazani su dobijeni rezultati logaritamske deformacije.

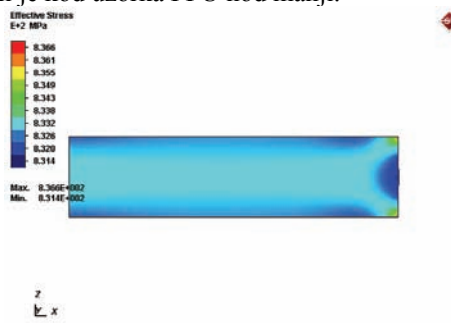


Slika 3.5 – Princip merenja dimenzija prstena

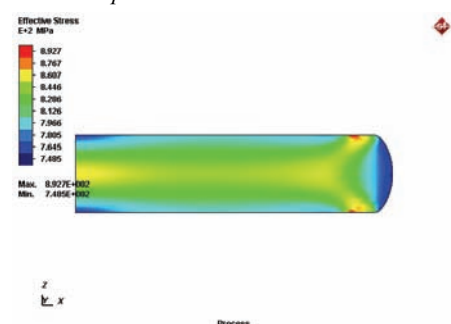
Komponente napona u procesu sabijanja određuju se različitim teorijskim metodama. Detaljna analiza proračuna napona tokom procesa sabijanja valjka ravnim pločama data je u literaturi [1].

Naponsko stanje u analiziranim uzorcima dobijeno simulacijama prikazano je na slikama 3.6 – 3.9.

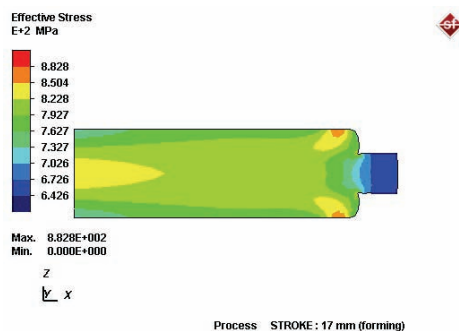
Na slici 3.6 vidi se da napon na obodu uzorka VR ima vrednost oko 800 MPa što je više od dozvoljenog napona na zatezanje za čelik C45E (Č 1531). Slike 3.7, 3.8 i 3.9 prikazuju napone u obodu uzoraka koji takođe prelaze vrednosti od 800 MPa. Apsolutno najveća vrednost napona je 954 MPa u uzorku FPS nakon hoda od 19 mm. Kod uzoraka VU i FPU maksimalna vrednost je oko 890 MPa, ali je kod uzorka FPU hod manji.



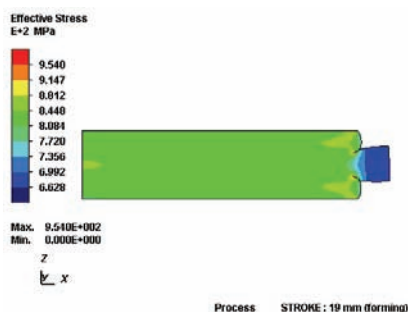
Slika 3.6 – Napon u uzorku VR nakon hoda od 18 mm



Slika 3.7 – Napon u uzorku VU nakon hoda od 18 mm



Slika 3.8 – Napon u uzorku FPU nakon hoda od 17 mm



Slika 3.9 – Napon u uzorku FPS nakon hoda od 19 mm

Naponi u prstenu su u intervalu od 640 do 700 MPa. Na osnovu simulacija zaključeno je da će uzorci sa prstenom imati veće vrednosti napona. Uzorci podmazivani uljem (VU i FPU) imaju više vrednosti napona pri istom hodu od uzoraka kod kojih je za podmazivanje korišćen stearin. U radu je praćena promena deformacione sile u zavisnosti od hoda alata.

Intenzitet deformacione sile za uzorke FPU i FPS, dobijen simulacijom prikazan je na slikama 5.5 i 5.6.

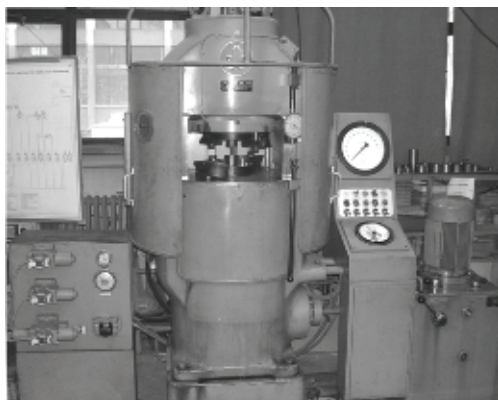
#### 4. EKSPERIMENTALNA PROVERA

Cilj eksperimenta je provera rezultata dobijenih numeričkom simulacijom procesa sabijanja valjka sa prstenom pomoću ravnih ploča.

Eksperimentom je obuhvaćeno određivanje deformacija prstenog elementa i određivanje dijagrama deformacione sile u zavisnosti od hoda alata.

Vrste i oznake uzoraka korištene u eksperimentu iste su kao i u simulaciji.

Eksperiment je urađen na hidrauličnoj presi "Sack und Kiesselbach" (slika 4.1) nominalne sile 6,3 MN. Sabijanje je izvršeno alatima u obliku ravnih ploča.



Slika 4.1 – Hidraulična presa "Sack und Kiesselbach"

Promena deformacione sile u zavisnosti od hoda praćena je na digitalnom uređaju za merenje (merno pojačalo „Spider“) koji ima mogućnost snimanja podataka u računar pomoću softvera „Catman Ease“. Postupak sabijanja uzoraka sa prstenom (FPU i FPS) urađen je po fazama. Prva faza iznosila je 10% prethodne visine uzorka, dok su sve ostale faze iznosile 15%.

Sabijanje uzoraka VU i VR urađeno je u kontinuitetu.

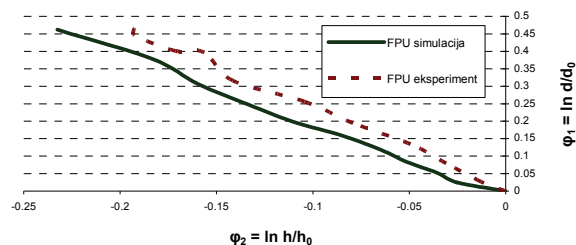
Promena dimenzija uzoraka FPU i FPS merena je nakon svake faze sabijanja. Dobijeni rezultati promene visine i prečnika prstena naknadno su obrađeni. Rezultati logaritamskih deformacija oba tipa uzoraka prikazani su na slici 5.3.

Promena deformacione sile u zavisnosti od hoda alata beležena je tokom eksperimenta. Dobijeni rezultati tokom sabijanja uzoraka prikazani su na slici 5.7.

#### 5. ANALIZA REZULTATA

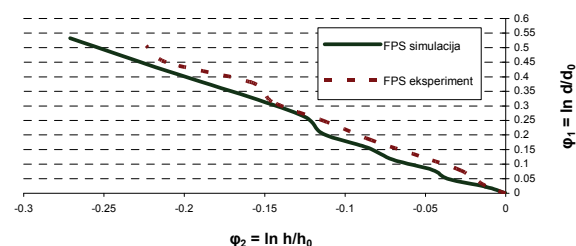
Poređenja data u nastavku izvršena su prema dobijenim rezultatima simulacija i eksperimenta.

Na slikama 5.1. i 5.2. prikazani su rezultati deformacije prstena, određeni simulacijom i eksperimentom.



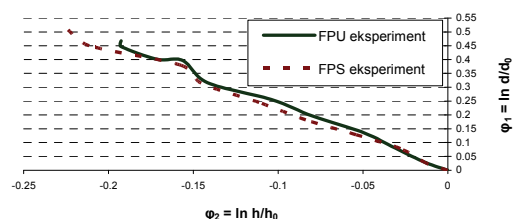
Slika 5.1 – Poređenje rezultata logaritamske deformacije dobijenih simulacijom i eksperimentom uzoraka FPU

Na osnovu rezultata prikazanih na slici 5.1 sledi da su eksperimentalne vrednosti logaritamske deformacije više od vrednosti dobijenih simulacijom za 20% u proseku.



Slika 5.2 – Poređenje rezultata logaritamske deformacije dobijenih simulacijom i eksperimentom uzoraka FPS

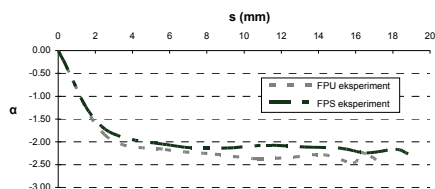
Prema rezultatima prikazanim na slici 5.2 vrednosti logaritamske deformacije dobijene eksperimentom imaju više vrednosti od simulacije u proseku za 15%. Isto kao i u prethodnom slučaju simulacijom je predviđena veća vrednost maksimalne deformacije.



Slika 5.3 – Rezultati eksperimenta za logaritamsku deformaciju uzoraka FPU i FPS

Na osnovu rezultata eksperimenta pokazanog na slici 5.3 sledi da je maksimalna deformacija kod uzoraka podmazivanih stearinom veća, u proseku za 15%, u odnosu na uzorke podmazivane uljem. Takođe je kod ovog uzorka veće smanjenje visine prstena.

Odnos logaritamske deformacije prečnika i visine ( $\alpha = \varphi_1 / \varphi_2$ ) za uzorke FPU i FPS prikazan je na sledećoj slici. Rezultati promene dimenzija mereni su tokom eksperimenta.

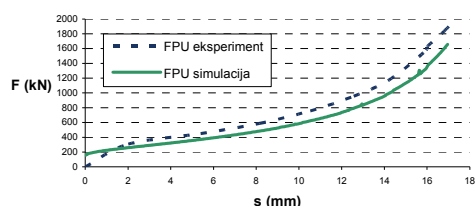


Slika 5.4 – Odnos logaritamsku deformacija uzoraka FPU i FPS

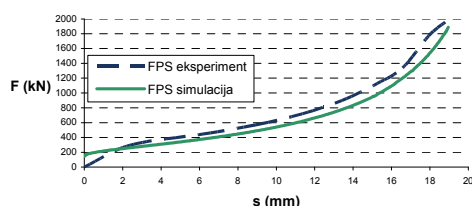
Odnos deformacija (slika 5.4) pokazuje da se uzorci istog oblika deformišu na isti način bez obzira na vrstu upotrebljenog sredstva za podmazivanje. Najveće odstupanje je do 10% u intervalu hoda od 10 do 16 mm.

Analizom deformacione sile obuhvaćen je uticaj oblika uzorka i vrste korišćenog sredstva za podmazivanje (ulje ili stearin) na promenu njenog toka u zavisnosti od hoda.

Na slikama 5.5 i 5.6 prikazani su rezultati deformacione sile dobijeni simulacijom i eksperimentom uzoraka FPU odnosno FPS.



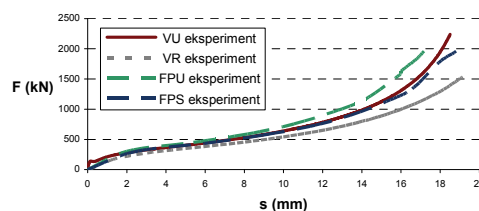
Slika 5.5 – Deformaciona sila uzorka FPU dobijena eksperimentom i simulacijom



Slika 5.6 – Deformaciona sila uzorka FPS dobijena eksperimentom i simulacijom

Prema rezultatima prikazanim na slikama 5.5 i 5.6 sledi da su eksperimentalne vrednosti deformacione sile više od vrednosti dobijenih simulacijom u proseku za 17%. Vidi se i da promena deformacione sile u zavisnosti od hoda alata u oba slučaja ima sličan tok.

Na slici 5.7 prikazani su rezultati deformacione sile dobijeni eksperimentom. Prikazani su grafikon za oba oblika uzorka kao i za obe vrste podmazivanja.



Slika 5.7 – Rezultati eksperimenta za deformacionu silu

Na osnovu rezultata prikazanih na slici 5.7 sledi da je najveća sila potrebna tokom sabijanja uzorka sa prstenom podmazanog uljem (FPU). Oko 15% manja sila potrebna je za sabijanje uzorka valjka podmazivanog uljem (VU) i valjka sa prstenom podmazivanog stearinom (FPS). Najmanja vrednost deformacione sile potrebna je za sabijanje uzorka valjka podmazivanog stearinom – VR, za oko 30% manje nego kod uzorka FPU.

## 6. ZAKLJUČAK

Primenom savremenih softvera, moguće je analizirati procese tehnologija plastičnog deformisanja sa velikom tačnošću. Na taj način moguće je predvideti ponašanje obratka i alata tokom eksperimenta ili u proizvodnji.

Rezultati simulacija (deformacija prstena i dijagram sile) potvrđeni su eksperimentalnom proverom.

Uticaj prstenog elementa na povećanje deformacione sile relativno je mali kod ispitivanih uzoraka.

Uticaj upotrebljenog sredstva za podmazivanje je veći od uticaja oblika. Uzorci podmazivani stearinom imaju niže vrednosti deformacione sile u funkciji od hoda, i više se deformišu od uzoraka podmazivanih uljem.

## 7. LITERATURA

- [1] Plančak M., Vilotić D.: Tehnologija plastičnog deformisanja, Novi Sad, 2007
- [2] Vilotić D., Plančak M., Kuzman K., Čupković D.: Finite element analysis of cold upsetting of cylinder by different dies, Technology of Plasticity (2005), Italy
- [3] Vilotić D., Plančak M., Čupković D., Mandić V., Stefanović M.: Fem analysis of upsetting process by cylindrical dies with experimental verification, Journal for Technology of Plasticity, (2003)
- [4] Šljapić V., Hartley P., Pilinger I.: Observations on fracture in axi-symmetric and three-dimensional cold upsetting of brass, Journal of Materials Processing Technology 125-126 (2002)
- [5] Help Simufact Forming v.9.0

## Kratka biografija:



**Zoran Konjović** rođen je u Senti 1971. god. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Savremene metode i sistemi TPD odbranio je 2010.god.



**Dejan Movrin dipl. ing** rođen je u Šapcu 1980. god. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god. gde radi kao saradnik u nastavi.

# REALIZACIJA OPTEREĆENJA ASINHRONOG MOTORA NAPAJANOG IZ INDUSTRIJSKOG PRETVARAČA UČESTANOSTI

## LOAD REALISATION OF INDUCTION MOTOR POWERED BY FREQUENCY CONVERTER

Slobodan Popov, Veran Vasić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA

**Kratak sadržaj** – U radu je realizovano opterećenje asinhronne mašine, upravljane po brzini, drugom asinhronom mašinom upravljanom momentno. Obe mašine su napajane iz industrijskih pretvarača učestanosti. Izvršena je analiza i naznačeni su radni režimi asinhronih mašina.

**Abstract** – Load of induction machine controlled by the speed, of the second induction machine controlled by the torque, was performed in this work. Both machines were fed from industrial frequency converter. In addition to this, analysis was carried out along with the indication of operating modes of asynchronous machines.

**Ključne reči:** Realizacija, Frekventni regulator, Asinhrona mašina, Momentni, Brzinski, Motorski, Generatorski

### 1. UVOD

Asinhroni motori i frekventni regulatori u modernim industrijskim pogonima današnjice imaju izuzetno važnu ulogu. Udeo asinhronih motora u ukupnoj proizvodnji električnih motora se kreće preko 90%. Ovi motori predstavljaju osnovne konvertore električne energije u mehaničku i danas troše više od 40% ukupno proizvedene električne energije na planeti.

Pored asinhronih motora sastavni deo ovog rada predstavljaju frekventni regulatori.

Ovaj rad za cilj ima praktičnu realizaciju laboratorijske vežbe za studente narednih generacija. Osnovni cilj vežbe je da kroz dva oglada upozna studente sa radnim režimima asinhronne mašine, kao i sa mogućnostima frekventnih regulatora preko kojih se ove mašine najčešće napajaju u industrijskim pogonima.

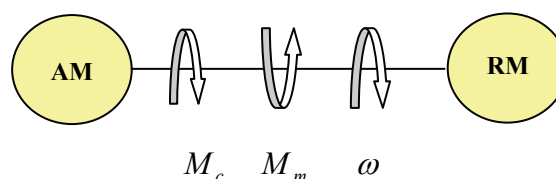
### 2. ELEKTROMEHAČKA KONVERZIJA ENERGIJE

Rotacioni elektromehanički pretvarač služi za konvertovanje električne energije u mehaničku energiju i obrnuto. On putem elektromagnetne indukcije vrši prenos energije sa rotora na stator i obrnuto dajući na svom izlazu mehaničku ili električnu energiju.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada Slobodana Popova „Realizacija opterećenja asinhronog motora napajanog iz industrijskog pretvarača učestanosti“, čiji mentor je bio prof.dr Veran Vasić.

Posmatrajmo za početak jednu rotacionu električnu mašinu koja se nalazi u motorskom režimu rada, a koja je opterećena jednom radnom mašinom, kao na slici 1.



Slika 1. Smerovi brzine i momenta kod motora

**RM** -radna mašina ;

**AM** -asinhrona mašina ;

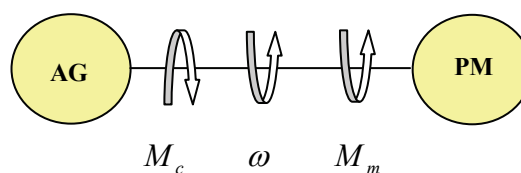
$M_m$  -moment radne mašine ;

$M_c$  -moment konverzije asinhronne mašine ;

$\omega$  - ugaona brzina obrtanja pogona.

U motorskom režimu razvijeni elektromagnetni moment motora, koji je posledica dovođenja električne energije motoru, ima pogonsko delovanje i izaziva obrtanje rotora. To znači da asinhrona mašina svojim momentom podržava kretanje, dok se radna mašina sopstvenim momentom suprotstavlja kretanju. Dakle, ovaj motor ima ulogu pokretača neke radne mašine. Jednostavno rečeno električna mašina troši električnu energiju radeći u motorskom režimu rada.

Sada posmatrajmo rotacionu električnu mašinu koja se nalazi u generatorskom režimu rada, a koja je pogonjena jednom pogonskom mašinom, kao na slici 2.



Slika 2. Smerovi brzine i momenta kod generatora

**PM** -pogonska mašina ;

**AG** -asinhroni generator ;

$M_m$  -moment pogonske mašine ;

$M_c$  -moment konverzije generatora ;

$\omega$  - ugaona brzina obrtanja pogona.

U generatorskom režimu rada, pod dejstvom pogonske mašine čitav sistem se obrće, pri čemu pogonska mašina svojim momentom podržava kretanje, dok se električna mašina svojim momentom suprotstavlja kretanju i radi u generatorskom režimu rada. Dakle, sada električna mašina predaje električnu energiju mreži, odnosno mehaničku energiju dovedenu na vratilo konvertuje u električnu.

Eksperimentalni setap rada se sastoji od dve asinhronne mašine od kojih se svaka može naći u motorskom ili generatorskom režimu rada.

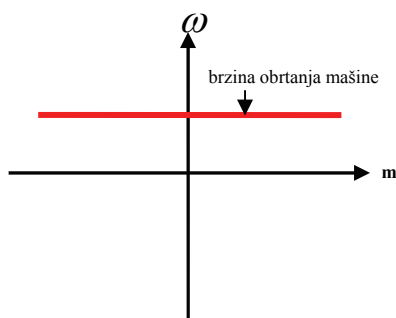
Prva mašina se upravlja po brzini, tj. nalazi se u brzinskom režimu rada i definiše smer obrtanja grupe. Da li će se ona naći u motorskom ili generatorskom režimu rada zavisi od smera momenta druge mašine.

Pogonska odnosno radna mašina je druga asinhrona mašina koja se nalazi u momentnom režimu rada i svojim smerom momenta podržava (odvođeći prvu asinhronu mašinu u generatorski režim rada) ili se protivi kretanju (odvođeći prvu asinhronu mašinu u motorski režim rada) prve asinhronne mašine.

### 3. BRZINSKI I MOMENTNI REŽIM ASINHRONE MAŠINE

Sada će biti razmotreno šta zapravo znači kada mašina radi u brzinskom, odnosno momentnom režimu rada.

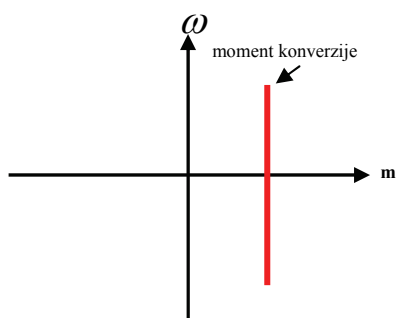
Na slici 3 prikazana je statička karakteristika asinhronne mašine upravljane po brzini, tj. u brzinskom režimu rada.



Slika 3. Statička karakteristika asinhronne mašine u brzinskom režimu rada

Sa slike se vidi, da bez obzira na moment opterećenja brzinski upravljane mašine, brzina mašine ostaje konstantna ( $\omega = \text{const.}$ ).

Na slici 4 prikazana je statička karakteristika momentno upravljane asinhronne mašine, tj. mašine koja se nalazi u momentnom režimu rada.



Slika 4. Statička karakteristika asinhronne mašine u momentnom režimu rada

Sa slike se vidi da je, u momentnom režimu rada, prioritet održavanje konstantnog momenta konverzije, tj. bez obzira na brzinu obrtanja mašine moment konverzije ostaje konstantan ( $M_c = \text{const.}$ ).

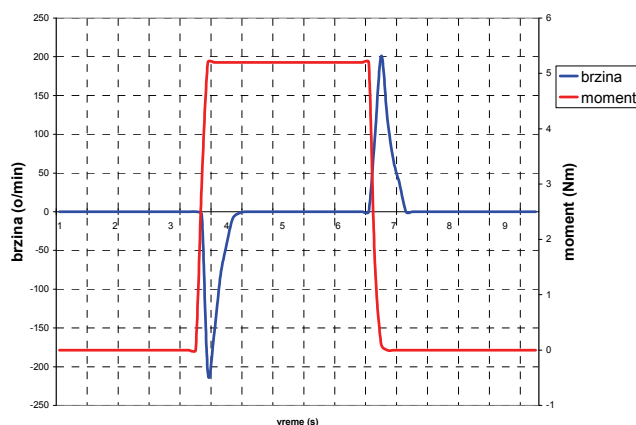
### 4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

U drugom i trećem poglavlju rada objašnjeni su radni režimi asinhronne mašine. Nagovešteno je da će biti izvedena dva oglada.

#### Prvi ogled

U prvom ogledu smerovi obrtanja mašina su suprotni. U rad se pušta mašina upravljana po brzini koja se zaleće do zadate referentne vrednosti, a zatim se u suprotnom smeru pokreće mašina upravljana momentno zadavanjem željenog momenta

Za početak će biti razmotrena jedna jednostavna situacija. Na slici 5 se mašini upravljanoj po brzini zadaje nulta brzina kao referenca, a zatim se ova mašina tereti mašinom upravljanom momentno, pri čemu se zadaje referentni moment jednak nominalnom momentu od 5,2 Nm. Crvenom bojom je obeležen moment, a plavom brzina.

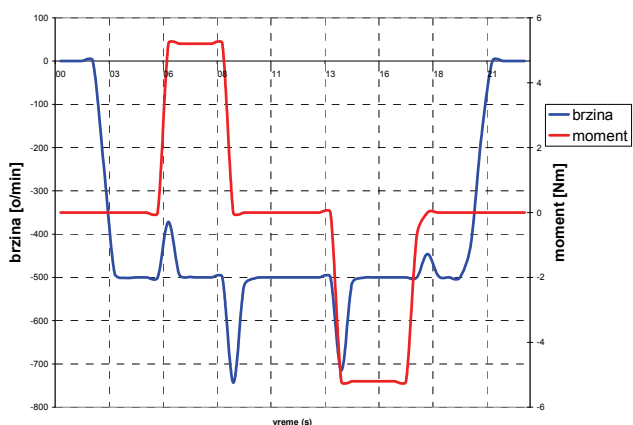


Slika 5. Nulta referenca brzine i terećenje sa 5,2 Nm

Uspostavljanje momenta je praćeno naglom promenom brzine, odnosno asinhrona mašina upravljana momentno teži da pokrene čitavu grupu u zadatom smeru dok se asinhrona mašina upravljana po brzini suprotstavlja ovom kretanju težeći da održi nultu brzinu.

Vreme trajanja procesa povratka brzine na referentnu vrednost zavisi od nametnutog momenta (veći moment poveća vreme uspostavljanja ravnoteže) i od parametara PID regulatora frekventnog pretvarača kojim upravljamo mašinom u brzinskom režimu.

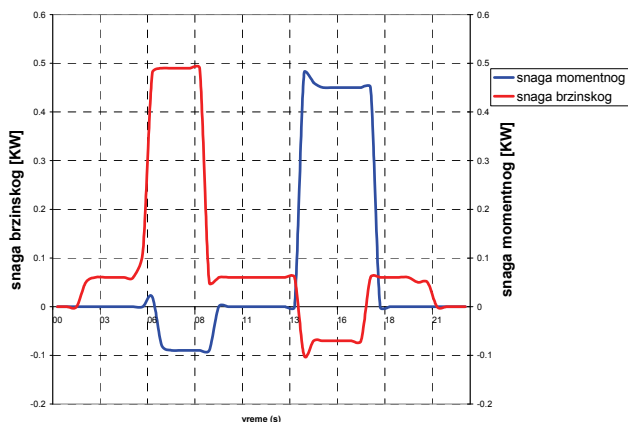
Na slici 6 je prikazan slučaj kada se u rad prvo pušta mašina u brzinskom režimu rada i zaleće na -500 [o/min]. Zatim se puštanjem u rad momentno upravljane mašine vrši terećenje. Prvo se nameće moment od 5.2 Nm, zatim se vrednost momenta vraća na nulu, da bi se u narednom koraku nametnuo moment od -5.2 Nm.



Slika 6. Terećenje momentom od 5,2 i -5,2 Nm pri referenci brzine od -500 [o/min]

Na početku oglada se momentno upravljana mašina suprotstavlja kretanju prve mašine što rezultuje porastom brzine u trenutku nametanja momenta. Po ukidanju momenta terećenja (crvena kriva) javlja se smanjenje brzine (plava kriva) u kratkom vremenskom intervalu. Kada se ponovo pokrene momentno upravljana mašina, sada tako da svojim momentom podržava kretanje, dolazi do ponovnog smanjenja brzine. I konačno, po ukidanju ovog momenta ponovo dolazi do malog porasta brzine, nakon čega se brzina ustaljuje na referentnoj vrednosti. Nakon ovoga se isključuje brzinski upravljana mašina i brzina pada na nultu vrednost.

Na slici 7 prikazane su snage obe mašine, i njihova promena u istom ogledu.



Slika 7. Promena snaga mašina u uslovima sa slike 6

Na dijagramu snage se uočava da brzinski upravljana mašina po uključenju radi u motorskom režimu rada.

U trenutku nametanja opterećenja dolazi do naglog povećanja snage koju ova mašina troši (crvena kriva), što je posledica razvijanja momenta od 5,2 Nm kojim ova mašina uspostavlja ponovnu momentnu ravnotežu i održava referentnu brzinu. Sa druge strane, predznak snage momentno upravljane mašine je negativan (plava kriva), što ukazuje na generatorski režim iste.

Nakon ukidanja opterećenja snaga momentno upravljane mašine pada na nulu, dok brzinski upravljana mašina ponovo povlači onoliko energije iz mreže koliko je potrebno da pokrije gubitke praznog hoda.

Kada se zada negativna momentna referenca uloga mašina se menja. Brzinski upravljana mašina prelazi u

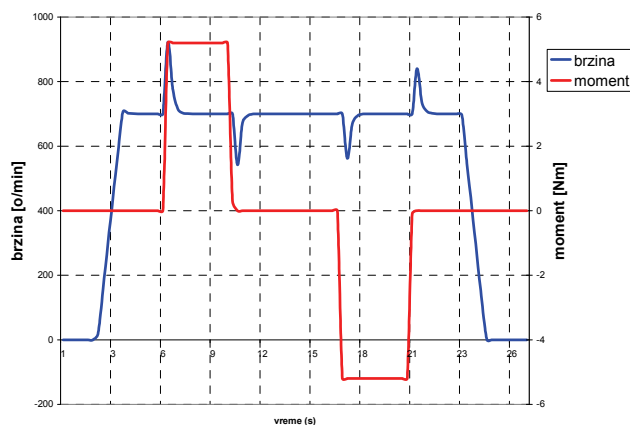
generatorski režim rada, a momentno upravljana mašina u motorski. Sada momentno upravljana mašina podržava kretanje, dok se brzinski upravljana mašina suprotstavlja tom kretanju.

## Drugi ogled

Dinamika drugog oglada je gotovo identična u odnosu na prvi, sa tom razlikom što se smerovi obrtanja asinhronih mašina poklapaju. Ovo će za posledicu imati promenu uloga asinhronih mašina u odnosu na prvi ogled, odnosno sada asinhrona mašina upravljana po brzini radi kao generator, a asinhrona mašina upravljana momentno kao motor.

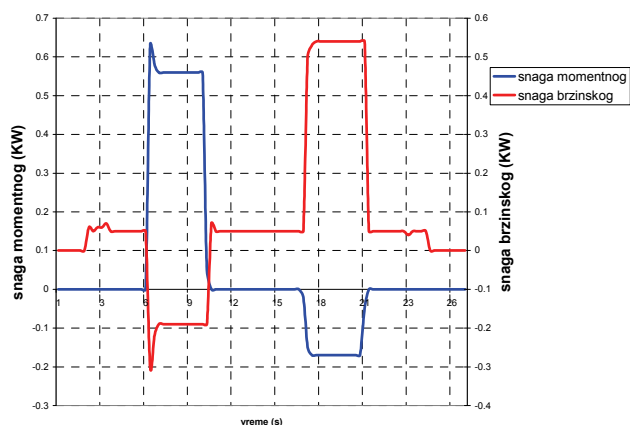
Na slici 8 predstavljena je situacija u kojoj se prvo u rad pušta mašina upravljana po brzini koja se zaleće do referentne vrednosti brzine od 700 [o/min].

Zatim se u istom smeru pokreće mašina upravljana momentno, pri čemu je referentna vrednost momenta 5,2 Nm. Nakon toga vrednost momenta se postavlja na nultu vrednost (crvena kriva), da bi se u sledećem koraku zadao moment od -5,2 Nm, tj ista vrednost momenta kao na početku oglada, ali u suprotnom smeru. Brzina je označena plavom krivom.



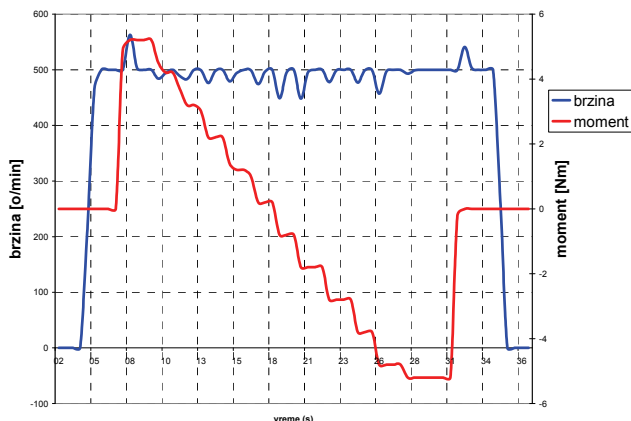
Slika 8. Terećenje momentom od 5,2 i -5,2 Nm pri referenci brzine od 700 [o/min]

Slika 9 prikazuje promenu snage obe mašine tokom prethodnog oglada. Ovo je od posebnog značaja pošto ukazuje na radne režime mašina.



Slika 9. Promena snaga mašina u uslovima sa slike 8

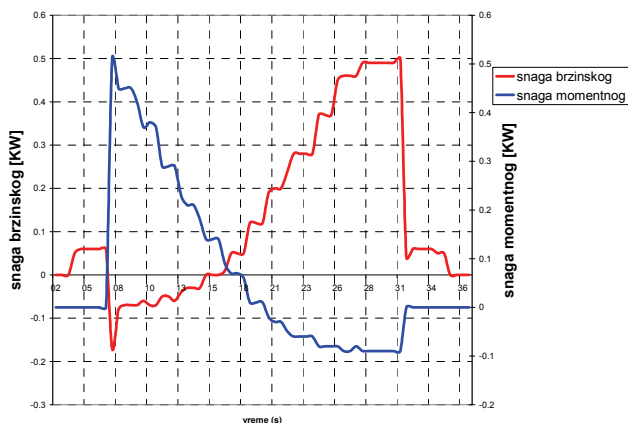
Ova promena snage veoma podseća na promenu sa slike 7 sa tom razlikom što je uloga mašina sada zamenjena. Sličan ogled prikazan je i na slici 10. Razlika je u tome što se moment (crvena kriva) menja u koracima od po 1 Nm.



Slika 10. Promena brzine sa stepenastom promenom momenta

Ogled počinje zaletanjem mašine upravljane po brzini na 500 [o/min]. Zatim se uključuje momentno upravljana mašina tako da svojim momentom podržava kretanje. Moment se u koracima od po 1 Nm smanjuje sa početnih 5.2 Nm do -5.2 Nm. Brzina je predstavljena plavom krivom.

Promena snage je prikazana na slici 11.



Slika 11. Promena snaga mašina u uslovima sa slike 10

Kada se brzinski upravljana mašina pusti u rad, ima se motorski režim rada. U trenutku terećenja u istom smeru brzinski upravljana mašina prelazi u generatorski režim (momentno upravljana mašina radi kao motor). Bitna promena se dešava u trenutku kada moment menja smer. Ovo za posledicu ima promenu radnih režima mašina.

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bila je realizacija pogona u kome će biti moguće terećenje asinhronne mašine i posmatranje režima mašine sa aspekta promene snage. Ovaj tip mašine je trenutno najzastupljeniji u proizvodnim pogonima, pa je veoma bitno u potpunosti ispitati njene mogućnosti, kao i mogućnosti frekventnih regulatora i korišćenje istih u regulaciji pogona.

Formirana je ispitna meketa sastavljena od dva frekventana regulatora, dva spregnuta asinhrona motora i dva enkodera. Posmatrana je promena svih veličina od interesa putem Scope funkcije, i na osnovu smeru snaga mašina izvedeni su zaključci po pitanju režima rada ovih mašina.

## 6. LITERATURA

- [1] Rade Roganović: „Realizacija pogona sinhronog motora sa permanentnim magnetima napajanog iz industrijskog pretvarača“, diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [2] Borislav Jeftinić, Veran Vasić, Đura Oros: „Regulisani elektromotorni pogoni“, Akademska misao, Beograd 2004.
- [3] „Operating instructions for VLT Automation Drive FC 300“, Danfoss group, Nordborg Denmark, 2009.
- [4] „VLT Automation Drive FC 300 Programming guide“, Danfoss group, Nordborg Denmark, 2009.
- [5] „MCT 10 Setup Software“, Nordborg Denmark, 2008.

## Kratka biografija:



**Slobodan Popov** rođen je u Zrenjaninu 26. jula 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2010. god.

## INDUKTIVNI SENZORI BLIZINE INDUCTIVE PROXIMITY SENSORS

Dragiša Alavanja, Veran Vasić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – Ovim radom obuhvaćen je princip rada induktivnih senzora blizine. Rad takođe sadrži NAMAUR specijalne induktivne senzore blizine, sa objašnjenjem ATEKS-a (*eksplozivne atmosfere*).

**Abstract** – This work included the principle operation of inductive proximity sensors. The paper also contains a special NAMAUR inductive proximity sensor, with explaining ATEX (*atmosphere explosive*).

**Ključne reči:** Induktivni senzori blizine, NAMUR specijalni induktivni senzori blizine, ATEKS.

### 1. UVOD

Sve veća automatizacija kompleksnih proizvodnih sistema zahteva primenu komponenata koje su sposobne prikupiti i primeniti informacije bitne za proizvodni proces. Senzori ispunjavaju ovaj zadatak i u poslednjih nekoliko godina postaju veoma značajni u merenju, upravljanju i regulaciji. Djelu za upravljanje, senzori daju informaciju o pojedinoj promenljivoj procesa.

Senzor je tehnički pretvarač, koji pretvara fizičku veličinu (npr. temperaturu, udaljenost, pritisak) u neku drugu veličinu, koja se lako obrađuje najčešće električni signal.

U mnogim proizvodnim sistemima se za utvrđivanje pomaka koriste mehanički preklopnici položaja. Drugi nazivi su mikroprekidači, granični prekidači ili graničnici. Kako se pomeranja pojedinog izvršnog elementa (aktuatora) detektuju mehaničkim kontaktom, tako postoje kontakti i bezkontakti davači signala.

Kontakti prekidači stari su koliko i elektrotehnika, dok su se bezkontakti prekidači počeli koristiti prije 40. godina. Duže vreme bili su samo alternativa mehaničkim kontaktim prekidačima (granični prekidači), i zbog male serijske proizvodnje bili su skupi.

Prednosti bezkontaktnih senzora blizine su:

- Tačno i automatsko uočavanje položaja.
- Senzori blizine detektuju objekte bez dodira, i oni zbog toga ne izazivaju habanje ili oštećenja na objektu.
- Senzori blizine koriste poluprovodničke izlaze, tako da ovde nema kontakata koji bi uticali na životni vek.
- Otporni su na habanje, jer nemaju pokretnih delova koji se mogu istrošiti.
- Mogu da se koriste u opasnim sredinama (npr. područja u kojima postoji opasnost od eksplozija).

- Nasuprot optičkim detekcionim metodama, senzori blizine su pogodni za upotrebu na lokacijama gde se koristi voda ili ulje. Na detekciju skoro da nema uticaja prljavština, ulje ili voda na objektu koji se detektuje.
- Daju brz odziv, u poređenju sa sensorima koji imaju fizičke kontakte.
- Senzori blizine se mogu koristiti u širokom temperaturnom opsegu od -40°C do 200°C
- Na senzore blizine ne utiču boje. Senzori blizine detektuju promene na objektu, tako da boja površine objekta skoro potpuno nema nikakav uticaj na rad senzora.

Danas se, zbog prije spomenutih prednosti senzori blizine koriste u mnogim područjima industrije. Primjenjuju se u sekvencijskom upravljanju u tehničkim postrojenjima za nadzor i osiguranje procesa. U tom kontekstu senzori se koriste za rano, brzo i pouzdano otkrivanje grešaka u proizvodnom procesu. Drugi značajan razlog primjene je prevencija ozljeđivanja ljudi i oštećivanja mašina. Pomoću senzora se brzo mogu uočiti i dojaviti nedostaci opreme, te tako skratiti vrijeme stajanja mašina.

U vođenom procesu senzori su "promatrači" koji nadgledaju proces, dojavljujući greške i promene statusa, te prosljeđuju te informacije ostalim uređajima u procesu. Senzori "diskretnog položaja", su npr. senzori koji osjete da li se nalazi objekt na određenoj udaljenosti od senzora. Ovi senzori su poznati pod nazivom proximity (senzori blizine) i daju stanja "da" ili "ne", u zavisnosti od toga da li se objekt nalazi unutar određenog područja. Drugi naziv je binarni senzori, rjeđe uklopnici.

Postoji više tipova senzora blizine, od kojih su najpoznatiji induktivni, kapacitivni, magnetni i optički. U ovom radu će biti obrađeni induktivni senzori blizine.

Pored dosta prednosti ovih senzora u odnosu na senzore koji se zasnivaju na fizičkom kontaktu imamo i manu da na senzore blizine utiče temperatura ambijenta, okolni objekti i ostali senzori. Induktivni senzori su pogođeni međusobnim uticajem sa drugim sensorima. Zbog ovoga moramo biti oprezniji kad ih montiramo da sprečimo međusobne smetnje. Moramo biti takođe oprezniji da sprečimo uticaj okolnih metalnih objekata na induktivne senzore blizine.

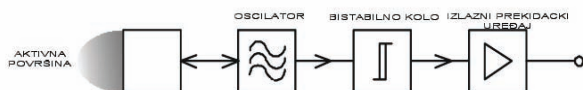
### 2. INDUKTIVNI SENZORI BLIZINE

Induktivni senzori blizine se koriste za bezkontaktnu detekciju metalnih objekata. Uglavnom se sastoje od tri funkcionalne grupe (slika 1.):

1. oscilator
2. bistabilno kolo
3. izlazni prekidački uređaj.

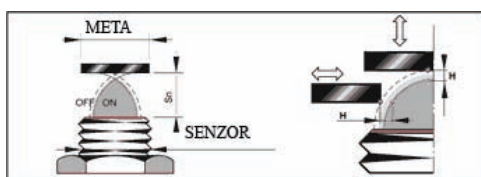
### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Veran Vasić, vanr. prof.



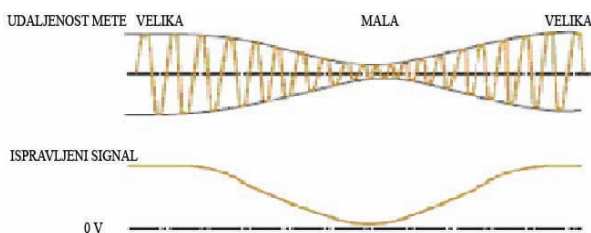
Slika 1. Blok šema induktivnog senzora blizine

Oscilator se sastoji od kalem namotanog oko feromagnetnog jezgra koji se nalazi u osetljivoj glavi davača. Kalem se napaja naponom visoke frekvencije. Čim se priključi napajanje oscilator počinje da osciluje i uzima definisanu struju. Elektromagnetno polje koje proizvodi oscilatorni kalem je usmereno pomoću feromagnetnog jezgra. Efektivno polje senzora je pomoću feromagnetnog jezgra fokusirano kroz aktivnu čeonu površ senzora. Ako je meta napravljena od električno provodnih materijala pozicionirana blizu aktivne čeonu površine senzora (slika 2.), unutar mete se indukuju vrtložne struje, čime se oduzima snaga iz oscilatora.



Slika 2. Načini približavanja mete

Nastali gubitak snage vodi smanjenju faktora kvaliteta rezonantnog kola i oscilatorska amplituda zbog toga pada (slika 3.).



Slika 3. Prikaz oscilatorske amplitude u zavisnosti od udaljenosti mete

Ovo se detektuje od strane relejskog bistabilnog kola, koji aktivira izlazni prekidački uređaj čim je određena amplituda dostignuta.

Induktivni senzori blizine detektuju elektromagnetno prigušenje nastalo usled vrtložnih struja koje su indukovane na provodnoj površini od strane spoljašnjeg elektromagnetnog polja. Što se meta (detektujući objekat) sve više približava senzorskoj osetljivoj glavi vrtložne struje sve više rastu. Ako je objekat jako blizu oscilacije će se jako smanjiti.

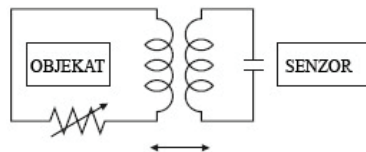
Faktor kvaliteta rezonantnog kola, kao i oscilatorska amplituda su zavisni od razmaka između provodne mete i aktivne čeonu površine senzora blizine. Detektor je bistabilno kolo koje prati oscilatorsku amplitudu i menja svoje stanje kad god ovaj razmak padne ispod određene vrednosti (ovaj razmak se zove osetni domet).

Prikaz različitih izvedbi induktivnih senzora blizine dat je na slici 4.

Između mete i senzora postoji transformatorska sprega, što je i prikazano na slici 5. sa odgovarajućom ekvivalentnom šemom.



Slika 4. Induktivni senzori blizine



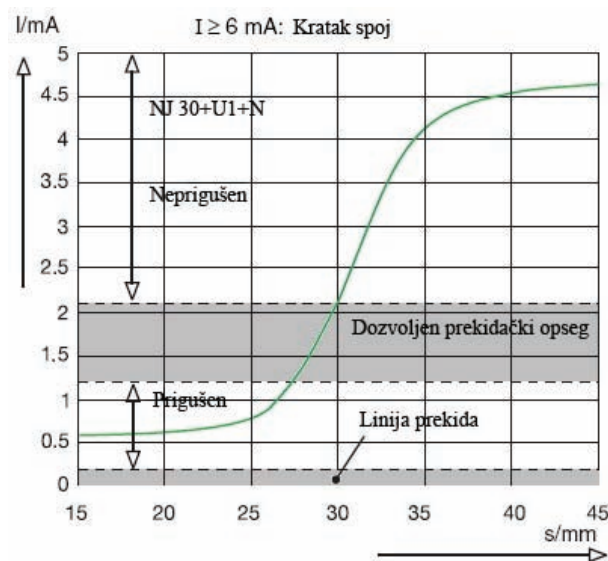
Slika 5. Ekvivalentna šema senzora blizine

Transformatorski uslovi sprejanja su zamenjeni idealnim transformatorom i promenljivom impedansom određenom prema gubicima usled vrtložnih struja. Promenljiva impedansa može biti smatrana u svojstvu promene otpornosti koja je vezana na red sa objektom. Što je objekat bliži senzoru otpornost je sve manja pošto su vrtložne struje indukovane u objektu sve veće. Ovo ne predstavlja fizičku sliku dešavanja u objektu i senzoru.

### 3. NAMUR INDUKTIVNI SENZORI BLIZINE, SENZORI SA ZAŠTITNOM FUNKCIJOM

#### NAMUR interfejs

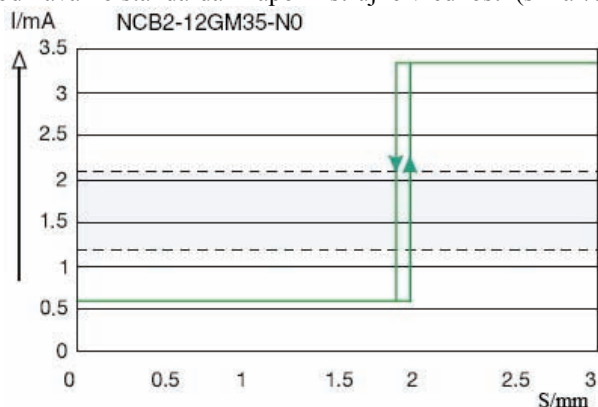
NAMUR senzori blizine tradicionalno imaju neprekidnu strujnu karakteristiku (slika 6.). (NAMUR: Normenarbeitsgemeinschaft für Mess- und Regelungstechnik der chemischen Industrie (Standardi Radne Grupe za kontrolu i instrumentaciju u hemijskoj industriji)).



Slika 6. Neprekidna strujna karakteristika

Savremeni senzori blizine imaju binarno prekidanje (simultane promene u prekidačkom stanju senzora i

pojačivača) koristeći najnoviju tehnologiju dok održavamo standardan napon i strujne vrednosti (slika 7.).



Slika 7. Binarna strujna karakteristika

#### Unutrašnja zaštita

Karakteristične vrednosti napona i struje se održavaju na niskom nivou da bi se NAMUR senzori blizine mogli koristiti u potencijalno eksplozivnim okruženjima („unutrašnji“ tip zaštite). Ova proizvodna serija je označena sa N na kraju koda, ponekad u kombinaciji sa brojem.

Funkcija ograničenja snage je napravljena u dotičnom aparatu. Ovo znači da kolo koje se nalazi u NAMUR senzoru je samo unutrašnja zaštita ako je napajano preko odgovarajućeg izolovanog pojačivača. Usaglašenost električnih karakteristika senzora blizine i izolovanog pojačivača utvrđena je „unutrašnjim zaštitnim testom“. Kablovska induktivnost i kapacitivnost su uključeni u ovaj test dok akumuliraju energiju.

#### Senzori sa zaštitnom funkcijom

Ovi senzori blizine u osnovi odgovaraju N tipu, ali sa specijalnom funkcijom: u slučaju kvara na senzoru, kontrolnom interfejsu ili zajedničkoj vezi, izlaz kontrolnog interfejsa automatski prebacuje na zaštitno „OFF“ stanje. Ceo sistem koji se sastoji od senzora i kontrolnog interfejsa je odobrio TUV u skladu sa DIN VDE 0660 deo 209 (bezkontaktni pozicioni prekidači za zaštitu). Oni su takođe svrstani u AK5 (za kružne prebacivačke operacije) ili AK4 prema DIN 19250 ili 19251 (dostupni u TVU sertifikatu). Ovi senzori su u skladu sa DIN EN 60947-5-3. Oni su označeni sa SN ili S1N na kraju koda. Zaštitna funkcija je zagarantovana samo u spoju sa odgovarajućim kontrolnim interfejsom.

Napomena u tehničkim podacima „samo za negvozdene metale“ za senzore tipa sa NO funkcijom, misli se da ova serija funkcioniše samo sa negvozdenim metalima (npr. aluminijum/mesing).

### 3.1. ATEKS

U oblastima kao što su hemijska i petrohemijska industrija, transport nafte i prirodnog gasa, rudarstvu, mlinskoj industriji i mnogim drugim granama industrije dolazi do pojave zapaljivih gasova, isparenja i zapaljive prašine gde postoji opasnost od potencijalno eksplozivne sredine. Električna instrumentacija i odgovarajući sistemi mogu dovesti do eksplozije zbog električne energije unete u ovu oblast. Da bi garantovali najveći mogući nivo sigurnosti u ovim oblastima u Evropi su doneti novi propisi sa dve ATEKS (eksplozivne atmosfere) direktive:

94/9/EC (ATEKS 95) i 1999/92/EC (ATEKS 137). One su stupile na snagu 1996 i 2000, respektivno, i obe su postale obavezne posle 30. 06. 2003. Što znači da je do 2003. bio prelazni period i direktive su se mogle primenjivati, a postrojenja su se mogla staviti u pogon bilo sa starim ili novim atestom. Posle 2003. postojeća postrojenja su nastavila da rade sa uređajima koji imaju stare ateste, a nova postrojenja mogu biti puštena u rad samo sa uređajima koji imaju nove ateste i samo uređaji sa atestima u skladu sa direktivom 94/9/EC mogu biti prodati.

ATEKS 95 propisuje uslove za električnu i neelektričnu opremu namenjenu za upotrebu u eksplozivno opasnim oblastima. Ova direktiva definiše kategorije opreme sa različitim nivoima zaštite, bitne zahteve sigurnosti i procedure određivanja usaglašenosti za ovu opremu (kojim proizvođačima dozvoljava da proizvodi u određenoj kategoriji).

ATEKS 137 obezbeđuje propise za korisnika postrojenja sa potencijalno eksplozivnim oblastima. Ona definiše, naprimer klasifikaciju zona potencijalno eksplozivnih oblasti i određuje prateću kategoriju opreme.

Prema ATEKS 95 definicije grupa uređaja I i II su:

- Grupa uređaja I se odnosi na uređaje za korišćenje ispod zemlje u rudarskim radovima kao i u nadzemnim sistemima ugroženim od potencijalne eksplozije rudarskog gasa i/ili zapaljive prešine.
- Grupa uređaja II se odnosi na uređaje za upotrebu u drugim oblastima koje mogu biti u opasnosti od potencijalno eksplozivne okoline.

Klasifikacija zona prema ATEKS 137 je urađena na sledeći način:

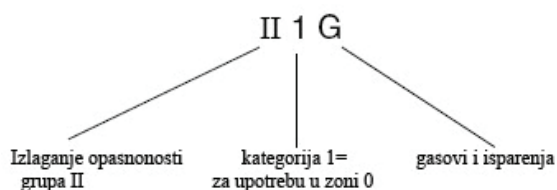
- Industrijske oblasti u kojima se smeše eksplozivnih gasova mogu da javljaju često, povremeno ili samo u retkim slučajevima moraju bit svrstani u zone 0, 1 ili 2, respektivno.
- Industrijske oblasti gde do zapaljive prašine može doći često, povremeno ili samo u retkim slučajevima moraju bit svrstani u zone 20, 21 ili 22, respektivno.

Potrebne kategorije opreme koja se koristi u određenim zonama opasnosti u zavisnosti od izlaganja opasnosti tj. grupe uređaja dato je u tabeli 3.1.

Tabela 1. Klasifikacija na osnovu zona i grupe uređaja

| Grupe uređaja | Kategorije uređaja | Zone       |
|---------------|--------------------|------------|
| I             | M=rudarstvo        |            |
|               | M1                 | --         |
|               | M2                 | --         |
| II            | G=gas              |            |
|               | 1G                 | 0, 1, 2    |
|               | 2G                 | 1, 2       |
|               | 3G                 | 2          |
|               | D=prašina          |            |
|               | 1D                 | 20, 21, 22 |
|               | 2D                 | 21, 22     |
|               | 3D                 | 22         |

Na slici 8. prikazan je primer oznake ovih uređaja.



Slika 8. Oznake uređaja

#### 4. ZAKLJUČAK

Standardni induktivni senzori blizine su savršeno adekvatni za većinu aplikacija, izuzev u pojedinim slučajevima, npr. u sredinama gde postoji opasnost od zapaljenja smesa gasova, isparenja ili prašine što dalje može dovesti do eksplozije. U potencijalno eksplozivnim sredinama se koriste NAMUR specijalni induktivni senzori blizine koji imaju strujne i naponske limitere tj. funkciju ograničenja snage da bi se sprečila pojava varnice i povećanog zagrevanja koje mogu dovesti do eksplozije.

#### 5. LITERATURA

- [1] FACTORY AUTOMATION, Sensorik 1, Inductive, capacitive and magnetic sensors, PEPPERL+FUCHS, 2004.
- [2] CREATIVE SOLUTIONS TO SENSING PROBLEMS, OMRON
- [3] PROCESS AUTOMATION, explosion protection, PEPPERL+FUCHS, 2004.
- [4] <http://www.pepperl-fuchs.com>
- [5] <http://www.ia.omron.com/support/guide/48/principles.html>
- [6] <http://www.ia.omron.com/support/guide/48/features.html>
- [7] <http://www.ia.omron.com/support/guide/48/overview.html>
- [8] <http://news.thomasnet.com/fullstory/823968>
- [9] [http://www.tsrb.hr/meha/index.php?option=com\\_content&task=view&id=51&Itemid=1](http://www.tsrb.hr/meha/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=1)

- [10] <http://www.ema-electronic.com/pdf/C-CSIS-EN.pdf>
- [11] <http://www.fargocontrols.com/sensors.html>
- [12] [http://www.fargocontrols.com/sensors/inductive\\_op.html](http://www.fargocontrols.com/sensors/inductive_op.html)
- [13] [www.fer.hr/\\_download/repository/PREDAVANJE-8.pdf](http://www.fer.hr/_download/repository/PREDAVANJE-8.pdf)
- [14] [http://www.automation.siemens.com/microsite/cd/atex/atex\\_en.pdf](http://www.automation.siemens.com/microsite/cd/atex/atex_en.pdf)
- [15] <http://www.touchbriefings.com/download.cfm?fileID=757&action=downloadFile>

#### Kratka biografija:



**Drago Alavanja** rođen je u Zadru 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti elektrotehnika i računarstvo, smer energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2010. god.



**Veran Vasić** magistrirao je 1996. god. na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Doktorsku disertaciju je odbranio 2001. god. takođe na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Oblast interesovanja su elektromotorni pogoni i automatizacija industrijskih procesa. Angažovan je kao projektant ili odgovorni projektant na većem broju glavnih projekata u industriji.

## VALIDACIJE PODATAKA PRENOSNIH SISTEMA DATA VALIDATION FOR TRANSMISSION NETWORK APPLICATION

Lazo Vuković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu se obrađuje validacija podataka prenosnih sistema. Analitičke funkcije predstavljaju bazni deo kako EMS tako i DMS softvera. Za njihov rad neophodni su čisti, ispravni i upotrebljivi podaci. Kvalitet rezultata analitičkih funkcija zavisi od kvaliteta svih podataka, kako onih koji su uneti tokom inicijalnog (masovnog) unosa tako i onih koji su uneti tokom dnevnih promena (u toku njihovog ažuriranja). Upravo zato razvijen je postupak i na osnovu njega kreiran softver za validaciju podataka prenosnih sistema. Ovaj softver predstavlja deo softverskog paketa za upravljanje prenosnim sistemima.

**Abstract** – This paper deals with validation of data transmission systems. Analytical functions represents basis for construction as EMS and DMS software. Necessary for their work are clean, correct and usable data. The quality of the analytical function depends on the quality of data, both those which entered during the initial (mass) input of data and the input of those which entered during the daily changes (in their updates). That is why we developed a procedure and on the basis of it, software for validation of data transmission systems is created. This software represents a part of a software package for managing the transmission systems.

**Ključne reči:** EMS, Validacija podataka, funkcije

### 1. UVOD

Svetsku elektroprivredu s kraja prošlog i početka ovog veka karakterišu procesi restrukturiranja i deregulacije, uslovljeni prestankom velikih investicionih ulaganja u izgradnju i razvoj elektroenergetskih sistema (EES), njene delimične privatizacije i utvrđivanja slobodnog tržišta električne energije [1].

Ideja restrukturiranja se, pre svega, sastoji od dezintegracije jedinstvenog – vertikalno integrisanog elektroprivrednog preduzeća, u (teorijski) četiri, ekonomski nezavisna subjekta (preduzeća): 1) proizvodnja, 2) prenos, 3) distribucija, 4) isporuka električne energije, pridružena distributivnim preduzećima i/ili posebnim privatnim preduzećima. Jedan od ključnih momenata u restrukturiranoj elektroprivredi jeste taj da se svaki od novih subjekata (proizvodnja, prenos, distribucija i isporuka) brine o svom celokupnom poslovanju, težeći da ostvari što veći prihod (profit).

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Goran Švenda, vanr.prof.

Takva briga nameće potrebu za korišćenjem sofisticiranih alata za vođenje tehničkih poslova u sva četiri preduzeća. Zbog toga su se sistemi za vođenje prenosnih mreža (Energy Management System, EMS – sistemi za vođenje tehničkih poslova preduzeća za prenos električne energije) već utvrdili kao nužni alati. Štaviše, počelo se sa njihovim prilagođavanjem novim uslovima poslovanja preduzeća za prenos na slobodnom tržištu električne energije. Bazični deo ove vrste softvera jesu analitičke funkcije, tj. energetske proračune za nadzor, analizu i optimizaciju pogona, za planiranje razvoja itd. Za njihov rad neophodni su kvalitetni i pouzdani podaci. Ako se zna da je prenosnim mrežama za razne proračune potrebno obezbediti izuzetno velik broj podataka jasno je zašto se proces unosa podataka mora tretirati kao jedan od najtežih, ali i najvažnijih problema. Taj proces je odlučujući je za održanje kvaliteta proračuna, smanjenje broja pogrešnih rezultata, odluka, akcija i uopšte poboljšanje rada celokupnog softvera. Validacijom podataka se omogućava da se rad analitičkih funkcija zasniva na maksimalno pouzdanim i kvalitetnim podacima, tj. na podacima koji će obezbediti unapred zadate kriterijume kvaliteta.

Kao bitan korak ovog postupka nameće se i provera potpunosti podataka – postojanja svih neophodnih podataka za svaki od elemenata sistema. Osim prijave netačnih podataka, postupkom validacije podataka korisnik dobija i druge za njega korisne informacije (kao što su npr. broj namotaja transformatora, broj elemenata koji su priključeni u određeni čvor, itd.).

Dakle, postupak validacije podataka predstavlja osnovni, prvi korak svakog, pa i EMS softvera. Taj postupak je potrebno uraditi na početku rada svakog programa, jer je njihova tačnost, smislenost i uopšte postojanost od velikog značaja za kvalitet njegovog rada. Provera kvaliteta podataka izvršava se u toku rada, snimanja i čitanja podataka iz baze podataka ili drugih spoljnih izvora.

Nakon uvoda u drugom delu rada je dat opis metodologije validacije, dok je u trećem delu dat postupak validacije podataka prenosnih sistema. Nakon toga sledi zaključak, kao i referentno navedena literatura korišćena pri izradi ovog rada.

### 2. OPIS METODOLOGIJE VALIDACIJE

U ovom delu date su teorijske osnove postupka validacije podataka.

Pre praktične primene mora se verifikovati kvalitet prikupljenih podataka. Validacijom podataka se potvrđuje tačnost, kompletnost, konzistentnost i ažurnost podataka.

Greške i netačnosti u podacima EES-a mogu biti svrstani

u dve kategorije:

1) male greške (koje su uvek prisutne) - zahvaljujući greškama u merenjima bez istovremenog uzorkovanja, devijaciji parametara, nesavršenosti i aproksimacijama modela itd.

2) loši podaci – greške merenja, parametara ili topologije. Takve greške se dešavaju usled grešaka instrumenata, grešaka prenosa podataka, grešaka usled pogrešnog povezivanja elemenata mreže, loše kalibracije, nedosledne reprezentacije baze (poslednje tri vrste se obično javljaju u trenutku puštanja u rad, proširenja mreže i održavanja).

Proces validacije se može sprovesti uz obavljanje provere relevantnosti podataka. Provere mogu biti jednostavne npr. kao provere postojanja parametara i elemenata i provere njihovih vrednosti na granice u kojima se te vrednost očekuju. Koriste se i složenije provere koje sadrže uslovne provere na više polja i kojima se proverava povezanost elemenata, postojanje elemenata koji u električnom smislu "vise" (nisu galvanski povezani sa drugim elementima) i postojanja izolovanih grupa elemenata tzv. električnih ostrva.

Neophodno je preduzeti nekoliko koraka da bi se uspostavio proces provere validnosti podataka: 1) identifikacija podataka za koje je neophodno proveriti njihovu validnost, 2) razvoj funkcija za proces provere validnosti podataka, 3) proces provere (automatizovana primena tih funkcija – razvoj aplikacije u programskom jeziku i njegova integracija u softver za upravljanje prenosnim sistemima), 4) korekcije u bazi tehničkih podataka (u skladu sa proverom validnosti podataka). Ovim koracima se sprovodi revizija informacija. Ideja je da se uspostavi proces tako da se može ponoviti i na drugim skupovima podataka.

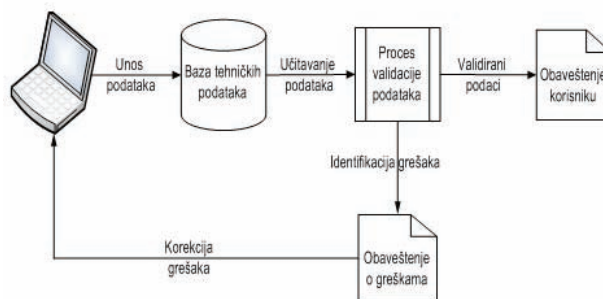
Postupkom validacije netačni podaci se identifikuju i nad njima se otklanjaju uočene greške.

Osnovne koristi postupka validacije podataka su: 1) smanjenje grešaka i nedoslednosti podataka, 2) poboljšanje kvaliteta podataka, 3) tačniji, konzistentniji i blagovremeni podaci za rad analitičkih funkcija, 4) kvalitetnije odluke donete na osnovu takvih podataka, 5) sposobnost za upoređivanje podataka sa istorijskom bazom validiranih podataka, 6) sa preciznijim podacima, manje vremena i truda je potrebno pri radu analitičkih funkcija, što konačno štedi vreme i novac.

Krajnji cilj je da se automatizuje proces provere, tj. da se razvije softver dostupan korisnicima, a čija je namena da omogući brži, precizniji i lakši rad analitičkih funkcija koje slede posle postupka validacije podataka. Takođe, pokretanjem postupka validacije podataka korisnik dobija informacije koje se ne tiču tačnosti podataka, već obaveštenja o sistemu, kao što su npr. broj izolovanih ostrva, postojanje primarne kompanije za prenos električne energije itd.

### 3. POSTUPAK VALIDACIJE PODATAKA PRENOSNIH SISTEMA

Proces validacije podatka se koristiti za kontinualno poboljšanje kvaliteta podataka. Korekcije se mogu primeniti kako nad sistemima koji obezbeđuju podatke (radi poboljšanja kvaliteta podataka u izvoru), tako i u toku izmene netačnih podataka u bazi tehničkih podataka[2].



Slika 1. Postupak validacije podataka

Na slici 1 prikazan je postupak validacije podataka. Unos i ažuriranje podataka u bazu tehničkih podataka obavlja inženjer. Proces validacije podataka se sastoji od funkcija koje se odnose na elemente prenosnog sistema. Implementacija tih funkcija zahteva razvoj i primenu niza pravila, koje zavise od zahteva korisnika i odnose se na podatke koji opisuju te elemente. Implementacija tih funkcija zahteva razvijanje posebnih algoritama za validaciju (svaki algoritam se odnositi na poseban element sistema). Nakon sprovedenog postupka validacije, inženjer koji radi na unosu podataka dobija obaveštenje o greškama na osnovu kojih on sprovodi akcije da bi te greške otklonio [3].

Na slici 2 dat je, takođe, postupak validacije podataka (za sistem od interesa). Na početku ovog postupka, inženjer koji radi na unosu podataka, unosi podatke u IMM (Information Model Menagement). IMM predstavlja sredstvo za unos i ažuriranje podataka. ASR Mapping File omogućuje da se podaci uneti u IMM populišu u bazu tehničkih podataka.

Na zahtev korisnika (inženjera koji radi na unosu podataka ili inženjera zaposlenog u prenosnoj kompaniji) pokreće se aplikacija za validaciju podataka.

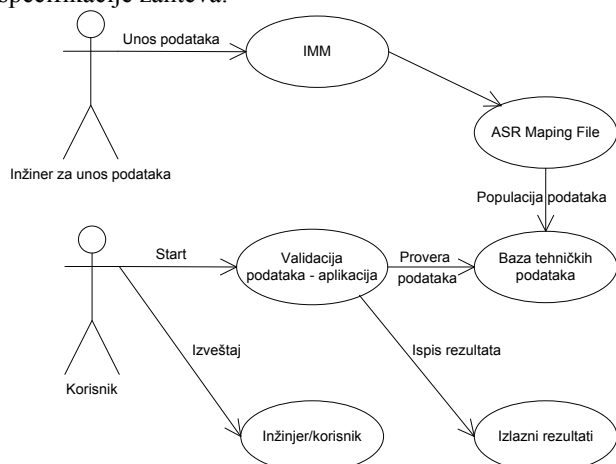
Takođe, aplikacija će biti u stanju da čita iz baze tehničkih podataka, pokreće različite funkcije za proveru validacije na zahtev korisnika, a zatim upiše rezultate u izlaz za skladištenje podataka. Proveru treba vršiti samo po zahtevu, a ne stalno, kao i na početku rada EMS softvera.

Funkcije koje su deo procesa validacije podataka su:

- DvTopology – provere u vezi sa postojanjem izolovanih ostrva prenosnog sistema,
- DvTerminal – provere u vezi sa čvorovima koji se sastoje od samo jednog terminala,
- DvBusbar – provere podataka sabirnica,
- DvLoads – provere podataka potrošača,
- DvLines – provere podataka vodova,
- DvShunts – provere podataka šantova,
- DvSeriesDevice – provere podataka rednih uređaja,
- DvWindingTest – provere podataka namotaja transformatora,
- DvTransformer – provere podataka transformatora,
- DvCTransformer – provere podataka kompleksnih transformatora,
- DvCtxImpedanceVar – provere podataka varijabilnih impedansi kompleksnog transformatora,
- DvUnits – provere podataka generatorskih jedinica,
- DvCompany – provere podataka prenosnih kompanija EES-a,
- DvStation – provere podataka stanica prenosnog

sistema,

– DvSVC – provere podataka statičkih kompetazatora  
Svaka od funkcija se sastoji od dve grupe provera (osim DvTopology i DvCompany koje spadaju u postupak validacije specifičnih parametara) koje zavise od tipa podataka. Ove dve grupe provera su razvijene na osnovu specifikacije zahteva.



Slika 2. Proces validacije podataka

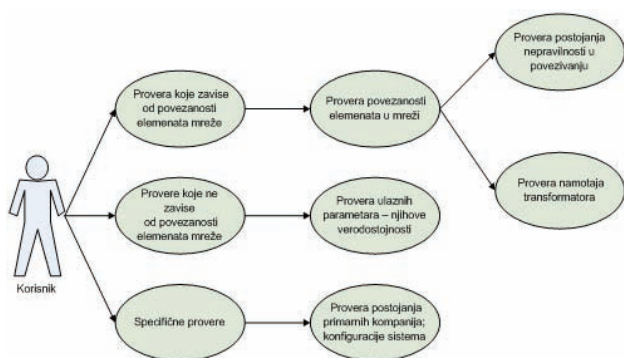
### 3.1. Klasifikacija provera unutar jedne funkcije

Proces validacije podataka bi trebao da pokrene više grupa provera (koje zavise od tipa podatka). Neke od provera su:

- 1) provera povezanosti
- 2) provera nominalnog napona
- 3) provera parametara
- 4) provera konfiguracije

Prethodno nabrojane provere, kao i sve ostale provere, mogu se klasifikovati u tri osnovne grupe:

- 1) provere koje zavise od povezanosti elemenata mreže,
- 2) provere koje ne zavise od povezanosti elemenata mreže,
- 3) specifične provere,



Slika 3. Struktura validacije podataka

Na slici 3. je prikazana struktura validacije svakog od elemenata prenosnog sistema.

Validacija svakog od elemenata mreže će sadržati prve dve grupe provera: provere koje zavise od povezanosti elemenata mreže i provere koje ne zavise od povezanosti elemenata mreže. Takođe, u procesu validacije podataka postoje i dve funkcije koje se mogu klasifikovati u grupu specifičnih provera. Ovde pripadaju funkcije za proveru topologije i podataka vezanih za

postojanje više kompanija za prenos električne energije u okviru jednog elektroenergetskog sistema.

### 3.2. Postupak validacije podataka koji ne zavise od povezanosti elemenata mreže

U postupku validacije podataka koji ne zavise od povezanosti elemenata mreže, proveravaju se podaci čije postojanje kao i vrednosti ne zavisi od topologije mreže, tj. o povezanosti posmatranog elementa sa ostalim delom mreže. Ovoj grupi podataka pripadaju: otpornosti, induktivnosti, kratkoročne (dugoročne i srednjeročne) dozvoljene i nominalne struje voda, minimalni i maksimalni napon šanta, itd.

Kod ove grupe podataka proverava se:

- Postojanost podatka, tj. da li postoji vrednost podatka u bazi tehničkih podataka.
- Vrednost podatka, tj. da li je vrednost podatka ispravna. Ispravnost se proverava na određene granice koje definiše projekt-inženjer u specifikaciji zahteva, ili na osnovu iskustva inženjera koji implementira postupak validacije podataka. Npr., provera se da li je vrednost otpornosti namotaja trenafomatora u granicama.
- Definisanoost podatka, tj. da li je podatak deo definisanog skupa podataka. Npr., da li je vrednost namotaja transformatora definisana kao 1 ili 2 (kao primar ili sekundar).

### 3.3. Postupak validacije podataka koji zavise od povezanosti elemenata mreže

Pre opisa postupka validacije podataka koji zavise od povezanosti elemenata mreže, potrebno je dati opis modela mreže. Razlog za to je bolje razumevanje ovog postupka i neophodnosti njegovog uvođenja. Čvor EES-a (*connectivity node*) se modeluje kao skup terminala (*terminal node*). Povezivanje elemenata EES-a sa čvorovima se ostvaruje upravo preko terminala. Broj terminala u okviru jednog čvora definiše broj mogućih veza tog čvora i elemenata EES-a.

Postupak validacije ove grupe podataka omogućava korisniku da dobije informacije o povezanosti elemenata mreže, kao i nepravilnostima u mreži. Pod nepravilnostima u mreži se podrazumeva: postojanje elemenata koji nisu povezani sa ostalim delom mreže, povezanost dva namotaja transformatora u jedan čvor itd.

Kod ove grupe podataka proverava se:

- Povezanost elementa EES-a sa ostalim delom mreže. Npr., provera povezanosti sabirnice sa čvorom (deo ove provere je provera povezanosti sabirnice u terminal čvora). Ovakva vrsta provere je deo postupka validacije svakog od razmatranih elemenata prenosnog sistema.
- Povezanost dva ili više istih elemenata u čvor. Npr., povezanost dve sabirnice u jedan čvor.
- Povezanost oba kraja elemenata u jedan čvor. Npr., provera povezanosti oba kraja voda u jedan čvor.
- Provera povezanosti namotaja transformatora. Npr., provera povezanosti sa ostatkom sistema svakog od namotaja transformatora.

Takođe, ovoj grupi postupaka validacije pripada i provera čvorova sa jednim terminalom. Razlog je što elementi povezani u takav čvor u električnom smislu "vise".

### 3.3. Postupak validacije specifičnih parametara

Postupak validacije specifičnih podataka može se podeliti na dve osnovne grupe:

- Validacija topologije tj. pronalaženje izolovanih ostrva u EES-u; njihovog broja; broja sabirnica po svakom od izolovanih ostrva; terminala čvora u koje nije povezan ni jedan element EES-a itd.
- Validacija podataka o kompanijama EES-a, tj. da li postoji definisana primarna kompanija, zatim broj primarnih kompanija ukoliko ih postoji više.

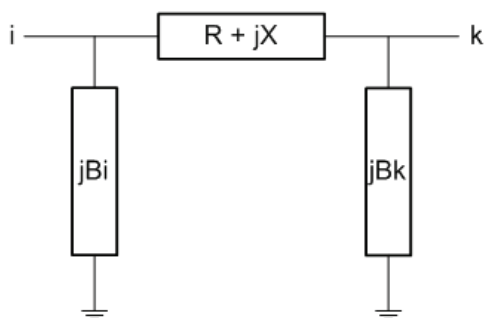
### 3.4. Rezultat rada postupka validacije podataka

Izlaz iz aplikacije zavisi od toga koji se element prenosnog sistema validira, tj. koje od provera (obrađenih u oblasti 3.1.) se koriste. U slučaju provera koje zavise od povezanosti elemenata mreže, rezultat rada aplikacije je obaveštenje korisniku sa tipom greške (element nije povezan sa ostalim delom mreže, dva namotaja jednog transformatora su povezana u jedan čvor itd), kao i nazivima elemenata za koje su greške pronađene. U slučaju provera koje ne zavise od povezanosti elemenata mreže, rezultat rada aplikacije je obaveštenje korisniku koje sadrži naziv elementa, trenutnu vrednost parametara (opciono i granice u kojima bi trebalo da se nalazi vrednost određenih parametara). Izlaz iz aplikacije u slučaju specifičnih provera sadrži broj izolovanih ostrva (kao i nazive sabirnica koji pripadaju tim ostrvima) – u slučaju validacije topologije prenosnog sistema, ili informacije o broju kompanija u okviru razmatranog sistema (npr. da li je jedna kompanija definisana kao primarna).

### 3.5. Karakteristični primer validacije – postupak validacije podataka vodova

Vodovi su deo EES namenjeni prenosu i distribuciji (“transportu” i “raspodeli”) napona i električne energije. Postoje dve vrste vodova: nadzemni (vazdušni) i kablovski (kablovi). Nadzemni vodovi se uglavnom koriste u prenosnim mrežama [4]. Za opis voda u sistemu od interesa se koristi  $\pi$  – šema data na slici 4. Karakteristike modela voda su:

- $\pi$  – šema za simetričan ili nesimetričan režim.
- dozvoljena je upotreba negativne impedanse kao ekvivalenta voda.
- $R+jX$  je redna impedansa voda ( $R$  – otpornost,  $X$  – induktivnost)
- $jB_i$ ,  $jB_k$  su otočne odvodnosti u čvorovima  $i$  i  $k$ .



Slika 4.  $\pi$  – šema voda

Za svaki od vodova se proveravaju sledeći podaci:

- povezanost oba kraja voda u čvorove sistema,
- povezanost bar jednog kraja voda u čvor sistema,
- povezanost voda u terminal čvora,
- povezanost voda sa više od dva čvora (veza se ostvaruje preko terminala čvora).
- povezanost oba kraja voda u jedan čvor,
- parametar – terminal end of line – koji označava kraj određenog voda
- parametar – otočna odvodnost.
- parametar – redna otpornost.
- parametar – redna induktivnost.
- parametre – dugoročna, srednjeročna i kratkoročna dozvoljena struja.

## 4. ZAKLJUČAK

Validacija podataka prenosnih sistema predstavlja važan deo u sistemu za vođenje tehničkih poslova preduzeća za prenos električne energije jer omogućava da taj sistem radi nad kvalitetnim podacima, što značajno doprinosi kvalitetnijem radu kompletnog EE sistema.

## 5. LITERATURA

- [1] L. Philipson, H. L. Willis: *Electric Utilities and De-Regulation*, Marcel Dekker Inc, New York, USA, 1999.
- [2] Transmission network applications – application sheet, Siemens, Nuremberg, Germany, 2007.
- [3] DVS\_CDNA10-DNA\_DataValidation, Siemens, Nuremberg, Germany, 2008.
- [4] V. C. Strezoski: *Osnovi elektroenergetike – sistemi*, Stylos, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 1996.

### Kratka biografija:



**Lazo Vuković** je rođen u Bijeljini 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva na katedri za Elektroenergetiku odbranio je 2010 godine.

## REALIZACIJA DIGITALNOG ORGANIZATORA UPOTREBOM JSF TEHNOLOGIJE

### DIGITAL ORGANIZER IMPLEMENTATION USING JSF TECHNOLOGY

Dejan Duraković, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U okviru ovog rada je predstavljen način kako se može realizovati Digitalni organizator za organizaciju ličnih događaja kao i tehnologije pomoću kojih se takav sistem može implementirati.

**Abstract** – This paper presents one implementation of a Digital organizer as well as the representative implementation technologies.

**Ključne reči:** JSF tehnologija, Ajax, RichFaces, organizator

#### 1. UVOD

Kalendar je uređeni način brojanja vremena i imenovanja određenih vremenskih perioda. Zavisno od načina brojanja vremena postoje različite vrste kalendara. Razvojem društva, potrebe za kalendarom su bile sve veće, samim tim i kalendar je dobijao svoju novu ulogu. Personalizacijom kalendara nastaju planeri i lični organizatori.

Daljim razvojem društva i sve većom potrebom za korišćenjem računara nastaju računarski kalendari, a zatim i programski lični organizatori i na kraju *web* lični organizatori. Danas postoji mnogo softverskih aplikacija čija je namena organizacija ličnih događaja. Postoje dve grupe takvih aplikacija. Prvu predstavljaju aplikacije namenjene za ličnu upotrebu kao desktop aplikacije (*Microsoft Outlook without Exchange Server, Windows Calendar*).

Druga grupa su umrežene aplikacije koje omogućavaju razmenu podataka između korisnika (*Mozilla Sunbird, Windows Live Calendar, Google Calendar, Microsoft Outlook with Exchange Server, Yahoo Calendar*).

#### 2. TEHNOLOGIJE

##### 2.1. JSF

JSF (JavaServer Faces)<sup>[1]</sup> je tehnologija koja omogućava jednostavniji razvoj korisničkog interfejsa u klasičnoj *web* aplikaciji. Cilj JSF je automatizacija i jednostavnost izvršavanja najviše korišćenih operacija izrade ove vrste aplikacija.

JSF nam omogućava:

- Ubacivanje komponenti na stranicu dodavanjem *tag*-ova komponenti

#### NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz istoimenog diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Milan Vidaković.

- Vezivanje događaja generisanih od strane komponenti za aplikacioni kod na serverskoj strani

- Vezivanje komponente korisničkog interfejsa za podatke na serverskoj strani

- Konstruisanje korisničkog interfejsa pomoću komponenti koje se mogu ponovo koristiti

Komponente JSF-a imaju mogućnost ponovnog korišćenja i mogu biti jednostavne (npr. dugme, *text box*) ili složene (tabela). JSF tehnologija obezbeđuje bogatu, fleksibilnu arhitekturu komponenti koja obuhvata sledeće elemente:

- Skup *UIComponent* klasa kojima se opisuju stanje i ponašanje komponenti korisničkog interfejsa.

- Model prikazivanja komponenti (*rendering model*) koji definiše kako na različite načine prikazati komponente.

- Model osluškivača događaja (*event-listener model*) koji definiše kako upravljati događajima komponenti.

- Konverzioni model (*conversion model*) koji definiše kako da se registruju konvertori podataka za komponentu.

- Validacioni model (*validation model*) koji definiše kako registrovati validatore za komponentu.

##### 2.1.1. Komponente korisničkog interfejsa

JSF komponente poseduju attribute, metode i događaje. Jedna od najvažnijih karakteristika JSF komponenata je mogućnost čuvanja stanja. U okviru JSF *framework*-a se nalazi set klasa i pridruženih interfejsa koji u potpunosti opisuju funkcionalnost UI komponenti. Klase komponenti su nasledive, što omogućava razvoj sopstvenih komponenti. Pored nasleđivanja bazne klase, klase UI komponenti implementiraju i jedan ili više interfejsa koji definišu ponašanje seta komponenti čije klase implementiraju dati interfejs.

##### 2.1.2. Rendereri

Rendereri predstavljaju način na koji će komponenta biti prikazana klijentu. Ponašanje komponente se definiše jednom, i razvije se više renderera, od kojih svaki definiše različit način prikaza (renderovanja) istom ili različitim klijentima. *Render kit* sadrži set *Renderer* klasa, od kojih svaka definiše jedan način prikaza odgovarajuće komponente za koju je definisan. Unutar JSF *framework*-a, definisan je standardni *HTML render kit*, za prikaz JSF UI komponenti na HTML klijentu.

### 2.1.3. Managed bean-ovi

JSF *managed bean*-ovi su *JavaBeans* komponente koje poseduju set atributa koji se mogu povezati sa vrednošću komponente korisničkog interfejsa, sa instancom same komponente, ili sa instancom određenog osluškivača, konvertora ili validatora. Pored atributa, *bean* poseduje i set metoda koje najčešće vrše validaciju podataka unetih na ulaznim UI komponentama, rukuju događajem koji se desio na komponenti, ili vrše procesiranje u cilju utvrđivanja na koju stranicu je potrebno navigirati korisnika. Deklarišu i konfigurišu se u konfiguracionom dokumentu aplikacije.

### 2.1.4. Konverteri

Kada postoji potreba za konverzijom podataka iz komponente u neki tip podataka koji nije standardan moguće je koristiti neke od konvertora koji već postoje u *framework*-u, ili kreirati sopstveni konvertor. Pri kreiranju sopstvenog konvertora, potrebno je implementirati *Converter* interfejs, definisan unutar JSF *framework*-a. Potom, konvertor je potrebno registrovati unutar konfiguracionog dokumenta aplikacije. Na kraju, potrebno je i ugnjezditi konvertor *tag* unutar *tag*-a komponente čije podatke želimo da konvertujemo.

### 2.1.5. Validatori

JSF *framework* poseduje mehanizam validacije vrednosti koje su unete na ulaznim komponentama od strane korisnika aplikacije. Kao i za konverziju, *framework* već poseduje set standardnih i najčešće korišćenih validatora, poput validatora minimalne i maksimalne dozvoljene vrednosti unetog numeričkog podatka. Takođe je moguće definisati i sopstveni validator. Potrebno je implementirati *Validator* interfejs i registrovati unutar konfiguracionog dokumenta aplikacije. Validator je moguće kreirati i implementacijom metode unutar *backing bean*-a.

### 2.1.6. Osluškivači događaja

U *Web* aplikacijama je često potrebno da se odgovori na korisničke događaje koji su izabrani iz menija ili kliknuti na dugme. Događaji izazvani promenom vrednosti su vezani za određene HTML elemente u slučajevima kada se vrednost komponente menja, kao što su *checkbox*-ovi. Događaji izazvani akcijom javljaju se nakon aktiviranja komandnih komponenti kao što su dugmad i hiperlinkovi.

### 2.1.7. Navigacija

Navigacija u JSF aplikaciji određena je skupom pravila koja definišu na koju stranicu će korisnik biti upućen nakon klika na dugme ili hiperlink. Unutar jednog pravila definiše se polazna stranica, te više mogućih navigacionih slučajeva (*navigation case*), u okviru kojih je definisana stranica na koju će korisnik biti upućen i uslov prelaska na datu stranicu.

Ovi uslovi se opisuju navođenjem *String* vrednosti (*outcome*) koja predstavlja povratnu vrednost metode koja vrši procesiranje s ciljem utvrđivanja na koju stranicu će se korisnik navigirati. Drugi način je da se navede naziv same metode koja vrši procesiranje (*action*). Napokon, moguće je koristiti oba uslova istovremeno. Navigaciona pravila definišu se unutar konfiguracionog dokumenta aplikacije.

### 2.1.8. Životni ciklus JSF stranice

Svaki zahtev koji stigne od strane klijenta prolazi kroz ciklus JSF faza obrade zahteva. Prihvatanjem zahteva, upravljanjem fazama obrade zahteva i eventualnom inicijalizacijom resursa upravlja instanca *FacesServlet*-a, kojeg poseduje svaka JSF aplikacija. Postoji šest faza kroz koje zahtev prolazi:

1. Rekonstrukcija stabla komponenti
2. Primena vrednosti iz zahteva
3. Validacija ulaznih podataka
4. Ažuriranje objektnog modela
5. Izvršavanje logike aplikacije
6. Generisanje odgovora za klijente

### 2.1.9. Biblioteke JSF tag-ova

Unutar JSF *framework*-a definisane su dve biblioteke *tag*-ova, biblioteka osnovnih JSF *tag*-ova (*JSF Core Tag Library*), i biblioteka HTML *tag*-ova (*JSF HTML Tag Library*). Da bi se sadržaj ovih biblioteka koristio na stranici, potrebno ih je deklarirati unutar stranice.

```
<%@taglib
uri="http://java.sun.com/jsf/core"prefix="f
"%>
<%@taglib
uri="http://java.sun.com/jsf/html"prefix="h
"%>
```

### 2.2. Ajax

Ajax (*Asynchronous JavaScript and XML*)<sup>[2]</sup> je razvojna tehnika za kreiranje interaktivnih *web* aplikacija. Ajax ne predstavlja sam po sebi novu tehnologiju, već pristup zajedničkom korišćenju postojećih standarda, koji uključuju:

- HTML (ili XHTML) i CSS (*Cascading Style Sheets*) za prezentaciju podataka na klijentskoj strani
- JavaScript kao skript jezik koji dodaje funkcionalnost *web* stranicama
- DOM (*Document Object Model*) za pristup i manipulaciju HTML dokumentima
- XML za razmenu podataka
- XSLT za manipulaciju podacima
- *XMLHttpRequest* objekat za asinhronu komunikaciju između klijentske i serverske strane

Uprkos činjenici da Ajax u svom nazivu uključuje JavaScript, postoje i drugi skript jezici kojima se može implementirati Ajax aplikacija, poput VBScript-a (*VisualBasic Sript*). Takođe, XML nije obavezan za razmenu podataka – često se koristi i JSON (*JavaScript Object Notation*), a moguće je koristiti i druge standarde, pa čak i običan tekst.

Tradicionalni pristup funkcionisanju *web* aplikacije podrazumeva da se celokupan sadržaj stranice ponovo učitava sa servera nakon svakog korisničkog zahteva. Upotrebom Ajax-a u *web* aplikaciji, razmena podataka između *web* stranice i servera može da se obavlja asinhrono, u pozadini tako da to ne utiče na ponašanje i izgled trenutne stranice. Time se postiže da stranica ne

mora da se učita svaki put kada korisnik pročita podatak sa servera ili kada unese neki novi podatak.

### 2.3. RichFaces

RichFaces<sup>[3]</sup> je *open-source framework* čija je osnovna namena proširivanje postojećeg skupa korisničkih komponenti i ugradnja Ajax podrške u JSF framework bez potrebe za pisanjem JavaScript-a

RichFaces *framework* je za razliku od drugih sličnih *framework*-a u potpunosti integrisan u JSF životni ciklus. RichFaces komponentama je omogućeno definisanje događaja koji će izazvati Ajax zahtev i osvežiti druge komponente te stranice koje treba da budu sinhronizovane sa JSF stablom komponenti nakon promena nastalih usled Ajax zahteva. Ovo se postiže navođenjem svih komponenti kojima je osvežavanje potrebno u posebnom atributu tag-a koji na JSF stranici reprezentuje RichFaces komponentu koja je poslala zahtev. Taj atribut je *reRenderer*.

RichFaces koristi pristup baziran na formama za slanje Ajax zahteva. Ovo znači da sve komponente RichFaces biblioteke koje mogu da pošalju Ajax zahtev, u zahtevu šalju i ostale podatke sa najbliže JSF forme, u koju je ugnježena komponenta koja je izazvala zahtev. Ukoliko postoji potreba da se izbegne ovakvo ponašanje, potrebno je vrednost *ajaxSingle* atributa komponente koja šalje zahtev postaviti na "true". Na ovaj način, u okviru zahteva biće prosledjena samo vrednost komponente koja zahtev i prosledila, i izbeći će se prosledjivanje sadržaja celokupne forme

Upotrebom atributa *immediate* se naglašava da osluškivač koji je vezan za komponentu treba izvršiti odmah, za vreme JSF faze primene vrednosti iz zahteva, umesto da se čeka JSF faza izvršavanja aplikacione logike. Korišćenje atributa *immediate* podešenog na "true" je jedan od načina da vrednosti modela podataka budu ažurirani kada drugi ne mogu zbog problema sa prolaskom kroz JSF fazu validacije.

Korišćenjem atributa *bypassUpdates* omogućava se pri obradi zahteva potpuno zaobilazanje JSF faze ažuriranja objektnog modela. To može biti korisno u slučajevima kada je potrebno proveriti unetu vrednost pomoću validatora bez osvežavanja modela podataka tom vrednošću.

Kao što je već navedeno RichFaces omogućava pisanje JSF aplikacija sa Ajax funkcionalnostima bez potrebe za pisanjem JavaScript-a. Ipak, moguće je pozvati JavaScript ako je potrebno. Postoji nekoliko Ajax atributa koji pomažu u tome. Neki od tih atributa su: *onsubmit*, *onclick*, *oncomplete*, *onbeforedomupdate*, *data*. U RichFaces-u postoji i određeni broj funkcija koje olakšavaju pristup i rukovanje komponentama iz JavaScript-a.

#### 2.3.1. Skinnability

*Skinnability* svojstvo RichFaces *framework*-a ima za cilj da unapredi dizajniranje korisničkog interfejsa, umanjujući potrebu za definisanjem velikog broja elemenata unutar CSS dokumenta. Jedan skin definiše paletu boja i niz drugih parametara koji se primenjuju na celokupan korisnički interfejs odjednom, čime se

izbegava ponavljanje parametara koji imaju istu vrednost u CSS dokumentu. Jednom promenom skina, sinhronizovano se menja izgled svih komponenti interfejsa bez potrebe za pojedinačnim izmenama u CSS-u.

*Skinnability* ne može da zameni u potpunosti standardni CSS i pogotovo ne može eliminisati njegovu upotrebu. Ovo svojstvo je proširenje na višem nivou koje može da se koristi paralelno sa standardnim CSS-om.

RichFaces *framework* nudi set predefinisanih skinova, i izbor skina se definiše unutar *deployment descriptor*-a pojedinačnih aplikacija. Pored toga, *framework* nudi i mehanizam kreiranja sopstvenih skinova.

#### 2.3.2. Biblioteke komponenti

RichFaces *framework* sadrži dve biblioteke komponenti, a to su *Core Ajax* biblioteka i *UI* biblioteka.

*Core Ajax* biblioteka sadrži skup komponenti koje daju Ajax funkcionalnosti stranicama bez potrebe za pisanjem JavaScript koda. Korišćenjem komponenti ove biblioteke moguće je čak dodati Ajax funkcionalnost komponentama na postojećim stranicama, bez potrebe da one budu zamenjene.

*UI* biblioteka sadrži niz komponenti korisničkog interfejsa kao što su meniji, kontrole za unos i prikaz podataka kao što su stablo, tabele sa kombinovanim sadržajem, klizačima, filterima podataka, razne vrste panela, kalendar, separatora, *tab*-ova, *toolbar*-ova, podršku za *drag&drop* itd. Sve ove komponente podržavaju skinove i moguće je podešavanje njihovog izgleda i osobina.

### 3. IMPLEMENTACIJA

Aplikacija Digitalni organizator predstavlja *web* aplikaciju baziranu na JSF tehnologiji, i njena implementacija je izvršena na programskom jeziku Java u okviru *Eclipse* okruženja. Kao servletski kontejner korišćen je *Apache Tomcat*, a za perzistenciju podataka upotrebljen je *MySQL* server.

#### 3.1. Implementacija korisničkog interfejsa

Korisnički interfejs aplikacije je realizovan pomoću JSP stranica, u okviru kojih su kao komponente korisničkog interfejsa korišćene komponente RichFaces biblioteke, kao i JSF komponente korisničkog interfejsa. Realizovane su tri stranice: stranica za prijavu, stranica za dodavanje novog događaja i osnovna stranica aplikacije.

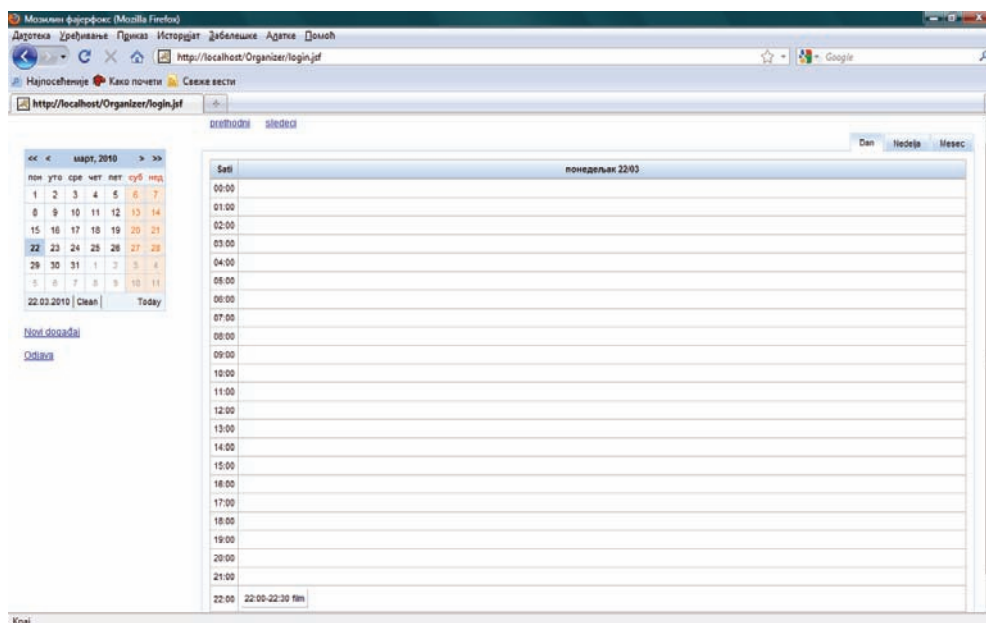
Osnovnu stranicu korisničkog interfejsa predstavlja stranica *organizer.jsp*. Na ovu stranicu se korisnik upućuje nakon uspešne prijave na sistem. Na ovoj stranici korisniku je ponuđen meni na kom može da izabere datum za koji želi da izvrši uvid u događaje, dodavanje novog događaja, kao i da se odjavi sa sistema. Za odabir datuma koristi se komponenta *calendar* iz RichFaces biblioteke, dok se za upućivanje na stranicu za dodavanje novog događaja i za odjavu sa sistema koriste komponente *commandLink*, iz iste biblioteke.

Komponente menija su ugnježene u komponenti *panel* RichFaces biblioteke, i na taj način su odvojeni kao celina interfejsa osnovne stranice. Komponenta *calendar* je atributom *popup* postavljenim na *false* podešena da se

prikaže samo kalendar bez polja za unos i *pop-up* dugmeta.

Osim menija na osnovnoj stranici korisniku je omogućen i pregled događaja. Korisnik može da bira između tri

načina pregleda događaja: dnevni, nedeljni i mesečni. Prikaz je realizovan komponentama *dataTable* koja se nalaze u okviru *tab*-ova komponente *tabPanel* (slika 1).



Slika 1. Osnovni ekran aplikacije

Komponenta *dataTable* sadrži događaje za izabrani dan koji treba da se izlistaju u tabeli. Prikaz zaglavlja tabele je realizovan pomoću *columnGroup* komponente i u njemu se pored naziva kolona nalazi i komponenta *subTable* koja sadrži celodnevne događaje za izabrani dan, a koji treba da se izlistaju u tabeli. U okviru *dataTable* se nalaze dve kolone, u prvoj se vrši ispis sati, a druga sadrži događaje za taj sat. Sa obzirom da za određeni sat može biti više događaja, ispis događaja unutar druge kolone je realizovan ugnježdavanjem još jedne *dataTable* komponente u zadatoj ćeliji. Za JavaScript događaj *onclick* na ćeliju ugnježdene tabele, poziva se JavaScript funkcija koja prikazuje modalni panel u okviru koga se prikazuju detalji izabranog događaja.

### 3.2. Managed bean-ovi

*Managed bean*-ovi predstavljaju kontrolerski sloj aplikacije, koji posreduje između prezentacionog sloja i sloja podataka. Metode ovih klasa vrše obradu događaja koji su se desili na prezentacionom sloju, po potrebi manipulišu slojem podataka, i rezultate procesiranja prikazuju na prezentacionom sloju – na JSP stranicama.

## 4. ZAKLJUČAK

Aplikacija Digitalni organizator nudi osnovne funkcionalnosti aplikacije za organizaciju ličnih događaja, omogućujući korisnicima unošenje događaja, izmenu detalja postojećih događaja kao i brisanje događaja. Takođe je omogućen i pregled postojećih događaja u tri prikaza, dnevnom, nedeljnom i mesečnom.

Upotrebom JSF tehnologije i RichFaces biblioteke komponenti u mnogome je olakšan razvoj ove aplikacije. Korišćenje Ajax razvojne tehnike povećava brzinu i interaktivnost same aplikacije dok upotreba gotovih

komponenti iz RichFaces biblioteke ubrzava i olakšava razvoj korisničkog interfejsa aplikacije.

## 5. LITERATURA

- [1] The JavaServer Faces Technology,  
<http://java.sun.com/javaee/javaserverfaces/>
- [2] Ajax Tutorial,  
<http://www.w3schools.com/Ajax/Default.Asp>
- [3] Jboss RichFaces,  
<http://www.jboss.org/jbossrichfaces/>

### Kratka biografija:

**Dejan Duraković** je rođen 27. novembra 1982. godine u Somboru. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2010.godine.

**Milan Vidaković** je rođen u Novom Sadu 1971. godine. Doktorirao je 2003. godine na Fakultetu tehničkih nauka, a 2009. godine izabran je za vanrednog profesora iz oblasti *Primenjene računarske nauke i informatika* na Fakultetu tehničkih nauka.

## УШТЕДА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ПРИ КЛИМАТИЗАЦИЈИ У САВРЕМЕНИМ ПОСЛОВНО-СТАМБЕНИМ ОБЈЕКТИМА

### ENERGY SAVINGS IN AIR CONDITIONING IN MODERN BUSINESS AND RESIDENTIAL BUILDINGS

Милош Обрадовић, Велимир Чонградац, Веран Васић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

#### Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

**Кратак садржај** – У овом раду је приказана уштеда електричне енергије при климатизацији применом концепта даљинског очитавања бројила и управљања потрошњом електричне енергије. Добити које доноси примена концепта потрошачима и дистрибутеру су објашњене и доказане преко резултата симулације. Централни системи за надзор и управљање пословно-стамбеним објектима су представљени ради разумевања модела пословног објекта на коме је вршена симулација у програмском пакету EnergyPlus. Такође су представљени четворотарифни систем, као апроксимација многотарифног система цена електричне енергије и двосмерна комуникација на линији потрошач-дистрибутер.

**Abstract** – In this paper, it's presented energy savings in air conditioning by using smart metering concept. Benefits from concept usage, for consumers and distribution company are explained and demonstrated through simulation results. Building management system is presented to understand the model of business building on which simulations were carried out in EnergyPlus application. Four tariff system, as an approximation of many tariff system of electricity prices and two-way communication on the line consumer-distributor are also presented.

**Кључне речи:** Даљинско очитавање бројила, Управљање потрошњом електричне енергије, Системи за надзор и управљање савременим објектима, симулација потрошње електричне енергије

#### 1. УВОД

Цивилизација се данас суочава са два доминантна проблема, прекомерна потрошња енергената и загађивање животне средине. У задњих пар деценија се са порастом потрошње енергије паралелно развијају и техничка решења која повећавају ниво енергетске ефикасности. Према актуелном тренду очекује се ускоро да потрошња електричне енергије надмаши њену производњу, зато се штедња намеће као једно од главних решења по том питању. Штедња подразумева примену алтернативних решења која воде као очувању ограничених енергетских ресурса, а да у исто време не угрозе ниво комфора или пад животног стандарда.

#### НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из дипломског-мастер рада чији је ментор био др Веран Васић, ванр. проф.

Досадашња истраживања у САД показују да на пословно-стамбене објекте одлази 48%, на транспорт 27% а на индустрију 25% укупне потрошње енергије[1]. У исто време код пословно-стамбених објеката је и највећа емисија угљен-диоксида. Такође у развијеним западним земљама у задњих пар деценија долази до повећања броја домаћинстава у односу на број становника, а самим тим до веће потрошње енергије по глави становника. У Великој Британији је 1961. године домаћинство просечно имало 3 а 2005. године 2.3 члана [2]. На расхлађивање у летњем периоду одлази од 25-30 % електричне енергије намењене тим објектима.

Овај рад управо има за циљ да понуди једно техничко решење за нарастајуће еколошке и енергетске проблеме, смањивањем потрошње енергије и емисије угљен диоксида кроз уштеду при климатизацији у летњем периоду, у савременим пословно-стамбеним објектима, применом концепције даљинског очитавања бројила и управљања потрошњом електричне енергије.

#### 2. КОНЦЕПЦИЈА ДАЉИНСКОГ ОЧИТАВАЊА БРОЈИЛА И УПРАВЉАЊА ПОТРОШЊОМ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Коришћењем напредних технологија као што су дигитално очитавање бројила коришћењем информацио-них технологија (*Information technology- IT*) је постало неопходно да би се постигла већа ефикасност, смањили губици, смањили покушаји крађе енергије и повећала наплата добити. Дистрибутивне компаније би требале да се фокусирају на што веће коришћење ИТ технологија како би формирале целокупан “паметан” систем, који би био способан да понуди дугорочне добити.

Систем за даљинско очитавање и управљање потрошњом електричне енергије је скуп мерне, комуникационе и рачунарске опреме и софтвера који омогућава мерење параметара испоручене електричне енергије на мерним местима. Такође омогућава пренос, складиштење и обраду информација о истим на удаљеној локацији. Изузетно важна карактеристика је и могућност контроле потрошње кроз њену прераспodelу и искључивање појединих потрошача у одређеним временским интервалима током дана.

Концепт система даљинског очитавања бројила (*Automatic Meter Reading* у даљем тексту АМР), односно напредне инфраструктуре мерног система (*Advanced Metering Infrastructure* у даљем тексту

АМИ), као део целог концепта, кључне су у постизању бенефита од примене аутоматизације процеса и нових решења у електроенергетици. Зато је ово тема која у задње време привлачи много пажње у развијеним земљама јер обећава вишеструку добит свим странама.

## 2.1. Систем за даљинско читавање бројила АМР

Концепт даљинског читавања бројила АМР (*Automatic Meter Reading*) (слика 1.) покренут је са циљем да се добије најоптималније решење за обе стране, и дистрибутивно предузеће и потрошаче.



Слика 1.- Основна идеја даљинског читавања бројила [3].

Дистрибутер се у почетку суочава са заменом свих бројила. Када су нова бројила инсталирана, долази до потребе за другачијим типом операција за комуникацију и сакупљање података. Због веће фреквенције протока података систем мора бити адаптиран и припремљен. Процес сакупљање података не зависи од тога да ли је корисник тренутно на локацији бројила, процес је континуалан и аутоматизован, што олакшава дистрибутеру дневне анализе. Сакупљајући све податке оператер је у могућности да предвиди тачније ток енергије и да са тим знањем планира одржавање и даљи развој мреже. Према истраживању у САД дистрибутивне компаније које имају инсталиране АМР за 5% брже интервенишу при кваровима [4].

Бенефиције коришћења система за даљинско читавање потрошње електричне енергије за дистрибутивне компаније су [5]:

- скраћује се време читавања бројила
- читања потрошња су тачна и елиминисане су људске грешке при читању, записивању и уношењу у рачунар
- елиминисан је проблем приступа бројилу на терену
- смањени су трошкови за читаче бројила и за њихов транспорт
- смањени су трошкови за осигурање радника на терену
- проток новца ће се побољшати услед бржег читавања бројила, брже припреме рачуна и дистрибуције истих

Бенефиције од коришћења система за даљинско читавање потрошње електричне енергије за потрошаче су [5]:

- потрошачи могу бринути о свом трошку за електричну енергију тако што ће надгледати своју потрошњу на бројилу
- период читавања бројила може бити увек исти (нпр. 30 дана) независно од тога колико има дана у текућем месецу
- транспарентност читавања бројила и рачуна је осигурана
- могућност добијања и плаћања рачуна путем електронске поште (*e-mail*)
- квалитет и брзина нових сервиса ће смањити жалбе и резултирати већим задовољством корисника.

## 2.2. Напредна инфраструктура мерног система АМИ

Наследник АМР технологије је АМИ (*Advanced Metering Infrastructure*), односно напредна инфраструктура мерног система. У неким литературима се овај АМИ систем или концепција даљинског читавања бројила и управљања потрошњом електричне енергије назива и *smart metering*.

За разлику од АМР технологије која омогућује дистрибутивним компанијама да даљински и аутоматски прикупљају податке о мерењима, што представља једносмерну комуникацију, АМИ нуди потпуну двосмерну комуникацију, тј. поред података о потрошњи (смер од потрошача ка бази података или контролном центру), сигнали могу бити послати и од стране дистрибутера ка потрошачу.

Сви ти подаци се враћају код потрошача и он има увид у своју тренутну потрошњу и цену преко кућног дисплеја на напреднијем типу интелигентног бројила. Преко повратне информације дистрибутер даје контролу у руке корисницима, који формирајући свој засебни шаблон потрошње, штеде енергију, смањују свој рачун за исту и постају енергетски ефикаснији.

Мерење тачних и тренутних података о потрошњи, омогућава дистрибутеру да на основу тих информација формира променљив систем тарифа који зависи од доба дана и периода у години. Ово је једна од најбитнијих предности споменутог концепта. Двотарифни систем, какав данас познајемо је само привремено решење за стимулисање потрошње у одређеним периодима дана. Многотарифни систем цена електричне енергије или "пливајући" систем цена ће бити, кад заживи, најбољи стимулатор потрошачима да своју потрошњу енергије смањују за време преоптерећености система и да је што више користе за време растерећености електроенергетског система. Преко ноћи, екстремно ниским ценама стимулише се потрошач да користи електричну енергију, а када је пик потрошње и електроенергетски систем преоптерећен, екстремно високим ценама се стимулишу потрошачи на штедњу, рецимо да не користе велике потрошаче енергије у домаћинству. На овај начин дистрибутер "пегла" дневну криву потрошње електричне енергије, односно дневну криву потрошње покушава да направи што уједначенијом, и у томе успева. Напредна инфраструктура мерног система доноси добит свима, како потрошачима, тако и дистрибутеру и држави (у неким земљама је

дистрибуција у власништву државе а у неким није). Свака од ових страна има користи од примене овог концепта, поред већ наведених користи од примене AMP [6]:

- корисници имају повећану свест о енергији и смањену потрошњу и рачун за исту
- дистрибутер смањује трошкове очитавања бројила (у неким земљама посебне компаније), стимулише штедњу за време пикова потрошње и растерећује систем
- Владе држава постижу штедњу ресурса и смањује се загађење животне средине и емисија CO<sub>2</sub>.

### 3. РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ

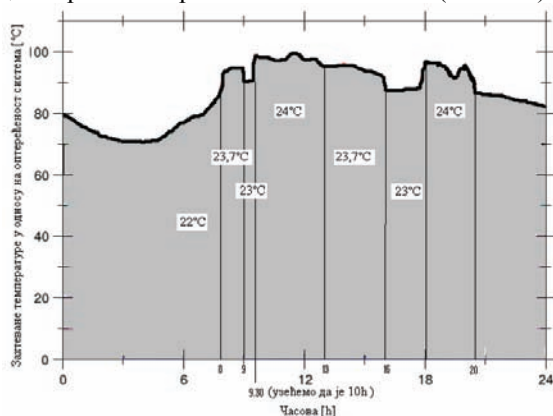
Симулација потрошње електричне енергије вршена је у програмском пакету *EnergyPlus*. Објекат коришћен за симулацију је моделован од стране аутора програма *EnergyPlus* и добија се уз инсталацију истог. Ради се о пословном објекту површине 464 m<sup>2</sup> (слика 2.), у коме ради педесетак запослених у периоду од 6h до 20h.



Слика 2. – Објект на ком је вршена симулација

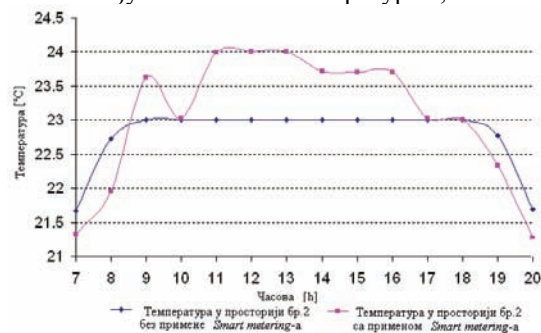
#### 3.1. Упоредивање симулација са и без примене *Smart Metering-a*

Идеја је да се прикаже потрошња електричне енергије за климатизацију пословног објекта у једном летњем дану. Параметри централног рачунара који управља климатизацијом су подешени на 23°C током радног времена за случај без примене концепције, док су симулацији са применом, захтеване температуре задате према оптерећености ЕЕ система (слика 3.).



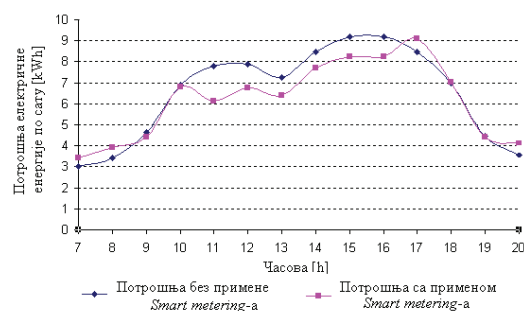
Слика 3.- Захтеване температуре у односу на оптерећеност система

На слици 4. приказана је разлика у реалним температурама у просторији бр.2. Средња реална температура у првој симулацији је 22,77°C, а у другој симулацији је 23,04°C. Из овога закључујемо да је процентуална разлика између захтеваних температура 1,2%.



Слика 4. – Поређење реалних температура у просторији број 2

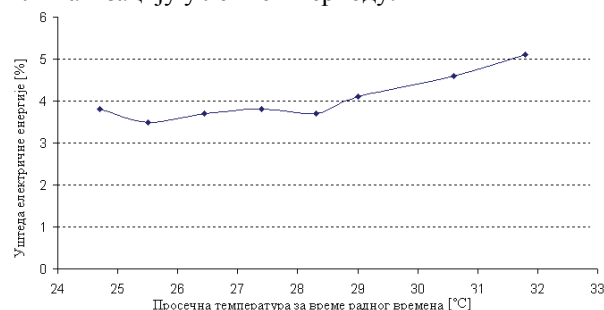
Слика 5. приказује смањење потрошње електричне енергије за време пикова, применом концепције. Без примене концепције укупно је потрошено 91,3 kWh, док је са применом потрошено 86,7 kWh, па је уштеда у електричној енергији 5,1%.



Слика 5.- Поређење потрошње електричне енергије по часовима

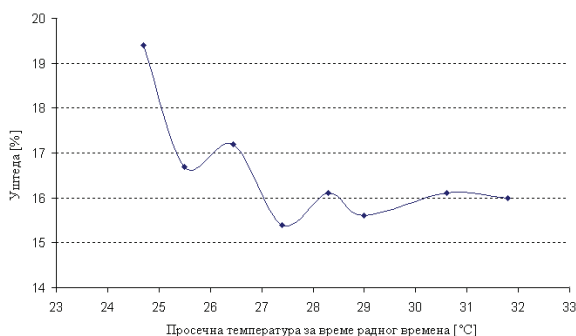
#### 3.2. Добити за дистрибутера

После симулација потрошње при климатизацији са и без примене *Smart Metering-a* у данима чије се средње температуре разликују дошло се до следећих резултата. Слика 6. приказује процентуалну уштеду електричне енергије која је протекла за климатизацију у летњем периоду.



Слика 6. – Процентуална уштеда електричне енергије

Слика 7. приказује процентуалну уштеду електричне енергије када је систем преоптерећен у периодима од 10h до 13h.

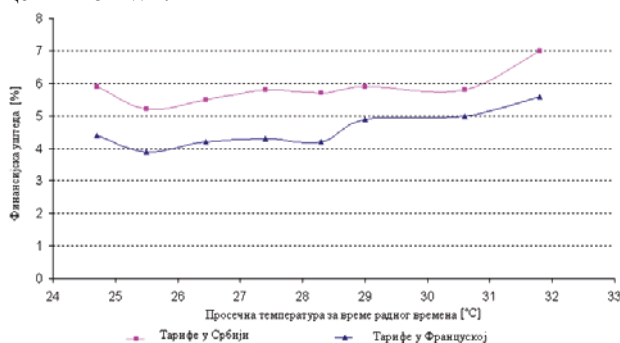


Слика 7.- Уштеда електричне енергије за време пикова потрошње

### 3.3. Добити за потрошаче

Најбитнија добит за кориснике је могућност смањивања рачуна за потрошену електричну енергију, тако што ће на основу инфомације коју добијају од дистрибутера о цени, мењати своје навике потрошње.

На слици 8. приказана је финансијска уштеда за потрошену електричну енергију применом *Smart metering*-а. Замишљен је четворотарифни система цена. У Србији је цена ниже тарифе 3 дин. а више 12 дин за kWh. Претпостављени четворотарифни систем је 3 дин, 7.5 дин, 10.5 дин и 12 дин за kWh. Исто је урађено и за цене у Француској ради квалитетније анализе, а француски пример је узет из разлога што однос ниже и више тарифе није као у Србији. Нижа тарифа је 5,56€ центи док је виша 7,03€ центи по kWh, па су цену у претпостављеном четворотарифном систему 5,56€ центи, 6,3€ центи, 6,8€ центи и 7,03€ центи по kWh.



Слика 8.- Финансијска уштеда за српске и француске цене електричне енергије

### 4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду приказана је примена концепције даљинског очитавања бројила и управљања потрошњом електричне енергије у савременим пословним објектима. Циљ је био да пружи допринос решавању проблема прекомерне потрошње електричне енергије и загађивања животне средине, кроз уштеду и оптимизацију.

За повећање реалне температуре у објекту од око 1,2%, смањује се потрошња електричне енергије за климатизацију у летњем периоду око 4%, а рачун за исту између 5% и 6%. У исто време се потрошња енергије у пиковима се смањује између 15% и 20%. Из горе наведеног схватамо оправданост употребе концепције даљинског очитавања бројила и управљања потрошњом електричне енергије. Обе стране, потрошачи и дистрибуција, имају користи од примене овог концепта. Као и целокупна заједница јер се смањује загађивање животне средине.

### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Др. Велимир Чонградац: Примена метода вештачке интелигенције у реализацији надзорно управљачких система стамбених и пословних објеката, *Докторска дисертација*
- [2] Dennis L. Loveday, T. Bhamra, T. Tang, V.J.A. Haines, M.J. Holmes, R.J. Green: The energy and monetary implications of the '24/7' 'always on' society, *Energy Policy*, vol. 36, 2008.
- [3] график скинут са интернет странице <http://www.ecbco.com/images/amr-solutionre.jpg>
- [4] Doug Houseman: Smart Metering, *refocus*, September/October 2005
- [5] Er. Suraj Shivapori, Er. Avinash Kumar Tiwari, Er. K.S. Rajput: Smart Metering System for Electrical Power Distribution
- [6] Rob van Gervwen, Saskia Jaarsma, Rob Wilhite : Smart Metering, *Distributed Generation*, June 2006

### Кратка биографија:



**Милош Обрадовић** рођен је у Новом Саду 1984. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства - Енергетска електроника и електричне машине је одбранио 2010. године.

**Велимир Чонградац** рођен је у Сенти 1973. год. Докторирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду 2009. год. Запослен је на Факултету техничких наука као доцент.

**Веран Васић** рођен је у Шапцу 1970. год. Докторирао је на Електротехничком факултету у Београду 2001.год. Запослен је на Факултету техничких наука као ванредни професор.

## SIMULACIJA RSVP-TE PROTOKOLA U OPTIČKIM MREŽAMA

### RSVP-TE PROTOCOL SIMULATION IN OPTICAL NETWORKS

Nikola Branković, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu je analiziran RSVP-TE protokol i mehanizmi kojima se uspostavljaju LSP putanje u GMPLS mrežama, kao i simulacija uspostavljanja i raskidanja LSP putanja u optičkim mrežama.

**Abstract** – This paper gives an analysis of RSVP-TE protocol and the mechanisms it uses to establish LSP paths in GMPLS networks, as well as simulation of establishing LSPs in optical networks.

**Ključne reči:** GMPLS, LSP, RSVP-TE

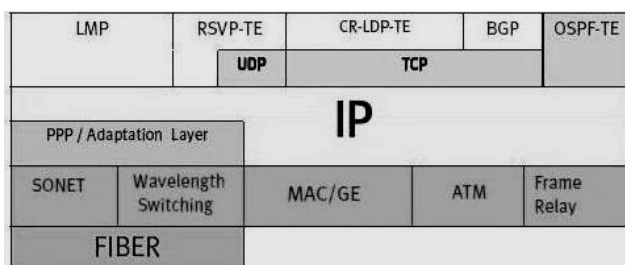
#### 1. UVOD

U modernim telekomunikacijama teži se konvergenciji prenosa različitih vrsta informacija. Jedno od mogućih rešenja jeste GMPLS (engl. Generalized – Multiprotocol Label Switching). GMPLS nudi rešenje obezbeđenja opšte kontrolne ravni koja bi omogućila prenos i komutaciju preko različitih tipova mreža: paketskih, mreža baziranih na prenosu informacija vremenskim kanalima (engl. TDM-Time Division Multiplexing) i optičkih mreža. GMPLS proširuje MPLS skup protokola kako bi obezbedio mogućnosti signalizacije i usmeravanja uređajima koji komutiraju u bilo kom od gore navedenih domena prenosa. Ovo je omogućeno kompletnim razdvajanjem kontrolne ravni i ravni podataka različitih mreža, baziranjem na IP rutiranju i modelima adresiranja. RSVP-TE protokol, kao ekstenzija RSVP protokola namenjena za potrebe upravljanja saobraćajem (engl. Traffic Engineering) deo je kontrolne ravni i obezbeđuje signalizaciju potrebnu za uspostavljanje LSP (engl. Label Switched Paths) putanja.

#### 2. RSVP-TE

##### 2.1. Uvod u RSVP-TE

RSVP-TE je sastavni deo GMPLS steka protokola, kada se u steku koristi OSPF-TE protokol za rutiranje. Pozicija RSVP-TE protokola prikazana je na slici 1.



Slika 1. Stek GMPLS protokola (sa OSPF – TE za rutiranje)

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željens Trpovski, vanr. prof.

Signalizacioni protokol RSVP-TE, kojim se vrši uspostava LSP-a sa mogućnošću upravljanja saobraćajem dobio je bitna poboljšanja koja se ogledaju u sledećem:

- promena labele za prihvatanje mreža koje nisu paketski orijentisane (generalizovana labele);
- uspostavljanje bidirekcionih LSP-a;
- signalizacija za uspostavu “back-up” putanje (zaštita informacija);
- otpremanje dodeljene labele preko predložene labele;
- podrška komutaciji talasnog opsega – komutacija seta bliskih talasnih dužina zajedno.

Nakon uspostave putanje, paketi se usmeravaju na osnovu labele koje su im dodeljene i prate tačno određenu putanju koja se može smatrati i tunelom (LSP Tunnel), s obzirom da paketi ne mogu biti usmereni van putanje koja je u napred zadata i hijerarhijski iznad mehanizma IP usmeravanja (tipični mehanizmi IP usmeravanja ne važe prilikom upotrebe labele). U nekim aplikacijama je korisno grupisati više LSP tunela, radi lakšeg preusmeravanja i tada ih nazivamo TE tunelima (Traffic Engineered Tunnels). LSP takođe može služiti kao putanja za LSP-ove niže u hijerarhiji. Labele su jedinstvene za sesiju prenosa. Bitna odlika RSVP-TE protokola jeste rezervacija resursa duž putanje (npr. rezervacija propusnog opsega na linku za određeni LSP tunel). LSP može biti uspostavljen i bez rezervacije resursa, ali taj slučaj ovde neće biti razmatran.

##### 2.2. Stilovi rezervacije

Postoje tri stila rezervacije:

###### 1. Fiksni filter (Fixed Filter ~ FF):

Fiksni filter uspostavlja jedinstvenu rezervaciju za svaki pojedinačni predajni čvor, koja se ne deli sa drugim predajnim čvorovima. Ovaj stil je uobičajen za aplikacije kod kojih je saobraćaj svakog izvora najčešće nezavisan i konkurentan drugim izvorima. Ukupno rezervisani opseg FF sesije je suma svih rezervisanih opsega pojedinačnih izvora. S obzirom da svaki izvor ima sopstvenu rezervaciju, jedinstvena labele je dodeljena svakom izvoru. Kao rezultat možemo dobiti tačka-tačka (engl. point-to-point) LSP za svaki par izvor - odredište.

###### 2. "Džoker" filter (Wildcard Filter ~ WF):

WF stil rezervacije podrazumeva jednu, deljenu rezervaciju koja se koristi za sve izvore u sesiji. Ukupna rezervacija ostaje ista, bez obzira na broj izvora. Uspostavlja se jedna “tačka-više tačaka” (engl. multipoint-to-point) LSP putanja za sve izvore. Na vezama zajedničkim za sve izvore, dodeljuje se jedna labele za sesiju. Ukoliko postoji samo jedan izvor, LSP liči na klasičnu point-to-point LSP putanju. Ovaj stil je pogodan za aplikacije kod kojih podatke ne emituju svi predajni čvorovi u isto vreme. Prost primer je konferencijski telefonski razgovor. Ukoliko bi

pak svi izvori emitovali u isto vreme, došlo bi ili do prevelike, ili do nedovoljne rezervacije opsega na vezama blizu mesta prijema. Iz tih razloga WF stil ima ograničenu upotrebu pri upravljanju saobraćajem. Kao jedna od posledica mehanizma WF stila, nemoguća je upotreba EXPLICIT\_ROUTE objekata sa ovim stilom.

### 3. Deljeni eksplicitni stil (Shared Explicit ~ SE):

SE stil omogućuje prijemniku da eksplicitno navede predajnike (predajne čvorove) koji će biti uključeni u rezervaciju. Pravi se jedinstvena rezervacija na vezi, za sve izvore, a zbog eksplicitnog navođenja svakog izvora u Resv poruci, različite labele im se mogu dodeliti i time kreirati zasebne LSP putanje. Takođe, može se uspostaviti multipoint-to-point LSP, ukoliko Path poruke ne sadrže EXPLICIT\_ROUTE objekte, ili kada različite Path poruke imaju identične EXPLICIT\_ROUTE objekte. U tom slučaju može se dodeliti zajednička labela. Kada Path poruke sadrže različite ERO-e, različite labele im se moraju dodeliti, bez obzira da li će rezultujuće LSP putanje imati zajedničke tačke, ili ne.

### 2.3. Mehanizam rezervacije

U RSVP-TE protokolu definisano je pet novih objekata, čija je namena efikasna uspostava putanja i rezervacija resursa duž te putanje. Njihov pregled je dat u tabeli 1.

Tabela 1 *Novi objekti u RSVP-TE protokolu i poruke u kojima se nalaze*

| Ime objekta       | RSVP poruka |
|-------------------|-------------|
| LABEL_REQUEST     | Path        |
| LABEL             | Resv        |
| EXPLICIT_ROUTE    | Path        |
| RECORD_ROUTE      | Path, Resv  |
| SESSION_ATTRIBUTE | Path        |

Da bi uspostavio LSP tunel, izvor generiše Path poruku sa LABEL\_REQUEST objektom. Ovaj objekat indicira zahtev za pridruživanje labele ovoj putanji i daje indikaciju koji će se protokol mrežnog nivoa prenositi na putanji. Ovo omogućuje protokolima koji ne pripadaju IP mrežnom nivou da se prenose LSP-om. LABEL\_REQUEST bi trebalo čuvati u bloku stanja putanje (Path State Block), kako bi poruka za osvežavanje putanje (engl. Path refresh message) takođe sadržala LABEL\_REQUEST objekat.

LABEL objekat se nalazi u Resv poruci, a za FF i SE stilove rezervacije za svaki izvor je dodeljen jedan objekat. Odredišni čvor bira labelu koja će predstavljati putanju, formira novi LABEL objekat i šalje ga prethodnom čvoru (istom onom od koga je Path poruka sa zahtevom za labelu stigla) u Resv poruci. Čvor mora biti spreman da prosleđuje poruke sa datom labelom i pre slanja Resv poruke. Čvor koji prima paket koristi labelu iz LABEL objekta kao odlaznu labelu pridruženu izvoru. Čvor alocira novu labelu koju pridružuje dolaznom interfejsu date sesije. To je isti interfejs koji koristi prilikom prosleđivanja Resv poruke prethodnom čvoru.

EXPLICIT\_ROUTE, odnosno objekat eksplicitne putanje (skrraćeno ERO) se koristi upravo za specifikaciju konkretne putanje od izvora do odredišta koju zahteva izvor podataka. Ukoliko Path poruka sadrži više od jednog EXPLICIT\_ROUTE objekta, samo je prvi značajan. Naredni objekti mogu biti ignorisani i ne treba

ih prosleđivati. Objekat se sastoji isključivo od podobjekata, koji posmatrani u nizu daju željenu putanju. Čvor koji primi Path poruku sa EXPLICIT\_ROUTE objektom, određuje sledeći skok na putanji tako što posmatra samo one podobjekte koji se nalaze iza prvog, koji na prijemu sadrži adresu samog čvora, dok na predaji sadrži adresu sledećeg skoka.

RECORD\_ROUTE objekat (RRO), služi za snimanje LSP putanje i koristi se za: 1) za detekciju petlji, kako tranzitnih, kao standardnih pojava prilikom operacije konvergencije ka stabilnom prosleđivanju na L3 nivou tako i stalnih petlji kao posledice loše konfiguracije mreže; 2) za skupljanje detaljnih informacija o putanji, skok-po-skok, u RSVP sesiji, čime pružaju izvoru, ili odredištu, veoma važne informacije; 3) kao ulazna vrednost za EXPLICIT\_ROUTE objekat, koji se dobija uz male izmene samog RRO.

SESSION\_ATTRIBUTE objekat sadrži osobine RSVP sesije kao što su: prioritet sesije pri zauzimanju resursa, prioritet sesije pri zadržavanju resursa, kao i razne filtere za određivanje atributa koje čvor mora da ispuni da bi se uspostavila željena putanja.

## 3. SIMULACIJA RSVP-TE PROTOKOLA

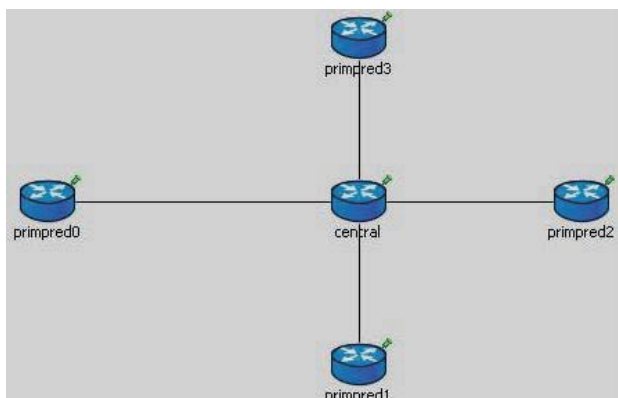
Za simulaciju RSVP-TE protokola u optičkoj mreži, korišćen je OMNeT++ programski paket. OMNeT++ je objektno orijentisan, modularni diskretni mrežni simulator. Ima generičku arhitekturu i može se koristiti za modelovanje i simulaciju bilo kojih sistema gde je moguća diskretna analiza i koje je moguće modelovati kao entitete koji komuniciraju razmenom poruka. OMNeT++ nije sam po sebi simulator ničeg konkretnog, već pruža infrastrukturu i alate potrebne za pisanje simulacija. Jedan od ključnih delova ove infrastrukture jeste arhitektura komponenti za simulacione modele. Modeli se sastoje od komponenti koji se nazivaju moduli, i koji se mogu višestruko koristiti. Simulirana je i analizirana komunikacija čvorova mreže pri uspostavljanju LSP putanja i rezervaciji resursa duž putanje. Mreža se sastoji od 5 čvorova, povezanih u zvezdu (slika 2.), koji predstavljaju OXC konektore za usmeravanje, komutiranje optičkog saobraćaja. U posmatranom primeru, putanje su potpuno optičke s kraja na kraj ("end-to-end") na jednoj talasnoj dužini između dva OXC-a. Scenario pretpostavlja da labele dodeljene uspostavljenim putanjama jednoznačno identifikuju talasnu dužinu na kojoj se odvija saobraćaj posmatrane putanje. Prosti je rečeno: jedna labela = jedna talasna dužina.

Poruke koje će OXC čvorovi razmenjivati su:

1. Path – poruka kojom se šalje zahtev za uspostavljanje putanje,
2. Resv – poruka kojom se potvrđuje uspostavljanje putanje, rezervacija resursa i dodeljuje labela,
3. PathErr – poruka kojom se izvor obaveštava o grešci pri uspostavljanju putanje i
4. PathTear – poruka kojom se raskidaju putanje i oslobađaju resursi

Uspostavljanje putanja će se odvijati tako što će krajnji čvorovi mreže nasumično birati odredišne čvorove i talasne dužine, a posredstvom centralnog čvora slati zahtev za uspostavu putanje, rezervaciju resursa i dodeljivanje labele. Usmeravanje će biti prepušteno

središnjem čvoru, koji će ujedno i biti kontrolni čvor koji će sakupljati zbirnu statistiku uspešnosti uspostavljanja putanja između krajnjih čvorova.



Slika 2. Simulaciona mreža

Odredišni čvorovi će odgovarati na zahtev Resv porukom koja će sadržati labelu i odgovarajući identifikacioni broj konekcije koja se uspostavlja. Putanje će se raskidati po redosledu kojim su uspostavljane za svaki od čvorova ponaosob. Raskidanje može biti pokrenuto bilo od izvornog, ili odredišnog čvora, bazirano na činjenici da se u GMPLS mrežama mogu uspostaviti bidirekzione putanje.

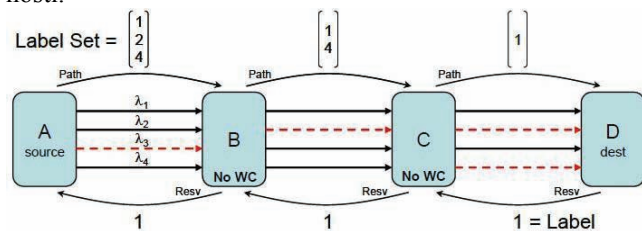
Biće analizirane tri situacije:

1. Centralni čvor ne poseduje mogućnost konvertovanja talasnih dužina
2. Centralni čvor poseduje mogućnost konvertovanja talasnih dužina
3. Centralni čvor ne poseduje mogućnost konvertovanja ali se razmenjuju Path poruke sa SuggLabel objektom.

Naime, ideja je da se prikaže povećanje uspešnosti uspostavljanja LSP putanja u optičkim mrežama bez mogućnosti konverzije talasnih dužina, kada bi se koristio objekat koji bi nosio predložene slobodne talasne.

Ukoliko bi se umesto klasičnog ERO objekta, kojim se zahteva određena talasna dužina između skokova, slao vektor koji sadrži slobodne, odnosno dostupne, talasne dužine izvora i ukoliko bi čvor na sledećem skoku upoređivao taj vektor sa svojim vektorom talasnih dužina i presek ta dva vektora slao sledećem čvoru u nizu, povećala bi se mogućnost uspešnog uspostavljanja LSP putanja.

Ovaj mehanizam je prikazan dijagramom na slici 3. U slučaju kada ne postoji konvertor talasnih dužina, ovo poboljšanje protokola može doneti značajne prednosti.

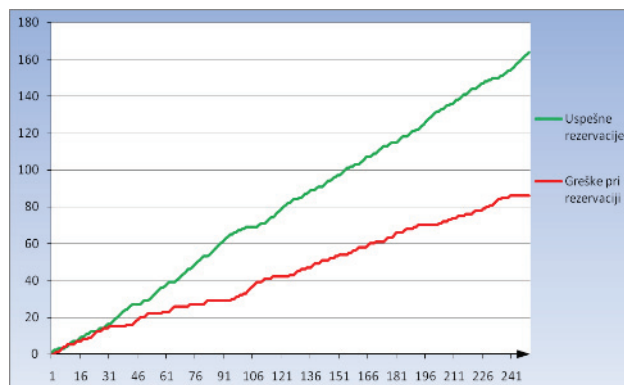


Slika 3. Mehanizam izbora talasnih dužina

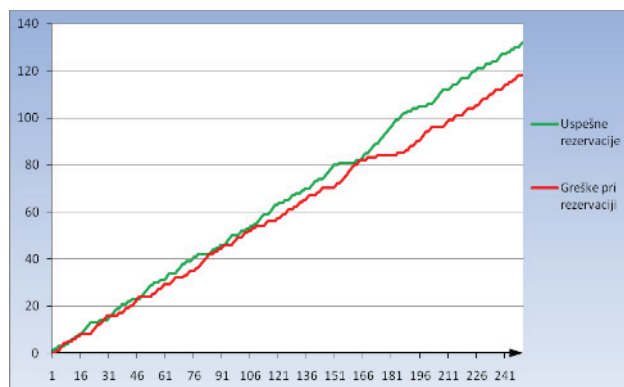
U sva tri slučaja analiziraće se ponašanje mreže pri pragu raskidanja od 60% zauzetosti talasnih dužina i pri 80% zauzetosti.

## 4. REZULTATI

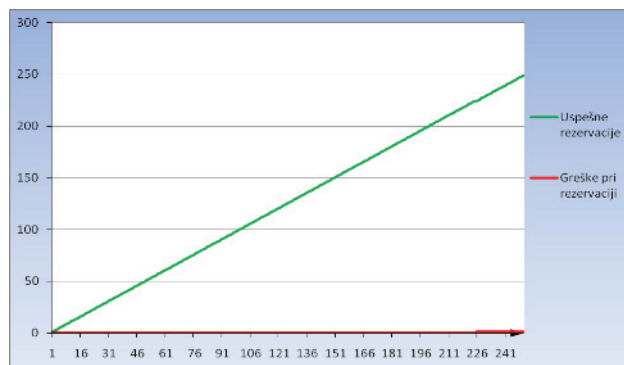
Na slikama 4. do 9. grafički je prikazana uspešnost uspostavljanja LSP putanja u mrežama bez konvertora talasnih dužina, sa konvertorom, i u mreži sa realizovanim objektom predloženih talasnih dužina, za pragove raskidanja od 60% i 80% zauzetosti, respektivno.



Slika 4. Grafik uspešnosti, mreža bez konvertora (1), pri pragu raskidanja od 60%

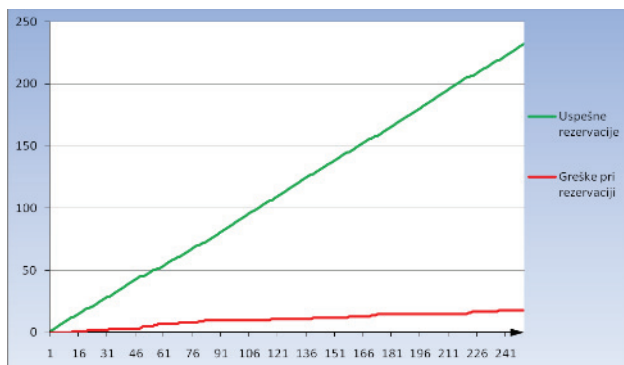


Slika 5. Grafik uspešnosti, mreža bez konvertora (1), pri pragu raskidanja od 80%

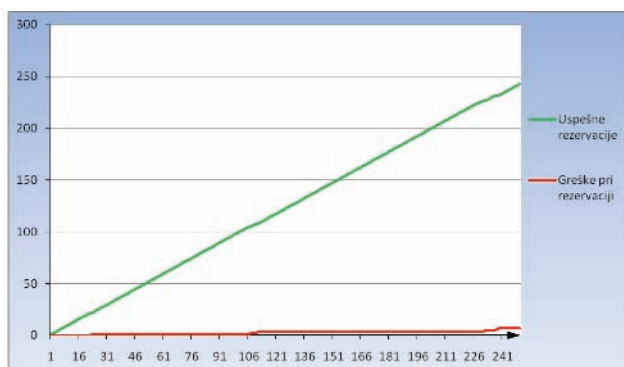


Slika 6. Grafik uspešnosti, mreža sa konvertorom (2), pri pragu raskidanja od 60%

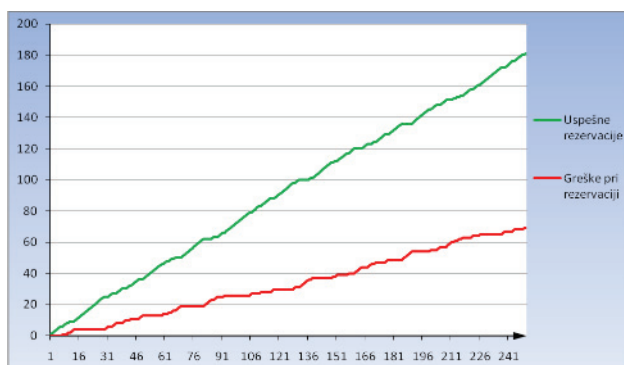
Statistika je data za 250 pokušaja uspostavljanja LSP putanja, predstavljenih horizontalnom osom. Mreža 1, čiji centralni čvor ne poseduje konvertor talasnih dužina, upostavlja LSP putanje sa 65,6% uspešnosti, pri pragu raskidanja od 60% zauzetosti talasnih dužina. Kada se prag podigne na 80%, uspešnost pada na veoma skromnih 52,8%.



Slika 7. Grafik uspešnosti, mreža sa konvertorom (2), pri pragu raskidanja od 80%



Slika 8. Grafik uspešnosti, mreža sa vektorom slobodnih talasnih dužina (3), pri pragu raskidanja od 60%



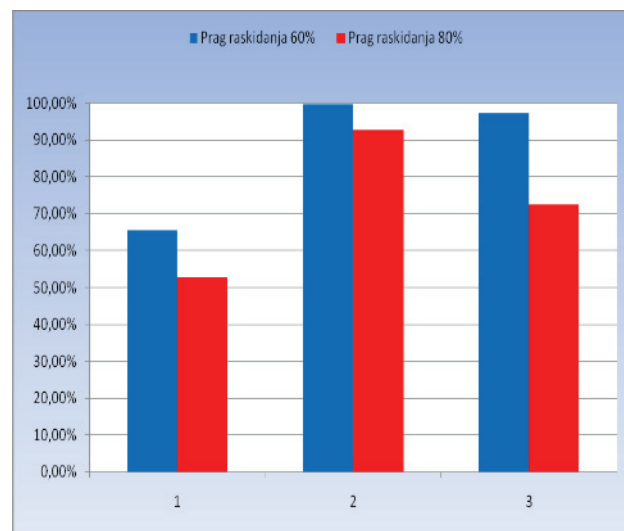
Slika 9. Grafik uspešnosti, mreža sa vektorom slobodnih talasnih dužina (3), pri pragu raskidanja od 80%

Mreža 2 koja ima centralni čvor sa konvertorom talasnih dužina ima uspešnost od 99,6% pri uspostavljanju putanja, kada je prag postavljen na 60%, a veoma dobrih 92,8% uspešnosti kada je prag na 80%. Mreža 3, bez konvertora, u kojoj je implementiran objekat predloženih talasnih dužina, pri pragu raskidanja od 60% zauzetosti talasnih dužina, ima uspešnost uspostavljanja putanja čak 97,2%. Kada se prag podigne na 80%, uspešnost pada na zadovoljavajućih 72,4%.

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata prikazanih u prethodnoj glavi, zaključuje se da je RSVP-TE protokol čija implementacija u GMPLS mrežama omogućuje pouzdanu i uspešnu uspostavu LSP putanja. U slučaju optičkih mreža, pokazuje se sposobnost upravljanja saobraćajem, kako u mrežama koje poseduju konvertore talasnih dužina, tako i u mrežama kojima ti resursi nisu dostupni. U slučaju poslednje

navedenih primećuje se mogućnost unapređenja procesa rezervacije resursa na putanji, promenom strukture Path poruke i baze podataka čvorova. Sa grafika, na slici 10. jasno se vidi da je mreža sa konvertorom talasnih dužina, mreža 2, daleko najuspešnija i da je ta razlika značajnija, pri većem opterećenju mreže. Takođe se vidi da u slučaju kada nije dostupna konverzija talasnih dužina, mreža 3, u kojoj je implementiran vektor predloženih talasnih dužina, ima znatno veću uspešnost u odnosu na mrežu 1, kod koje je modelovan tipičan mehanizam rezervacije LSP putanja.



Slika 10. Uspešnost rezervacije za simulacione mreže 1, 2 i 3, respektivno

## 6. LITERATURA

- [1] D. Ilić, B. Pavlović, Vojna akademija VSCG, Beograd; M. Jevtović, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka – Analiza karakteristika GMPLS protokola, oktobar 2005.
- [2] D. Awduche, L. Berger, D. Gan - RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels **RFC 3209**, decembar 2001.
- [3] Nicola Andriolli, Denmark Technical University - Signaling protocol extensions for converter-saving wavelength assignment in GMPLS optical networks, decembar 2005.
- [4] OpenSim Ltd. - OMNeT++ manual, 2005, 2008

## Kratka biografija:

**Nikola Branković** rođen je u Novom Sadu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2010.god.



**Željen Trpovski** rođen je u Rijeci, 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. ima zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

## OSETLJIVOST VREDNOSTI SNAGE INJEKTIRANE U FIDER USLED PROMENE VREDNOSTI NAPONA

## SENSITIVITY FEEDER INJECTED POWER ON VOLTAGE ALTERATION

Nebojša Dervišević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

## Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu analizirana je osetljivost aktivne snage injektirane u fider usled promene vrednosti napona. U tu svrhu razmatran je jednostavan primer jednog radijalnog distributivnog voda sa 100 potrošača. Potrošači su modelovani na tri načina, kao potrošači sa: konstantnom snagom, konstantnom strujom i konstantnom impedansom. Primenom savremenih softverskih metoda, rađeni su proračuni u cilju smanjenja gubitaka aktivne snage i smanjenja ukupne injektirane snage u sistem. Obađen je uticaj kondenzatorskih baterija, postavljenih na svim transformatorima SN/NN radijalnog voda, i uticaj regulacionog transformatora SN/SN na početku voda. Svi rezultati upoređeni su sa rezultatima koji su dobijeni za idealni primer, kada u sistemu postoji kontinualna regulacija napona.

**Abstract** – In this paper, the author has analyzed how the sensitivity of active power affects changes in voltage. For this purpose, a simple example was considered to be a radial distribution line with one hundred consumers. These consumers were modeled in three ways, as follows: constant power, constant current and constant admittance. The application of modern software methods, and calculations, were used in order to reduce active power losses as well as the total power injected into the system. The influence of the condenser battery (which was placed along the feeder), and the impact of regulation transformers at the beginning of feeder, were then processed. Lastly, all of the results were compared with those obtained for the ideal example when there is a continuous system voltage.

**Ključne reči:** distributivna radijalna mreža, kompenzacija reaktivne snage, redukcija napona, tokovi snaga, kondenzatorske baterije, regulacioni transformatori.

## 1. UVOD

Kompenzacija reaktivne snage predstavlja jednu od mera koja daje mnogobrojne, značajne tehničke i ekonomske efekte. Investicija uložena u sprovođenje ove mere se brzo vraća i mnogostruko isplati. Kompenzacijom reaktivne snage, odnosno njenom proizvodnjom kod potrošača, smanjuje se reaktivna snaga (energija) prenošena vodovima, a takođe i struja u istim. Obzirom da je gubitak snage (odnosno gubitak energije) direktno proporcionalan kvadratu struje, smanjenjem struje smanjuju se gubici snage i energije [1,2].

## NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Goran Švenda.

Kondenzatorske baterije (KB) se koriste u distributivnim mrežama u cilju poboljšanja faktora snage, smanjenja prenosa reaktivne snage i samim tim i smanjenja gubitaka aktivne snage [1,2].

Ukoliko su dobro dimenzionisani, kondenzatori se mogu koristiti i za regulaciju napona duž voda [2,3,4].

Redukcija napona predstavlja prinudnu operaciju, pri kontroli pouzdanosti mreže, koja se preduzima kao poslednja opcija (da bi se izbeglo rasterećenje napajanja) ukoliko nema dovoljno električne energije na raspolaganju da se zadovolji potrošnja. Ako se razmatra vod koji napaja potrošače čija je potrošnja zavisna od promene napona (imaju naponsko zavisnu karakteristiku), tada se korekcijom napona na njegovom početku može korigovati snaga injektirana u sistem. Efekat korekcije (smanjenja odnosno redukcije) vrednosti napona u mnogome zavise od karakteristika potrošača [2,3,4].

Cilj ovog rada jeste da se pokaže uticaj kondenzatorske baterije i regulacionih transformatora na vrednost injektirane snage u distributivnu mrežu.

Rad je koncipiran u šest delova. Nakon uvoda u drugom delu rada definisane su osobine karakterističnih tipova potrošača (u skladu sa njihovim naponskim karakteristikama).

U trećem delu rada postavljen je problem i dat primer redukcije napona. Istaknuti su razlozi njene primene, kao i primena KB i regulacionih transformatora.

U četvrtom delu rada prikazani su najbitniji rezultati proračuna za tri karakteristična modela potrošača.

Nakon zaključka, do koga se došlo tokom proračuna i pregledom dobijenih rezultata, koji je dat u petom delu rada, u šestom delu je navedena korišćena literatura.

## 2. KARAKTERISTIKE POTROŠAČA

U zavisnosti od naponskih karakteristika potrošači se mogu interpretirati kao [3,4,5]:

- potrošači sa konstantnom snagom ( $P=const$ ),  
 $P(v)=P_0$
- potrošači sa konstantnom strujom ( $I=const$ ),  
 $P(v)=P_0 \cdot v$
- potrošači sa konstantnom impedansom ( $Z=const$ ),  
 $P(v)=P_0 \cdot v^2$ .

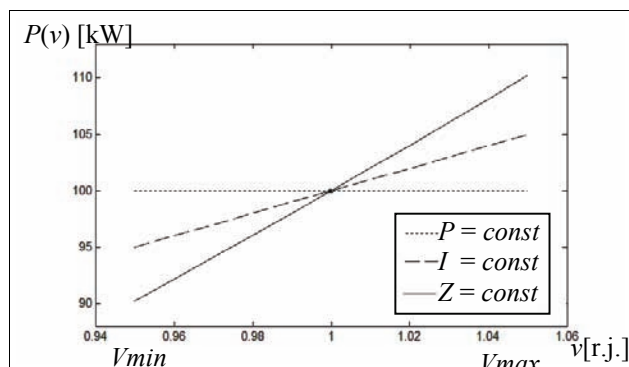
Vrednost  $v$  predstavlja vrednost napona u relativnim jedinicama:

$$v = \frac{V}{V_0} [r.j.], \quad (2.1)$$

gde je:  $V$  – vrednost napona na potrošaču,

$V_0$  – nominalna vrednost napona potrošača.

Na slici 1. su prikazane sve tri karakteristike potrošača, za slučaj kada pri nominalnoj vrednosti napona ( $V=V_0$ ), potrošači imaju istu vrednost snage  $P_0=100\text{kW}$ . Sa slike se može videti kako kod potrošača sa različitim karakteristikama, promena vrednosti napona različito utiče na promenu vrednosti snage [3,4,5].



Slika 1. Zavisnost vrednosti aktivne snage potrošača za sva tri karakteristična slučaja

Realna situacija, kakva se sreće u distribuciji, je kombinacija ove tri karakteristike, odnosno javljaju se potrošači u kojima ima udela svake od pomenutih komponenti u određenom procentu:

$$P(v) = P_0 \cdot \left( a_p + b_p \cdot \frac{V}{V_0} + c_p \cdot \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right); \quad (2.1)$$

$$Q(v) = Q_0 \cdot \left( a_q + b_q \cdot \frac{V}{V_0} + c_q \cdot \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right); \quad (2.2)$$

gde je:

$a_p, b_p$  i  $c_p$  – koeficijenti koji prikazuju koliki udeo određen tip potrošača ima u ukupnoj aktivnoj snazi potrošača,

$a_q, b_q$  i  $c_q$  – koeficijenti koji prikazuju koliki udeo određen tip potrošača ima u ukupnoj reaktivnoj snazi potrošača,

$P_0$  – vrednost aktivne snage potrošača pri nominalnom naponu,

$Q_0$  – vrednost reaktivne snage potrošača pri nominalnom naponu.

Uobičajene vrednosti koeficijenata  $a_p, b_p, c_p, a_q, b_q$  i  $c_q$  date su u tabeli 1.

Tabela 1 – Uobičajene vrednosti koeficijenata

|       |     |       |       |       |
|-------|-----|-------|-------|-------|
| $a_p$ | 0.3 | $a_q$ | 9.0   | 7.0   |
| $b_p$ | 0.7 | $b_q$ | -20.0 | -16.0 |
| $c_p$ | 0.0 | $c_q$ | 12.0  | 10.0  |

Karakteristike potrošača imaju uticaj na sve optimizacione slučajeve, zato je neophodno u okviru proračuna uvažiti zavisnost snage potrošača u odnosu na napon napajanja, kako bi se dobili validni rezultati [3,4,5].

### 3. REDUKCIJA NAPONA

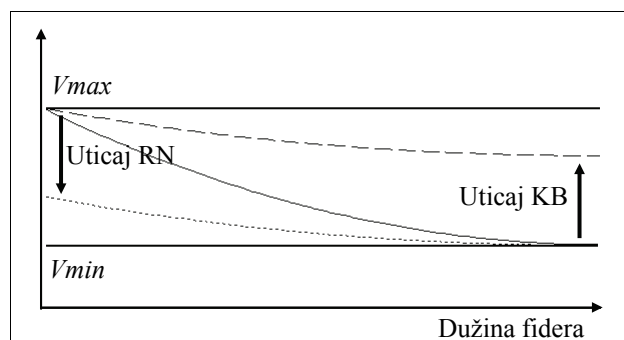
Napon na potrošačima se prema standardu održava u odgovarajućim granicama, između minimalne  $V_{min}$  i maksimalne  $V_{max}$  vrednosti. Za Evropu ove vrednosti

iznose  $220\text{V} \pm 5\%$ . U radijalnim distributivnim mrežama, kako bi se ostvarila vrednost napona na svim potrošačima u odgovarajućim granicama, napon na početku radijalne mreže treba da bude veći za vrednost pada napona u mreži od minimalno dozvoljene vrednosti napona. Upravo ta vrednost napona (minimalna tehnički dozvoljena uvećana za vrednost pada napona na radijalnom vodu) predstavlja minimalnu vrednost napona na koju je moguće redukovati napon na početku voda [3-9].

#### 3.1. Primena KB pri redukciji napona

KB su normalno instalirane duž distributivnog fidera u cilju smanjenja gubitaka aktivne snage. Međutim, ako se adekvatno instaliraju u pogledu broja, pozicija i veličine, KB se mogu koristiti i za regulaciju napona (RN) na fideru i poboljšanje faktora snage napojne stanice. Ugradnjom KB smanjuje se pad napona duž distributivnog fidera, čime se obezbeđuju bolji uslovi za primenu redukcije napona (moguće je sniziti napon na manju vrednost). Instalirane KB se mogu koristiti za poboljšanje faktora snage, poboljšanje naponskih prilika, smanjenje gubitaka, ili za poboljšanje efikasnosti RN (u toku pikova velike potrošnje) [3-9].

Na slici 2. su prikazane vrednosti napona na fideru, i način poboljšanja efikasnosti RN primenom KB. Strelicom na desnoj strani grafika prikazan je uticaj KB na promenu vrednosti napona na fideru. Usled povećanja vrednosti napona, ostvaruje se mogućnost RN (smanjenje napona na početku voda), čime se postiže manja vrednost snage potrošača. Uticaj pomenute RN je prikazan strelicom na levoj strani grafika [3-9].



Slika 2.- Prikaz uticaja KB i RN

Opšti problem KB je definisan kao problem pronalaženja optimalnih lokacija i veličina KB, takav da se troškovi gubitka energije i troškovi KB minimiziraju, uz zadovoljavanje pogonskih ograničenja pri različitim uslovima opterećenja. Radi pojednostavljenja ovog problema, u ovom radu se razmatraju sledeće ciljne funkcije [3-5]:

- 1 **Minimizacija odstupanja napona u odnosu na napojnu stanicu** – ovaj cilj zapravo predstavlja smanjenje pada napona duž celog fidera:

$$\min f(V) = \max(\Delta V_j), \quad j=1 \dots N \quad (3.1)$$

gde je:

$\Delta V_j$  – odstupanje napona na izvodu  $j$  u odnosu na napon napojne stanice  $V$ ,  $\Delta V_j = V - V_j$ ,

$N$  – ukupan broj izvoda na fideru.

- 2 **Minimizacija gubitaka aktivne snage na fideru** – Gubici aktivne snage zavise od parametara fidera, i smanjenja napona duž istog:

$$\min P_g = \sum_{(i,j) \in \alpha_N} \Delta V_{i,j}^2 \frac{R_{i,j}}{Z_{i,j}^2}, \quad (3.2)$$

gde je:

$\alpha_N$  – skup parova čiji su elementi indeksi izvoda povezanih odgovarajućom granom,  
 $R_{i,j}$  – otpor grane koja spaja izvode  $i, j$ ,  
 $Z_{i,j}$  – impedansa grane koja spaja izvode  $i, j$ ,  
 $\Delta V_{i,j}$  – pad napona na već pomenutoj grani.

- 3 **Minimizacija ukupne potražnje podstanice za aktivnom energijom** – Kada fider ima naponski zavisnu karakteristiku opterećenja, redukcija napona na podstanici može da se koristi za upravljanje opterećenjem:

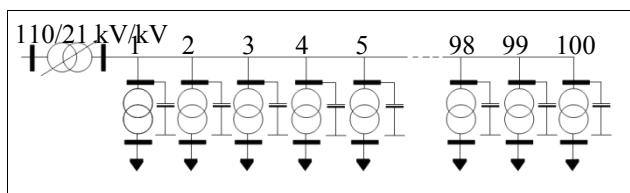
$$\min P = \underbrace{\sum_{i=1}^N P_{Li}(V_i)}_{P_{load}} + \underbrace{\sum_{(i,j) \in \alpha_N} \Delta V_{i,j}^2 \frac{R_{i,j}}{Z_{i,j}^2}}_{P_{loss}}, \quad (3.3)$$

gde je:

$P_{Li}$  – aktivna snaga izvoda, data kao funkcija napona izvoda  $V_i$ ,  
 $P_{load}$  – ukupno opterećenje aktivne snage na fideru.  
 $P_{loss}$  – ukupni gubici aktivne snage na fideru.

## 4. REZULTATI

U ovom radu proračuni su rađeni na primeru radialne test mreže koja je prikazana na slici 3. Razmatranu mrežu čine: napojna 110 kV transformatorska stanica sa regulacionim transformatorom 110±12·1.6%/21 kV/kV; 20 kV distributivni fider sa 100 distributivnih TS 20/0.4 kV/kV. Svaka distributivna TS ima ugrađenu KB. Njihova vrednost razmatrana je u zavisnosti od kriterijuma za izbor njihovog broja, pozicija i vrednosti.



Slika 3. Test mreža sa KB u svakoj TS SN/NN

Podaci o test mreži su:

|                        |                       |                              |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|
| $V_{n1}=110\text{kV}$  | $V_{n1}=20\text{kV}$  | $r=0.209\Omega/\text{km}$    |
| $V_{n2}=21\text{kV}$   | $V_{n2}=0.4\text{kV}$ | $x=0.117\Omega/\text{km}$    |
| $S_{n1}=150\text{MVA}$ | $S_{n2}=1\text{MVA}$  | $g=0.000\Omega/\text{km}$    |
| $u_{k1}=5\%$           | $u_{k2}=8\%$          | $b=0.116\text{mS}/\text{km}$ |

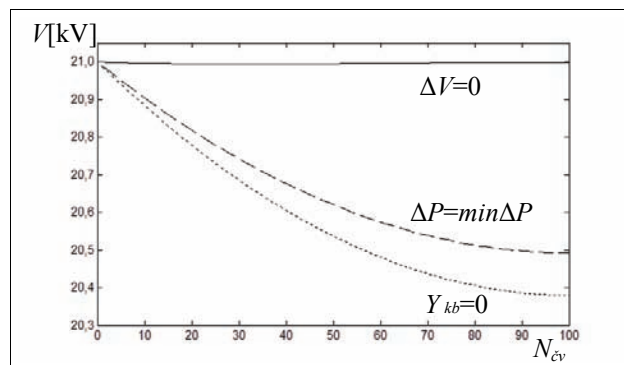
Dužine svih deonica su 0.1km.

Radi jednostavnosti modela usvojeno je da su sve TS 20/0.4 kV/kV identične i da su sve deonice istih parametara i dužina. Ove pretpostavke ne utiču na kvalitet rezultata.

### 4.1. Primer 1

Uticaj KB (ugrađenih u svakoj TS 20/04 kV/kV na SN strani) na promenu vrednosti napona test mreže sa potrošačima konstantne snage, prikazan je na slici 4.

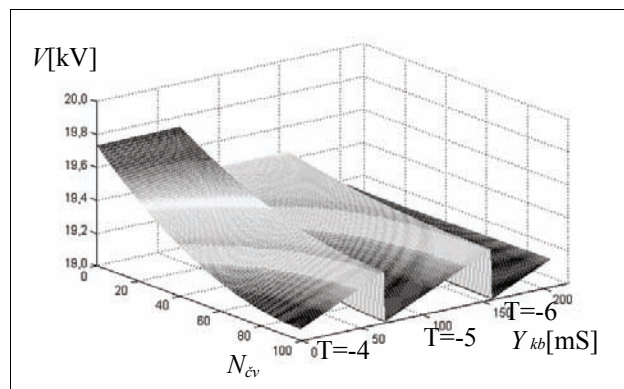
Za ovaj primer kao optimizacioni kriterijum korišćene su: minimizacija gubitaka aktivne snage i minimizacija pada napona. Na slici crnom linijom je predstavljen osnovni režim bez KB, plavom linijom rezultati kriterijuma minimizacije gubitaka, i crvenom linijom kada se minimizira odstupanje napona od napojne TS.



Slika 4. Uticaj KB

### 4.2. Primer 2

U okviru ovog primera razmatra se primena RT za RN. Pozicija teretnog menjača se spušta na najnižu vrednost pri kojoj su zadovoljeni tehnički uslovi na celom vodu. Postepenim povećavanjem vrednosti KB (koje se nalaze na primarima svake TS SN/NN), povećava se vrednost napona na fideru. Kada se ostvari vrednost KB pri kojoj vrednost napona na vodu dovoljno poraste, pozicija teretnog menjača se ponovo spušta. Vrednosti KB se podižu sve dok se ne postigne minimalno odstupanje vrednosti napona na fideru od napona napojne TS. Vrednosti napona na fideru za ceo postupak slučaja mreže sa potrošačima konstantne snage, prikazani su na slici 5.

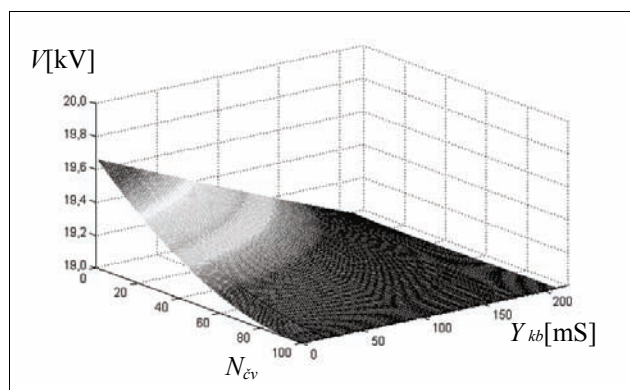


Slika 5. Primena RT i KB za RN

### 4.3. Primer 3

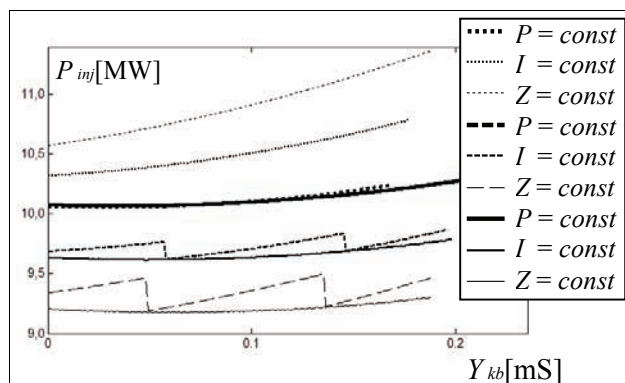
Mogućnosti kontinualne regulacije u okviru ovog rada podrazumevaju da je moguće na sekundaru TS SN/SN ostvariti kontinualnu promenu napona. Za razmatrani slučaj uzima se da napon na sekundaru TS SN/SN ima takvu vrednost da se postigne vrednost napona na samom kraju voda jednaka tehnički minimalno dozvoljenoj vrednosti (za konkretan slučaj 19kV).

Na slici 6. prikazane su vrednosti napona na distributivnom fideru, za slučaj kontinualne regulacije napona na DM sa potrošačima konstantne snage.



Slika 6. Kontinualna regulacija

Zavisnost vrednosti ukupne aktivne snage injektirane u sistem (koja je potrebna za napajanje svih potrošača i pokrivanje svih gubitaka), od vrednosti KB, za prethodna tri primera, prikazana je na slici 7.



Slika 7. Zavisnost ukupne injektirane snage napojne TS od vrednosti ugrađenih KB

Crnom bojom su predstavljeni potrošači modelovani kao konstantna snaga, plavom potrošači modelovani kao konstantna struja, a crvenom potrošači modelovani kao konstantna impedansa. Tankim isprekidanim linijama su predstavljene rezultati dobijeni za primer 1 (kada se razmatra samo uticaj KB), debelom isprekidanom linijom su predstavljene rezultati dobijeni za primer 2 (kada se razmatra uticaj RT i KB), dok su punom debelom linijom predstavljene rezultati dobijeni za primer 3 (kada se razmatra uticaj RT i KB sa kontinualnim mogućnostima regulacije).

Sa slike se može uočiti da se povećanjem vrednosti KB povećava vrednosti injektirane snage u sistem, naročito kod potrošača konstantne impedanse. Redukcijom napona, primenom RT, postiže se smanjenje injektirane snage. Kombinovanom primenom KB i RT omogućeno je dodatno smanjenje aktivne snage injektirane u sistem.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran uticaj kondenzatorske baterije i regulacionih transformatora na vrednost injektirane snage u distributivnu mrežu. Pri tom, analizirani su primeri kada je potrošnja predstavljena kao konstantna snaga, konstantna struja i konstantna impedansa. Redukcija napona u sistemima kod kojih je potrošnja modelovana kao konstantna snaga, dovodi do porasta gubitaka aktivne

snage, tako da se povećava vrednost injektirane snage u sistem. Nasuprot tome, u sistemima kod kojih je potrošnja opisana kao konstantna struja, snižavanjem napona smanjuje se potrošnja, dok je promena vrednosti gubitaka aktivne snage zanemarljiva. Tako da se u DM sa potrošačima konstantne struje, redukcijom napona smanjuje ukupna injektirana snaga sistema. Kod potrošača konstantne impedanse, primena redukcije napona ima najizraženiji efekat. Smanjenjem vrednosti napona u DM sa potrošačima konstantne impedanse, smanjuje se aktivna snaga potrošača ali i gubici aktivne snage. Dakle, efikasnost primene redukcije napona, zavisi od tipa potrošača.

U DM sa potrošačima konstantne snage, minimalna injektirana snaga sistema se postiže pri vrednosti KB za koju su gubici aktivne snage minimalni, a vrednost napona što veća. U DM sa potrošačima konstantne struje, minimalna injektirana snaga sistema se postiže pri vrednosti KB nešto većoj od vrednosti pri kojoj su gubici minimalni i pri vrednosti napona redukovanoj na najnižu vrednost za koju su ispunjeni tehnički uslovi. Što se tiče DM sa potrošačima konstantne impedanse, najniža vrednost injektirane aktivne snage sistema se postiže pri većim vrednostima KB nego kod ostalih tipova potrošača.

## 6. LITERATURA

- [1] Vladimir Strezoski: *Osnovi elektroenergetike (ee sistemi)*, radni materijal, Stilos, Novi Sad, 2002.
- [2] Ristić Miodrag: *Gubici električne snage i energije u DM JP "Elektromorava" Požarevac i mere za njihovo smanjenje*, studija. JP "Elektromorava", Požarevac, januar 2006.
- [3] Global Energy Partners: *Distribution Efficiency Initiative*, NEEA, May 18, 2005.
- [4] Goran S. Švenda, Emil M. Hedi: *Regulacija tokova reaktivnih snaga srednjenaponske distributivne mreže*, INFOTEH, JAHORINA, March 2008.
- [5] DMS: *Load Coefficients, Experiments*, DMS, Novi Sad, 15.07.2009
- [6] Khalil Matar: *Impact of voltage reduction on Energy and Demand*, Thesis, Ohio, Novembar 1990.
- [7] A. Kumar, H. Qin, P. Ishwar, J. Rabaey, K. Ramchandran: *Fundamental Bounds on Power Reduction during Data-Retention in Standby SRAM*, Berkeley, EECS, California, 2006.
- [8] IESO: *Voltage Reduction Test January 19. 2006*, IESO\_REP\_0399, Issue 1.0, June 2007.
- [9] IMO: *Voltage Reduction Test July 2. 2004*, IMO\_REP\_0215, Issue 1.0, October 2004.

## Kratka biografija:



**Nebojša Dervišević** rođen je u Požarevcu 1983. godine. Završio je srednju elektrotehničku školu Nikola Tesla u Kostolcu. Diplomski-master rad, na Fakultetu tehničkih nauka, iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi, braniće u 2010. godini.

## LABVIEW MERNI PODSISTEM SISTEMA ZA NADZOR KAROTAŽNIH BUŠOTINA LABVIEW BOREHOLE MEASUREMENT SUBSYSTEM

Srđan Klašnić, Miodrag Brkić, Miloš Živanov, *Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu*

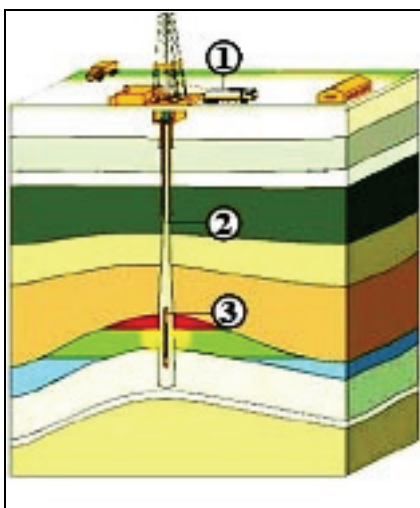
**Sadržaj** - U radu je demonstrirana primena virtuelne instrumentacije u okviru sistema za merenje geofizičkih parametara u bušotinama za vodu. Pomoću akvizicione kartice NI USB-6009 i programske aplikacije razvijene u LabVIEW okruženju omogućeno je nadgledanje i snimanje merenih veličina. Merenja su površinska i u bušotini, a softver vrši analizu analognih i digitalnih signala sa ulaza akvizicione kartice. Snimanje daje mogućnost naknadne analize rezultata merenja.

**Abstract** – This paper demonstrate the application of virtual instrumentation in borehole measurement systems for water. Acquisition card NI USB-6009 and software applications developed in LabVIEW environment enables monitoring and recording of measured values. Measurements are on surface and in borehole, and software performs the analysis of analog and digital signals from inputs of acquisition card. Saving of recorded data gives the possibility of subsequent analysis of measurement results.

### 1. UVOD

Sistem za geofizička merenja (prikazan na slici 1.) odnosno sistem za geofizičku karotažu (GFK) sastoji se od tri osnovna dela :

1. GFK aparature odnosno kompjuterizovane površinske opreme (koju čine površinska jedinica za analizu i prezentaciju merenih rezultata),
2. Provodnog kabla (služi za spuštanje sonde u bušotinu koja se ispituje, a ujedno predstavlja i komunikacioni link između površinske jedinice i merne sonde)
3. Merne sonde (koriste se za direktno merenje)



Slika 1. Sistem za geofizička merenja

GFK sistemi se mogu koristiti za pronalaženje lokacija vode, gasa i nafte ispod zemlje. U ovom radu zadržaćemo

se na pronalaženju vode iako se suštinski ništa ne menja ako su u pitanju gas ili nafta. Dubine na kojima se merenja vrše su do kilometra u bušotinama za vodu, te do 7 kilometara za naftu i gas. Imajući u vidu da ne postoji sonda koja samostalno može da meri sve potrebne veličine u bušotini (kao što su temperatura, gama zračenje, specifični električni otpor itd.) za potrebe merenja koriste se različiti tipovi sonde. U našem sistemu koriste se četiri sonde :

- Elektrolog
- Sonda za gama zračenje
- Temperaturna sonda
- Flowmeter

Elektrolog je sonda koja meri sopstveni potencijal i specifični električni otpor sa dva zahvata, na 16 i 64 inča. Mere se još i dubina i tenzija. Merenje dubine se vrši pomoću enkodera. On smer i brzinu obrtanja osovine motora koji spušta ili podiže sonde u bušotini pretvara u električni signal koji se analizira. Merenje tenzije predstavlja merenje sile zatezanja kojom sonde i kabel deluju na senzor. Na taj način se utvrđuje da li se sonde i kabel neometano kreću u bušotini.

Koncept virtualne instrumentacije primenjen u okviru mernog podsistema je značajan pre svega zbog zbog višestrukih prednosti u odnosu na standardnu tradicionalnu instrumentaciju. Osnovne prednosti su mogućnost menjanja karakteristika i prilagođavanje konkretnoj situaciji; mogućnost menjanja brzine uzorkovanja; jednostavno međusobno spajanje virtualnih instrumenata; akvizicija, analiza i prezentacija spojene u jednu celinu; jednim mernim uređajem je moguće rešiti veći broj mernih zadataka itd.

### NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Veran Vasić, vanr. prof.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji INFOTEH, Jahorina, mart 2010.

### 2. OPIS SISTEMA

Struktura mernog sistema prezentovanog u ovom radu može se pojednostavljeno predstaviti kao na slici 2.

Signali sa sonde, uključujući i signal sa enkodera prosleđuju se na ulaze akvizicione kartice NI USB-6009. Kartica poseduje osam analognih ulaza, dva analogna izlaza, 12 ulazno-izlaznih digitalnih linija, kao i jedan ulaz koji može da se koristi kao trigger ulaz ili brojač. Zbog jednog brojačkog ulaza dodat je prilagodni hardver (slika 3.) u vidu jednostavnog elektronskog stepena koji predstavlja posrednika između enkodera i porta 0 na akvizicionoj kartici.

Zaseban hardverski sistem, odvojen od našeg sistema, vrši napajanje sonde i prilagođava signale sa sonde naponskim nivoima (0 do 5V) koji se prosleđuju kartici. Akviziciona kartica prilagođene signale šalje na USB port računara, gde se posredstvom programa izrađenog u LabVIEW okruženju vrši obrada, prezentacija, analiza i snimanje merenih signala.



Slika 2. Principialna shema

### 3. PRILAGODNI HARDVER

Dodatna elektronika (Slika 3.) rešava problem postojanja samo jednog brojačkog ulaza kod akvizicione kartice. Bazirana je na mikrokontroleru ATmega8 koji se koristi za obradu enkoderskog ulaza. Port 0 sa NI USB-6009 je spojen na kontroler (8 bita) koji se kao i enkoder napaja sa akvizicione kartice. ATmega8 je dobrih karakteristika za 8-bitne mikrokontrolere, jeftin je i jednostavan za korišćenje. Sa njim se sistem može znatno proširiti.

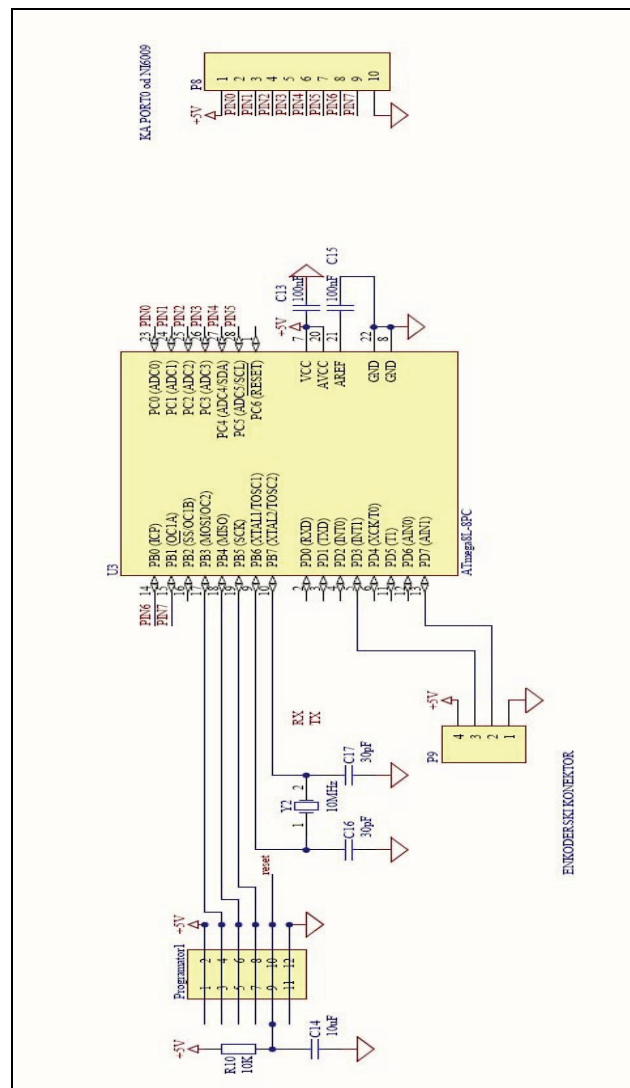
Princip rada je sledeći, kada mikrokontroler registruje interapt na konektoru PD3 čita informaciju sa ulaza PD7 i na osnovu toga zaključuje da li se osočina motora okreće na jednu ili drugu stranu. Nakon vremenskog intervala od 100ms mikrokontroler prosleđuje broj impulsa koji je dao

encoder u tom intervalu. Imajući u vidu da je encoder bidirekcion, broj tih impulsa može biti negativan ili pozitivan u zavisnosti od

kretanja sonde u bušotini. Jedan interapt ulaz na mikrokontroleru je iskorišćen za enkoder dok se ostali mogu iskoristiti za dodatno proširenje sistema. Enkoder informaciju o kretanju sonde prosleđuje kao osmobiitnu reč na digitalni port 0 akvizicione kartice.

### 4. FRONT PANELI VIRTUALNOG INSTRUMENTA

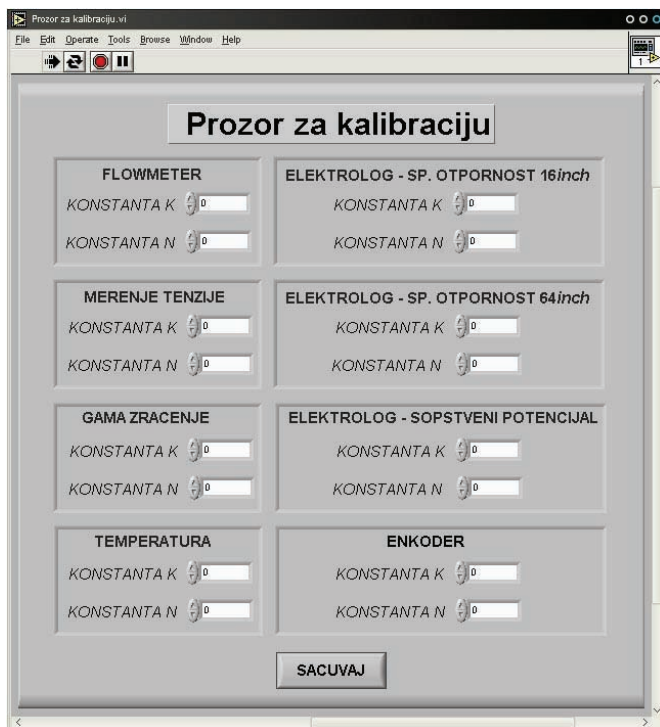
Front panel se sastoji od centralnog panela na kome se prikazuju rezultati merenja, u kojeg se preko dva menija unose bitni podaci za funkcionisanje sistema.



Slika 3. Prilagodni hardver

Prvi panel (Slika 4.) jeste panel za kalibraciju sistema. Sastoji se od osam segmenata sa po dva numerička ulaza u koje se unose podaci za kalibraciju za svaku sondu posebno. Formula po kojoj se dobija merena veličina je  $Y=kx+n$ , gdje je x vrednost koja je izmerena, k i n kalibracione konstante, a y tražena merena veličina. Na taj način se omogućava podešavanje vrednosti izmerenih veličina. Na dnu prozora se nalazi komanda za snimanje kalibracionih podataka u fajlu na računaru, iz kojeg se mogu pročitati kalibracione konstante, i kojeg softver koristi pri sledećem startovanju. Parametri kalibracije se

čuvaju pritiskom na taster “sačuvaj” u unapred definisanom fajlu iz koga se iščitavaju pri narednim pokretanjima procesa.



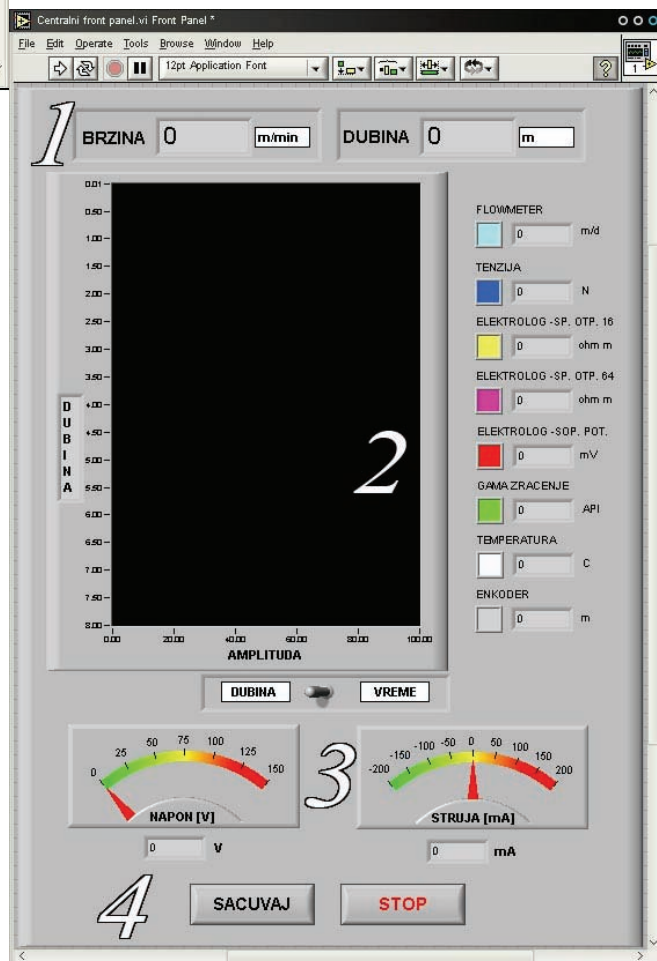
Slika 4. Izgled panela za kalibraciju

Drugi panel (Slika 5.) predstavlja meni za odabir sonde. Ovaj sistem može da prikazuje merenje svih osam merenih veličina u isto vreme, ali kako većinom nije potrebno, može se izvršiti selekcija sonde koje su u datom trenutku bitne. Na taj način se povećava preglednost grafika i uklanjaju se informacije koje nisu od značaja.



Slika 5. Izgled panela za odabir sonde

Centralni front panel (Slika 6.) je zadužen za prikaz rezultata merenja. On je podeljen na četiri sekcije koje su brojevima označene na slici 6. Sekcija označena brojem jedan je deo sa labelama koje predstavljaju trenutnu brzinu kretanja sonde i dubinu na kojoj se ona nalazi. Sledeća sekcija (označena brojem 2) se sastoji od grafika koji iscrtava vrednosti odabranih sonde u zavisnosti od vremena ili dubine na kojoj se sonda nalazi. Odabir izbora prikaza vrši se pomoću preklopnika ispod grafika u dnu ove sekcije. Nakon odabira odgovarajuća osa grafika reprezentovaoće vreme odnosno dubinu. Sa desne strane grafika nalazi se deo sa labelama koje prikazuju trenutne vrednosti izabranih sonde (flowmeter, temperaturu, gama zračenje itd.). Uz trenutne vrednosti nalazi se paleta boja korišćenih u iscrtavanju grafika. Svaka od boja pridruženih odredjenoj sonde se nalazi uz indikator njene trenutne vrednosti. U sekciji tri nalaze se indikatori na kojima se prete trenutne vrednosti struje i napona na sonde. U samom dnu centralnog front panela je sekcija označena brojem četiri. U njoj su smeštena dva tastera “sačuvaj” i “stop”. Prvi je namenjen izdavanju naredbe za snimanje rezultata mernog procesa, a sa tasterom “stop” se zaustavlja program pokrenut u LabVIEW okruženju.



Slika 6. Izgled centralnog front panela

## 5. TOK RADA PROGRAMA

Po startovanju programa vrši se odabir sonde sa kojih će se očitavati vrednosti. Nakon odabira sonde sledi kalibracija mernog sistema pomoću panela za

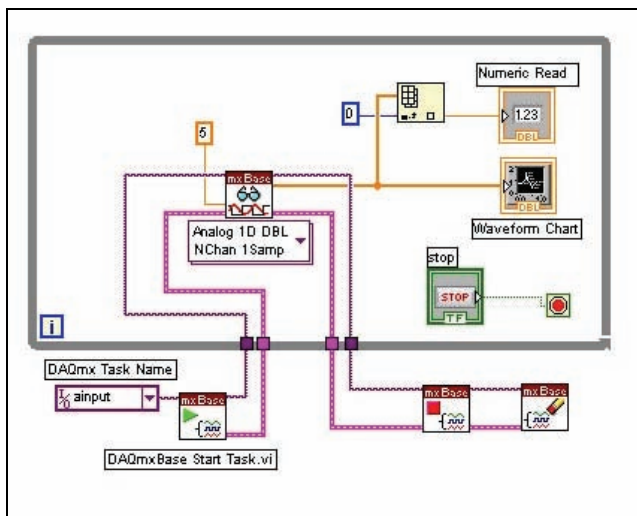
kalibraciju. Ovaj korak može se i izbeći ukoliko je kalibracija izvršena ranije a parametri kalibracije sačuvani, tada je dovoljno odabrati potrebne sonde i izvršiti merenje.

Prva dva panela predstavljaju uvod i pripremu za sam proces merenja koji se nadgleda na trećem, centralnom, front panelu. U okviru tog panela vrši se prikazivanje rezultata merenja, od struje i napona na sondama, vrednosti rezultata merenja svih aktivnih sonde, brzine kretanja i dubina na kojoj se nalaze u bušotini. Omogućeno je snimanje rezultata pritiskom na taster "sačuvaj", takođe u unapred definisan fajl, a postoji mogućnost izmene programa tako da svaki put zahteva od korisnika informaciju o mestu snimanja i imenu fajla.

Nakon izvršenih merenja process rada programa se prekida pritiskom na taster "STOP". Izmereni rezultati su tada sačuvani u odabrani fajl te je omogućena naknadno učitavanje i analiza obrađivane bušotine.

## 6. PRIMER LABVIEW PROGRAMA

Koncept virtualne instrumentacije je demonstriran u okviru programskog paketa LabVIEW. LabVIEW kao grafički programski jezik koji koristi ikone umesto tekstualnog koda za formiranje aplikacija je pogodan za jednostavno definisanje mernog instrumenta uz maksimalno iskorištavanje niza prednosti virtualne instrumentacije.



Slika 7. Blok diagram programa za akviziciju analognog signala

Na slici 7. dat je prikaz blok diagrama dela programa koji je korišćen za akviziciju analognih signala sa ulaza akvizicione kartice kao primer programa u LabVIEW okruženju. Taj program predstavlja osnovu za merenje analognih signala u mernom podsystemu realizovanom u ovom radu. Veći deo blok diagrama nalazi se u *while* petlji koja se izvršava dok se na odgovarajućem front panelu pritiskom na taster "stop" ne zada naredba za prekid izvršavanja programa. Van *while* petlje su blokovi koji definišu ulazni kanale, početak i prekid čitanja podataka sa ulaza i blok za pražnjenje memorije zauzete prilikom izvršavanja programa. Unutar *while* petlje blok za obradu ulaznih kanala daje na svom

izlazu jednodimenzionalni niz. Svaki element tog niza odgovara kanalu na ulazu. Dalje se vrši selekcija kanala na kome se meri odabirom odgovarajućeg člana niza. Vrednost tog člana se prosleđuje kao vrednost izmerene veličine ka numeričkom indikatoru i grafu koji se iscertava. Numerički indikator i grafikon uz taster za prekid rada programa su jedini elementi blok diagrama predstavljeni na odgovarajućem front panelu ovog programa.

Slična logika se primenjuje i kada se radi o digitalnim ulaznim signalima. Lab VIEW sadrži veliki broj elemenata koji omogućavaju formiranje složenih aplikacija za obradu signala i prezentaciju rezultata tog procesa.

Snimanje rezultata merenja se vrši u *lvm* formatu, u okviru kog se beleži datum, vreme, dubina i vrednost merenog signala na svakoj sondi. Brzina uzorkovanja signala sa sonde se može definisati pri izradi LabVIEW programa. Zbog nemogućnosti direktnog snimanja u standardnom *las* formatu moguće je uraditi poseban softver koji će vršiti transformaciju *lvm* u *las* format fajla.

## 7. ZAKLJUČAK

Metoda akvizicije signala mernom karticom NI USB-6009 je jednostavna i na najbolji način može da demonstrira sve prednosti virtualne instrumentacije nad klasičnom. Program razvijen za potrebe geofizičkog karotažnog merenja je moguće modifikovati i na taj način nadograditi merni sistem bez potrebe ulaganja u hardver. Mogućnosti ovog mernog sistema su ograničene mogućnostima akvizicione kartice.

Prostora za softversku nadogradnju ima u pogledu povećanja broja veličina koje se mere, naravno do broja ograničenog brojem ulaza u akvizicionu karticu, kao i ostvarivanja dodatnih algoritama u cilju dodatne obrade merenih signala. Sa novijim modelima mernih kartica povećavaju se i mogućnosti, a softver izrađen u LabView programskom paketu sa jedne lako se prilagođava na drugu karticu.

Na osnovu praktičnih iskustava programi se stalno popravljaju, menjaju i prilagođavaju zahtevima korisnika, a dosadašnja iskustva sa sličnim programima su veoma dobra.

## 8. LITERATURA

- [1] G. Mančić, S. Martinović, M. Živanov, "Geofizički karotaž – osnovni principi", DIT NIS-Naftagas, Novi Sad (2002)
- [2] J. Tomić, M. Kušljević, "Uvod u virtualnu instrumentaciju", Novi Sad (2009)
- [3] T. Malavić, J. Velić, "Geologija ležišta fluida", Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb (2008)
- [4] National Instruments "Lab View Measurements Manual", NI Corporation, USA (2002)
- [5] [www.ni.com](http://www.ni.com), specifikacije i uputstva vezana za akvizicionu karticu i LabVIEW programski paket
- [6] USER GUIDE AND SPECIFICATIONS USB-6008/6009, NI Corporation, USA, 2005

**PARALELNA TOPOLOŠKA ANALIZA NA PRIMERU CIM ZASNOVANOG MODELA POVEZANOSTI ELEMENATA ELEKTROENERGETSKE MREŽE****PARALLEL TOPOLOGY ANALYSIS APLIED TO A CIM BASED POWER NETWORK CONNECTIVITY MODEL**Bojan Popović, Darko Čapko, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je opisana paralelna topološka analiza na primeru objektnog CIM zasnovanog modela povezanosti elemenata elektroenergetske mreže. Za potrebe ovog rada nekoliko objektnih modela mreže, različitih po veličini i broju višestruko napajanih delova, je prevedeno u graf modele. Nad tako dobijenim grafovima vršena je analiza primene različitih stepena paralelizacije u topološkoj analizi modela. U odnosu na vrste modela mreža napravljena je procena prednosti korišćenja paralelnog pristupa u odnosu na sekvencijalnu topološku analizu istih modela.

**Abstract** – This paper has introduced a parallel topology analysis of an object connectivity model of a power network based on CIM. For the purposes of this research, several distribution network object models, different in size and number of supply points, are represented as graph models. Analysis of application of different levels of parallelization (number of processors) is performed on the graph models. Estimation of the benefits of using a parallel approach, compared to the sequential topology analysis of the same models, is given depending on the types of network model.

**Ključne reči:** Modeliranje, Paralelna topološka analiza, Grafovi

**1. UVOD**

Osnova simulacija i upravljanja elektroenergetskom mrežom je model podataka o elementima koji se u njoj nalaze. Za predstavu takvog modela podataka kao standard koristi se apstraktni CIM (Common Information Model) koji predstavlja sve, za funkcionalnost važne, objekte mreže. Ovaj model sadrži javne klase i attribute ovih objekata, kao i veze između njih [1]. Sastavni deo CIM-a su modeli povezanosti elemenata mreže i njen topološki model. Kako topološki model zavisi od statusa elemenata (da li provode struju ili ne?) potrebno je na osnovu poznavanja statusa elemenata i njihove povezanosti izgraditi topološki model. Topološki model je bitan da bi se na njemu sprovodile analize i optimizacioni proračuni, te je od velikog značaja da se brzo formira. Za potrebe ovog rada CIM objektni model preveden je u model zasnovan na grafu i na tako dobijenom modelu je vršena paralelna topološka analiza.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, docent.

Realizovani algoritam je testiran na računaru sa Quad-core procesorom, a glavni zadatak rada je utvrđivanje razlike u brzinama izvršavanja algoritma u zavisnosti od stepena paralelizacije tj. iskorišćenosti jezgara ovog procesora.

Imajući u vidu da se osnovni i najčešće korišćeni proračuni (tokovi snaga i estimacije stanja) izvršavaju nad skupom provodnih električnih elemenata koji se napajaju sa istog izvora, ideja je da se ovi elementi grupišu tako da grade nedeljive skupove podataka (tzv. korene). Iz tog razloga je neophodno izvršiti topološku analizu modela podataka i odrediti korene za odgovarajući model. S obzirom da, za velike modele podataka, topološka analiza postaje vremenski zahtevna bilo bi korisno pronaći način da se skрати vreme koje je potrebno za pronalaženje svih korena u modelu. To je u ovom radu postignuto paralelizacijom (paralelnom topološkom analizom) korena. Problem koji je trebalo prevazići u programskom rešenju je situacija u kojoj se pojavljuju koreni napajani sa više strana.

**2. MODELOVANJE ELEKTROENERGETSKE MREŽE POMOĆU GRAFOVA**

Teorija grafova nalazi veliku primenu u praksi, a između ostalog se koristi i za opisivanje modela podataka električnih mreža. Električni elementi u elektroenergetskoj mreži (transformatori, prekidači itd.) mogu se prikazati kao grane grafa, a mesta njihovog spajanja kao čvorovi. Topološke oblasti, koje predstavljaju skup međusobno povezanih elemenata, takođe možemo predstaviti grafom. Dva elementa su topološki povezana ako se sukcesivnim kretanjem preko njihovih susednih elemenata može doći od jednog do drugog, a da se pri tome ne pređe preko otvorenog elementa (rasklopne opreme).

Model podataka sadrži klase kojima se opisuju čvorovi i grane, čije se instance kreiraju prilikom učitavanja podataka o mreži. Grane (električni elementi) sadrže informacije: o tipu elementa i njegovom statusu (otvoren ili zatvoren), kao i o čvorovima koje element povezuje. Svaki čvor sadrži listu grana, preko kojih je povezan sa susednim čvorovima.

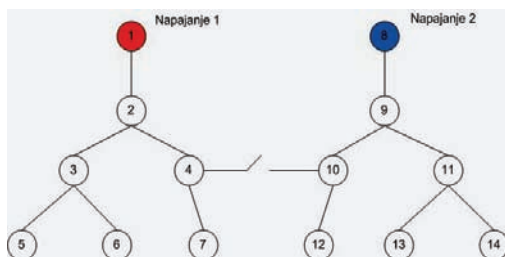
Oblast mreže predstavlja se instancom klase koja opisuje graf. Ona sadrži listu grana i čvorova koje se nalaze unutar grafa. Dva grafa su susedna ako postoji veza između njih preko otvorenih grana. U mreži se razlikuju napajane (aktivne) i nenapajane (neaktivne) oblasti, koje nazivamo koren i ostrvo, respektivno. Svaki graf sadrži informaciju o tipu napajanja (u zavisnosti od postojanja izvora napajanja u oblasti koju predstavlja). Ako se u oblasti nalazi aktivan izvor energije, cela oblast je aktivna [2].

U ovom radu topološki model se formira na osnovu modela konektivnosti prikazanog uz pomoć grafa dobijenog na osnovu CIM objektnog modela. Pretpostavlja se da je status rasklopne opreme (prekidača) poznat i da se ne menja tokom formiranja topološkog modela. Na samom početku algoritma, neposredno nakon učitavanja podataka i formiranja elemenata sistema (čvorovi i grane), pristupa se formiranju oblasti sistema - grafova. Metoda kojom se takvi grafovi formiraju, zasniva se na obilasku svih čvorova koji su povezani zatvorenim granama sa polaznim čvorom i bazira se na pretrazi „prvi u širinu“ (breadth-first search). Osim ovog metoda, razmatrana je i pretraga „prvi u dubinu“ (depth-first search), ali se pokazalo da taj metod ima znatno veće memorijsko zauzeće. Pored toga, pretraga „prvi u širinu“ se pokazala i kao brže rešenje.

### 3. PARALELIZACIJA TOPOLOŠKE ANALIZE

Paralelizacija u ovom radu izvršena je na nivou napajanih grafova (korena), pri čemu se pretraga svakog korena dodeljuje kao zadatak jednoj programskoj niti. Određivanje korena sistema kreće od čvora koji se prosleđuje kao ulazni parametar i u tom slučaju parametri pretrage biće čvorovi napajanja.

Algoritam za paralelnu topološku analizu bio bi vrlo jednostavan kada bi se u sistemu pojavljivali samo koreni koji su uvek napajani samo sa jednog izvora, što nije uvek slučaj. Primer dela ovakvog sistema je ilustrovan na slici 1., gde su prikazani čvorovi napajanja (1 i 8) koji napajaju svaki po tačno jedan graf.



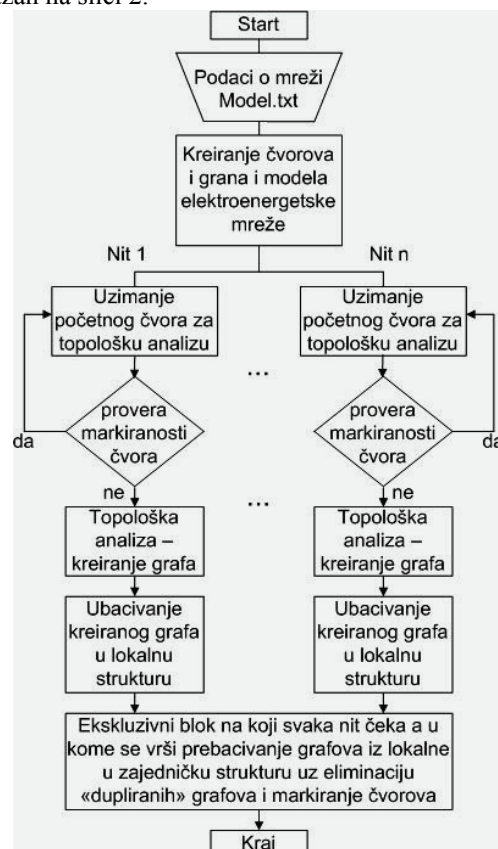
Slika 1. Primer dva grafa od kojih svaki ima svoje jedno napajanje

Potencijalni problem nastaje kada određenu oblast (graf) napaja više izvora (napajanja). Takva oblast se, na primer, dobija jednostavno promenom stanja prekidača između čvorova 4 i 10 sa slike 1. Tada dve (ili više) različite niti tokom pretrage grafa mogu naići na iste čvorove, uključujući i čvorove napajanja (ulazne parametre) koji napajaju isti graf sistema. Takav slučaj usložnjava postupak paralelne obrade korena sistema.

U okviru prvobitnog programskog rešenja se skup čvorova napajanja nasumično delio na broj podjednakih grupa jednak stepenu paralelizacije (broju programskih niti koje se mogu izvršavati istovremeno). Svaka od tih grupa napajanja se prosleđuje kao parametar pri pokretanju neke od niti. U tom slučaju, može se desiti da čvorovi napajanja koji napajaju jedan isti graf sistema dospeju u odvojene grupe (i tada će ih obrađivati različite niti). Iz ovog razloga u pretrazi se na samom njenom početku nalazi provera da li je polazni čvor markiran, tj. da li je neka druga nit obilaskom, počevši od nekog drugog čvora

napajanja, došla do čvora sa kojim trenutno radimo. U slučaju da jeste, to znači da ta dva čvora napajaju isti graf i da nema potrebe da on bude dva puta obrađen. Ova provera ima smisla kada je čitav graf već prethodno obrađen drugom niti, stavljen u konačnu listu grafova sistema i kada su svi čvorovi tog grafa „konačno“ markirani.

Situacija u kojoj se dogodi da dve ili više niti paralelno krenu u obradu istog višestruko napajanog podgraфа (krenuvši od dva ili više različitih čvorova napajanja) predstavlja suštinu problema paralelizacije. Ovaj problem je rešen na sledeći način: grafovi se obilaze tako što se pretraga među čvorovima kreće na osnovu lokalne markacije za svaku nit posebno. Po završetku obrade svakog graфа, nit isti upisuje u svoju lokalnu strukturu. Po završetku obrade svih grafova u nadležnosti te niti, ona, ukoliko je slobodan, zauzima ekskluzivni blok gde prebacuje obrađene oblasti sistema iz svoje lokalne strukture u jednu zajedničku u koju će i sve ostale niti ubaciti svoje grafove. Prilikom ovog prebacivanja eliminišu se „duplirani“ grafovi (oni koji su obrađeni različitim nitima počevši od napajanja koja napajaju jedan isti graf) tako što se prvo proveri da li su čvorovi konkretnog graфа markirani, pa ako nisu izvrši se prebacivanje i čvorovi se markiraju. Ako druga nit bude pokušala da ubaci taj isti graf, tj. njegove čvorove, to će biti onemogućeno zbog njihove markiranosti. Prednost postavljanja ekskluzivnog bloka, sa prebacivanjem grafova iz lokalnih u zajedničku strukturu, na kraj obrade svake a ne svih niti je što u slučaju da jedna nit prva završi obradu grafova, može da iste upisuje u zajedničku strukturu, dok druge niti za to vreme završavaju obradu svojih grafova. Ovaj upravo opisani algoritam je grafički prikazan na slici 2.



Slika 2. Grafički prikaz algoritma

Da bi paralelizacija imala smisla, pretraga grafa koja odnosi najviše vremena ne sme biti u ekskluzivnom bloku, jer bi se tada rešenje svelo na sekvencijalno izvršavanje. Minimalni mogući sekvencijalni deo izvršavanja svodi se na prebacivanje grafova iz lokalne u zajedničku listu svih grafova sistema. Iz navedenog se uočava i loša strana ovakvog algoritma. U situaciji kada dve ili više niti u isto vreme sa različitih napajanja krenu da obrađuju jedan isti koren, isti posao biće urađen nekoliko puta.

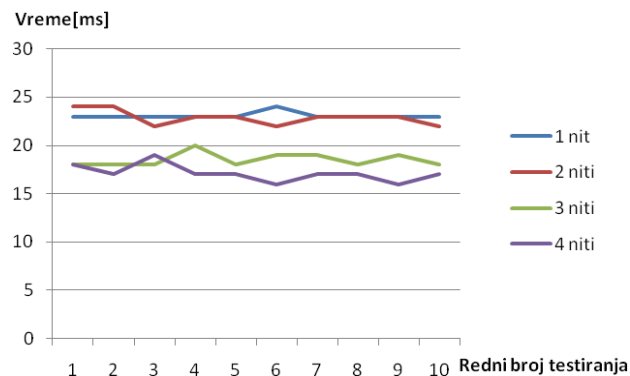
#### 4. REZULTATI TESTIRANJA

Softversko rešenje realizovano je programskim jezikom C# u Microsoft .NET okruženju. Testiranja su vršena na računaru sa sledećim karakteristikama: quad-core procesor – Intel Core 2 Quad Q6600 (2,44GHz) sa 4 GB RAMa. Kao test modeli korišćeni su modeli elektroenergetske mreže gradova Sombora, Beograda i Italijanskog grada Milana veličine respektivno: 13616, 164316 i 422851 elemenata (ukupan broj čvorova u svim korenima elektroenergetske mreže). Taj broj elemenata je smešten u 6, 63 i 206 međusobno nepovezanih grafova, a te grafove napaja 12, 64 i 432 izvora napajanja koji su neravnomerno raspoređeni po navedenim grafovima sistema. Po odnosu između broja grafova i napajanja može se videti koliki je stepen umreženosti sistema i koliko će biti potencijalnih kritičnih tačaka u algoritmu tj. mesta na kojima će se vršiti višestruka obrada jednog istog grafa čime se narušava efikasnost samog algoritma. Pod pojmom „stepen umreženosti sistema“ podrazumeva se procentualan odnos broja višestruko napajanih grafova u test modelima. Kod modela grada Beograda npr. gde ima 64 napajanja, a 63 napajana grafa, uočava se da je samo jedan graf dvostruko napajan, a da svi ostali imaju po jedno svoje napajanje. Verovatnoća da će se na tom primeru desiti problematična situacija je mnogo manja nego u slučaju modela grada Milana gde postoji 432 napajanja i 206 korena. U nastavku će tabelarno i uz pomoć grafikona biti prikazani uporedni rezultati izvršavanja algoritma sa jednom, dve, tri i četiri niti, za svaki od test modela.

Rezultati (vremena obrade korena modela u milisekundama - ms) dobijeni ponavljanjem algoritma primenjenog na modelu Sombora prikazani su u tabeli 1. a grafički i na slici 3. U tabeli se nalaze minimalno, maksimalno i prosečno vreme izvučeno iz skupa vremena dobijenog tim uzastopnim izvršavanjima algoritma. Iz ovih rezultata se vidi da povećanjem sa jedne na dve niti koje obrađuju model, napredak je veoma mali, dok daljim povećanjem broja niti (na tri i četiri) napredak tj. smanjenje vremena izvršavanja je ipak vidljivije.

Tabela 1. Vremena izvršavanja algoritma na modelu mreže Sombora izražena u milisekundama

| Broj niti:        | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------------------|------|------|------|------|
| Minimalno vreme:  | 23   | 22   | 18   | 16   |
| Maksimalno vreme: | 24   | 24   | 20   | 19   |
| Prosečno vreme:   | 23,1 | 22,9 | 18,5 | 17,1 |

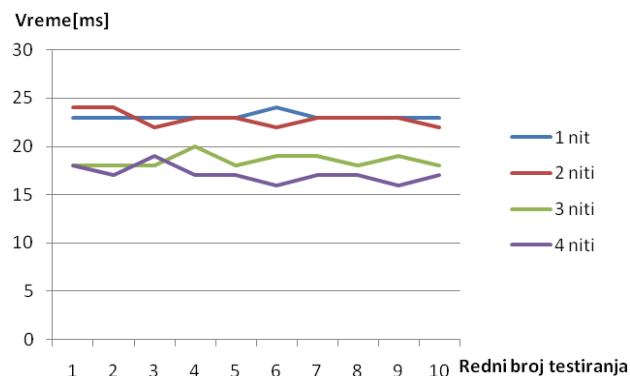


Slika 3. Grafički prikaz vremena izvršavanja algoritma prilikom deset uzastopnih testiranja za sve stepene paralelizacije na modelu mreže Sombora

U tabeli 2. i na slici 4. prikazani su rezultati dobijeni ponavljanjem algoritma primenjenog na modelu Beograda.

Tabela 2. Vremena izvršavanja algoritma na modelu mreže Beograda izražena u milisekundama

| Broj niti:        | 1     | 2    | 3    | 4    |
|-------------------|-------|------|------|------|
| Minimalno vreme:  | 112   | 83   | 66   | 61   |
| Maksimalno vreme: | 114   | 97   | 76   | 70   |
| Prosečno vreme:   | 112,9 | 88,8 | 70,3 | 65,8 |



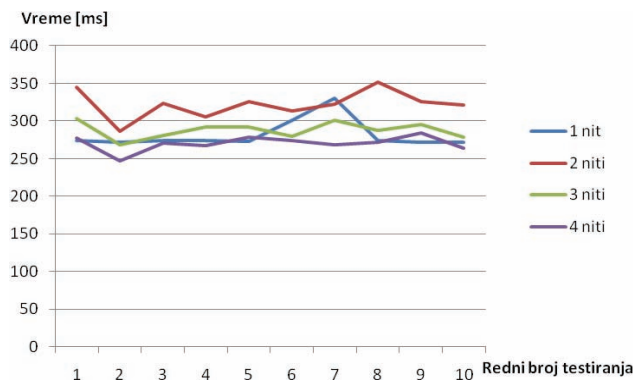
Slika 4. Grafički prikaz vremena izvršavanja algoritma prilikom deset uzastopnih testiranja za sve stepene paralelizacije na modelu mreže Beograda

Iz dobijenih rezultata vidimo da kod modela Beograda vidno poboljšanje se dobija odmah pri prelasku sa jedne na dve niti. Smanjenje vremena izvršavanja se dobija i daljim povećanjem broja niti na tri i četiri, s tim što je smanjenje pri prelasku sa tri na četiri niti manje nego prethodna dva.

U tabeli 3. i na slici 5. prikazani su rezultati dobijeni ponavljanjem algoritma primenjenog na modelu Milana koji je po strukturi sličniji modelu Sombora nego Beograda. Sličnost se bazira na tome da postoji procentualno mnogo više višestruko napajanih grafova nego što je to slučaj kod modela Beograda.

Tabela 3. *Vremena izvršavanja algoritma na modelu mreže Milana izražena u milisekundama*

| Broj niti:        | 1     | 2   | 3     | 4     |
|-------------------|-------|-----|-------|-------|
| Minimalno vreme:  | 272   | 286 | 268   | 247   |
| Maksimalno vreme: | 330   | 352 | 303   | 284   |
| Prosečno vreme:   | 281,6 | 322 | 287,9 | 270,3 |



Slika 5. *Grafički prikaz vremena izvršavanja algoritma prilikom deset uzastopnih testiranja za sve stepene paralelizacije na modelu mreže Milana*

Rezultati dobijeni testiranjem algoritma na modelu Milana su takođe sličniji rezultatima dobijenim na modelu Sombora nego Beograda. Razlika je u tome što se u ovom slučaju ne samo da se ne vidi napredak, nego je приметно pogoršanje vremena izvršavanja sa dve niti. Kasnijim povećanjem broja niti rezultati se popravljaju, s tim što se tek sa četiri niti dobijaju rezultati za nijansu bolji od početnih (dobijenih obradom modela sa jednom niti).

Poboljšanje rezultata izvršavanja kakvo imamo kod modela Beograda sa jedne strane, odnosno Sombora i Italije sa druge strane, dobija se zbog poznatih problema koje sa sobom nosi paralelizacija u kombinaciji sa načinom na koji su navedeni modeli organizovani [3].

## 5. ZAKLJUČAK

Svako paralelno izvršavanje nosi sa sobom problem korišćenja deljenih podataka. Istovremeni pristup deljenim podacima zahteva sinhronizaciju pristupa. To znači da niti moraju da čekaju dok pristup deljenim podacima ne bude moguć. U ovom radu je akcenat stavljen na smanjenje količine deljenih podataka i broj mesta na kojima se pristupa tim podacima je sveden na minimum.

Sprovedenom paralelnom topološkom analizom, nad modelima zasnovanim na grafu, dobijeni koreni (grupe čvorova) predstavljaju topološke celine (topološke čvorove) u objektnoj CIM predstavi ovih modela elektroenergetske mreže. Tokom merenja performansi paralelne topološke analize nije uzeto u obzir spomenuto prevođenje elemenata sistema iz CIM objektnog modela u model zasnovan na grafu i obratno, nego je aspekt rada bio na ubrzanju već konvertovanog modela.

Iz rezultata dobijenih ovako izvedenom paralelizacijom vidi se da je način na koji je obrađeni model struktuiran veoma bitan, ili čak presudan za trajanje obrade. Kod predstavnika slabije umreženih modela (sa manje

višestruko napajanih korena), što je u ovom radu model Beograda, prosečna procentualna smanjenja vremena obrade korena od 21%, 37% i 42% koja se dobijaju povećanjem broja programskih niti sa jedne na dve, tri i četiri respektivno, jasno pokazuju da je za ovako organizovane modele paralelizacija algoritma za topološku analizu sistema i više nego svrsishodna. Napredak je vidljiv i sasvim zadovoljavajuć sa svakim povećanjem broja programskih niti u algoritmu obrade korena.

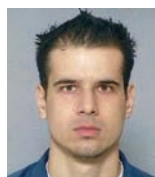
Kod modela Sombora čija su procentualna poboljšanja 1%, 20% i 26% i Milana sa -14%, -2%, 4% pri povećanju broja programskih niti sa jedne na dve do četiri, situacija je nešto drugačija u odnosu na model Beograda. Kod Sombora koji je relativno mali model pri prelasku sa jedne na dve niti vidi se malo poboljšanje, ali procentualno ni blizu kao što je to slučaj sa Beogradom. Daljim povećanjem broja niti na tri i četiri poboljšanje je uočljivije i paralelan pristup ima više smisla. U slučaju Milana smanjenje vremena izvršavanja algoritma povećavanjem stepena paralelizacije je najmanje uočljivo, šta više, ono u slučaju dve i tri niti i ne postoji, čak su tako dobijeni rezultati i lošiji. Mali napredak se vidi tek uvođenjem i četvrte niti u algoritam. Testiranja u ovom radu su ograničena test mašinom sa četiri jezgra. Povećanjem broja niti na ovakvom procesoru na više od četiri, logično, ne donosi nikakvo poboljšanje.

Iz rezultata dobijenih u ovom radu može se izvesti zaključak da je paralelizacija topološke analize modela (u ovom slučaju elektroenergetskog sistema) isplativa, doduše ne u istoj meri, na svim testiranim modelima bez obzira na njihovu strukturu, ali uz potpuno iskorišćenje svih potencijala procesora na kom se algoritam izvršava.

## 6. LITERATURA

- [1] International Electrotechnical Commission (IEC), „Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – Part 301: Common Information Model (CIM) Base“, 2009.
- [2] Mirjana Petković i Darko Čapko, "On-line preraspodela izdellenog modela distributivne elektroenergetske mreže u distribuiranom DMS softveru", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [3] Yinglong Xia & Viktor K. Prasanna, "Topologically adaptive parallel breadth-first search on multi-core processors", The 21st International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems (PDCS '09), 2009.  
[http://halcyon.usc.edu/~pk/prasannawebsite/papers/to poBFS\\_pdc09\\_cr\\_Xia.pdf](http://halcyon.usc.edu/~pk/prasannawebsite/papers/to poBFS_pdc09_cr_Xia.pdf)

### Kratka biografija:



**Bojan Popović** rođen je u Vrbasu 1983. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, katedra za automatiku i upravljanje sistemima.

## ULOGA ENERGETSKE ELEKTRONIKE U ELEKTRIČNOM POGONU AUTOMOBILA

### ROLE OF POWER ELECTRONICS IN ELECTRIC DRIVE OF AUTOMOBILE

Ivana Polić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom preglednom radu ramatrana je primena uređaja energetske elektronike u pogonima savremenih električnih i hibridnih automobila. Rad sadrži osnovne aspekte funkcionalne primene energetske elektronike u električnim i hibridnim električnim vozilima.

**Abstract** – This paper presents an overview of power electronics devices applications in modern electric and hybrid automobiles for their propulsion. It contains basic aspects of functional usage of power electronics in electric and hybrid electrical vehicles.

**Ključne reči:** Energetska elektronika, električni pogon automobila, električna vozila, hibridna vozila

#### 1. UVOD

Prvo električno vozilo konstruisao je francuski inženjer Gustav Trouve 1881. godine. To je bilo vozilo na tri točka sa jednosmernim (DC) motorom snage 0,1 KS i olovnim akumulatorom. Sve do 1914. godine razvijala su se hibridna vozila, koja su koristila spregu električnog i motora sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS). SUS motori su se veoma brzo razvijali i postajali sve snažniji tako da nije više bilo potrebe da se potpomažu električnim motorima.

U današnje vreme, ekološki problemi i problemi sve skupljeg pogonskog goriva došli su u prvi plan i postali glavni pogonski faktor razvoja i primene električnih automobila. Istovremeno, dostignuća u oblasti uređaja energetske elektronike, koji omogućuju efikasno i jednostavno upravljanje električnim motorom, dovode do revolucije u autoindustriji i proizvodnje električnih i hibridnih automobila.

Hibridna vozila značajno smanjuju specifičnu emisiju štetnih gasova u atmosferu, dok električna imaju nultu emisiju štetnih gasova i pripadaju grupi ZEV (*Zero Emission Vehicles*). Veća energetska efikasnost električnih i hibridnih vozila u odnosu na vozila sa SUS motorom uzrokuju ekonomsku opravdanost razvoja ovih vozila. Ključni i još uvek nedovoljno rešen problem su i dalje akumulatorske baterije, koje su teške i nedovoljno pouzdane.

#### 2. PODELA ELEKTRIČNIH VOZILA

Podela električnih vozila može biti izvedena po više osnova. U zavisnosti od vrste pogonskog motora možemo da ih podelimo na klasična električna vozila (EV) i

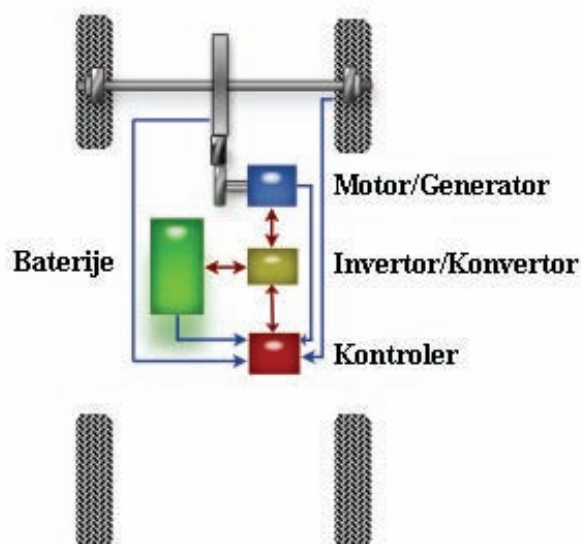
hibridna električna vozila (HEV), koja koriste i električni i SUS motor, s tim da oni mogu biti u paralelnoj ili serijskoj sprezi. Dalje, u zavisnosti od vrste pogonske energije i načina njenog dobijanja i skladištenja možemo ih svrstati u sledeće grupe: vozila sa solarnim ćelijama, vozila sa gorivim ćelijama, vozila sa superkondenzatorima. Relativna složenost podele uzrokovana je različitim tehnološko-tehničkim rešenjima i pravcima razvoja ovih vozila.

#### 3. ENERGETSKA ELEKTRONIKA

Razvoj električnih vozila je u velikoj meri uslovljen razvojem energetske elektronike. Konstruktorima su, trenutno na raspolaganju snažni, pouzdani i sve jeftiniji elektronski sklopovi za upravljanje pogonskim uređajima vozila. Oni se, uglavnom, baziraju na snažnim IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistors*) tranzistorima, koji se koriste kao prekidački elementi. Konstruktivna rešenja sklopova energetske elektronike za pogon automobila zavise od vrste vozila.

##### 3.1. Energetska elektronika u vozilima sa čisto električnim pogonom

Električna vozila sa čisto električnim pogonom imaju relativno jednostavnu konfiguraciju. Pojednostavljena blok šema ovih vozila prikazana je na slici 1.



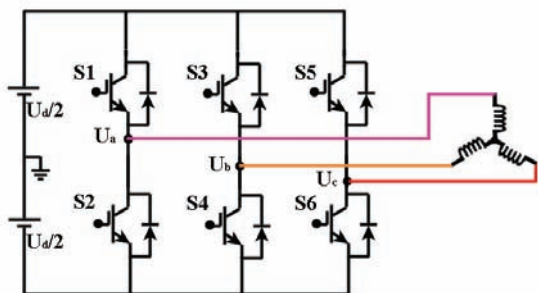
Slika 1. Blok šema električnih vozila

Elektromotorom, koji preko transmisije pogoni točkove vozila, upravlja kontroler preko elektronskog sklopa invertora, koji se napaja energijom iz sklopa baterija. U režimu regenerativnog kočenja motor radi kao generator i preko sklopa konvertora puni sklop baterija.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor prof. dr Vladimir Katić.

Za vozila kod kojih se kao pogon koristi asinhroni polifazni elektromotor inverter se realizuje kao DC/AC pretvarač jednosmernog u naizmenični napon. Tipična šema ovakvog invertora je prikazana na slici 2.

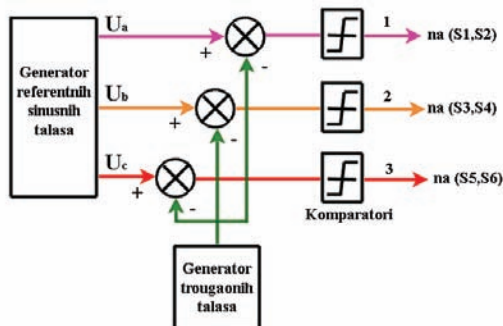


Slika 2. Invertor

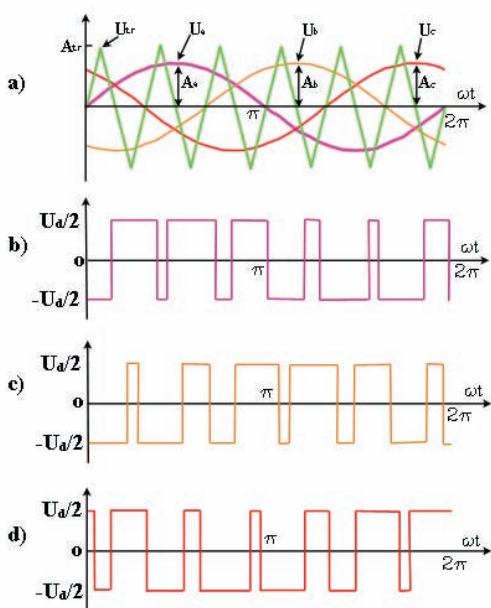
Upravljanje IGBT tranzistorskim prekidačima (S1-S6) može da se ostvari nekom od poznatih skalarnih ili vektorskih metoda.

Skalarna (U/f regulacija) se zasniva na promeni učestanosti i napona. Jedan od osnovnih nedostataka ove metode je neracionalno trošenje energije pri smanjenom opterećenju (zbog održavanja konstantnog fluksa).

Osnovni princip sinusne širinsko-impulsne PWM (*Pulse Width Modulation*) modulacije zasniva se na komparaciji referentnog, trofaznog, sinusnog napona sa posebno generisanim trougaono talsnim naponom (slike 3 i 4).



Slika 3. Blok šema PWM modulacije



Slika 4. Grafik signala: a) Referentni trofazni sinusni i trougaoni, b) napon faze a, c) napon faze b i d) napon faze c

U [1] su prikazani rezultujući signali iz komparatora koji su upravljački signali invertora.

Sa grafika je uočljivo da, u vremenskim intervalima kada je sinusni napon veći od trougaonog, komparator generiše signal koji uključuje odgovarajući prekidač u gornjoj grani invertora, uz istovremeno isključivanje njegovog para u donjoj grani. U vremenskim intervalima kada je napon sinusnog signala manji od trougaonog, komparatori uključuju u donjoj, a isključuju u gornjoj grani odgovarajuće IGBT prekidače.

Učestanost napona faza motora zavisi od učestanosti referentnog sinusoidnog napona.

Indeks modulacije je odnos amplituda referentnog i modulišućeg (trougaonog) napona:

$$m = \frac{A}{A_m} \quad (1)$$

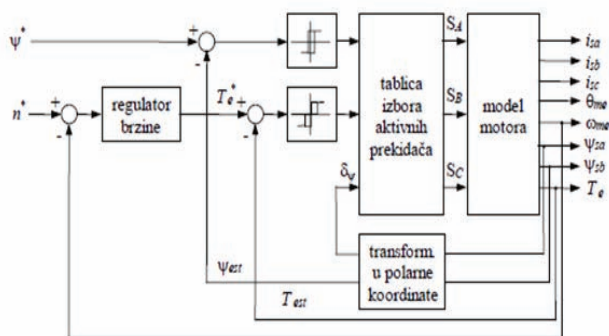
Efektivna vrednost izlaznog napona je u linearnoj zavisnosti od indeksa modulacije:

$$V_f = \frac{m \cdot V_d}{2 \cdot \sqrt{2}} \quad (2)$$

U praksi se često primenjuje modulacija metodom prostornih vektora (*Space Vector*). Za realizaciju ove metode neophodno je izvršiti Klarkove transformacije.

Vektorsko upravljanje pogonskim elektromotorima FOC (*Field Orientation Control*), u suštini, podrazumeva nezavisnu (rasprengnutu) kontrolu upravljanja fluksom i momentom motora. Efikasnije su od skalarnih metoda.

Relativno novija metoda rasprengnutog upravljanja je direktna kontrola momenta (*Direct Torque Control* – *DTC*). U [2] je predložena osnovna upravljačka struktura direktne kontrole momenta koja je prikazana na slici 5.

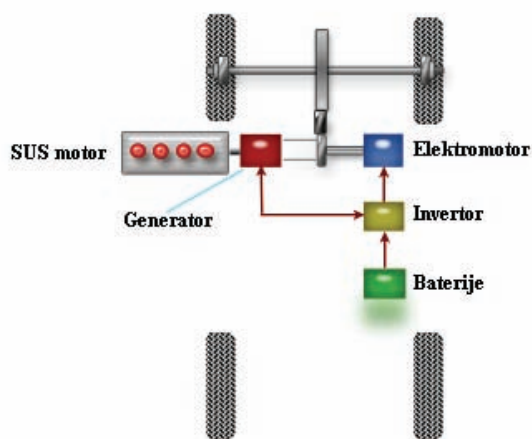


Slika 5. Blok šema osnove upravljanja DTC metodom

Stanja prekidača se određuju na osnovu estimiranih i referentnih vrednosti fluksa i momenta. DTC se realizuje primenom *Space Vector* modulacije i odlikuje se jednostavnošću i efikasnošću.

### 3.2. Energetska elektronika u hibridnim električnim vozilima

U zavisnosti od konfiguracije hibridna električna vozila (HEV) sadrže različite sklopove energetske elektronike. HEV kao osnovni pogonski motor koriste elektromotor. Tipična struktura vozila iz ove grupe sadrži izvor električne energije, koji preko invertora napaja pogonski elektromotor. U ovaj sistem se implementira pomoćni energetski uređaj, koji se vezuje sa pogonskim motorom paralelno, redno ili kombinovano. Jedna od mogućih kombinacija (paralelna) prikazana je na slici 6.



Slika 6. Blok šema HEV – paralelna sprega

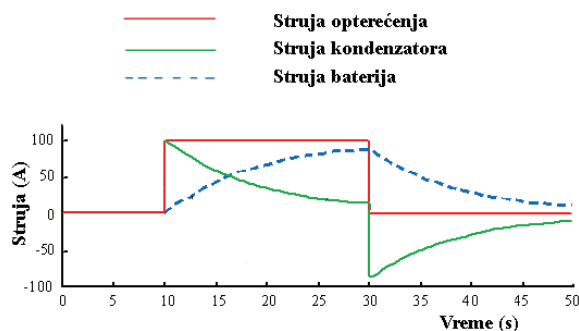
Kod ovih vozila je potrebno obezbediti preuzimanje energije sa implementiranih pomoćnih uređaja i njeno usmeravanje ka baterijama. Ovu ulogu preuzima sklop DC/DC konvertora.

### 3.3. Energetska elektronika u vozilima sa gorivom ćelijom

Napon gorive ćelije zavisi od opterećenja i može da opadne i do 50%. Pored toga, kod većine vozila se baterije međusobno vezuju formirajući visokonaponske DC sklopove, pa se goriva ćelija na DC distributivnu mrežu vozila priključuje preko podizача napona (DC/DC, *boost* konvertor). Kontrolni sistem za upravljanje strujom gorivne ćelije, kakav je predložen u [3], nadgleda stanje napunjenosti baterije (*SOC state-of-charge*) i upravlja procesom punjenja/praznjenja baterije i radom gorive ćelije.

### 3.4. Energetska elektronika u vozilima sa ultrakondenzatorom

Zbog osobine da u kratkom vremenskom intervalu mogu da oslobode ili skladište veliku količinu energije, ultrakondenzatori, pridodati baterijama kao sekundarni izvor energije, značajno poboljšavaju performanse električnih vozila, naročito pri naglim promenama opterećenja. Na slici 7 prikazan je grafik struja kondenzatora i baterija pri nagloj promeni struje opterećenja.



Slika 7. Režim rada baterije/ultrakondenzatora

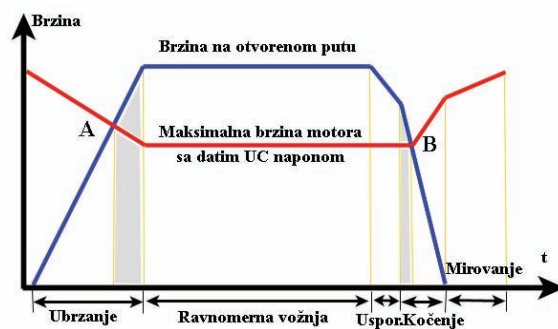
Sa grafikom (slika 7) je uočljivo da pri naglom porastu opterećenja, u početnom periodu, struju opterećenja obezbeđuje ultrakondenzator.

Sa baterijama (koje obezbeđuju energiju) ultrakondenzatori (koji obezbeđuju snagu sistemu) se

najčešće vezuju paralelno. Veza ultrakondenzatora na DC distributivnu mrežu se najčešće ostvaruje preko polumostnih pretvarača spuštača/podižača (*buck-boost* DC/DC konvertora).

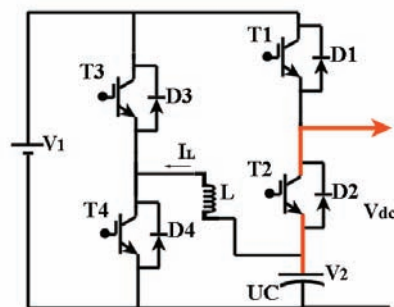
Kod manjih vozila, kao u primeru datom u [4], primenjuje se serijska veza ultrakondenzatora i baterija. Serijska veza, analizirana i u [5], je jednostavnija i jeftinija od paralelne.

Grafik napona ultrakondenzatora (crvena linija) u zavisnosti od promena brzine vozila u toku vremena prikazuje slika 8. Na prikazanom grafiku je uočljivo da ubrzanje vozila nakon tačke A dalje ne može da servisira energija UC (ultrakondenzator), pa se za dalje ubrzanje do maksimalne brzine uključuje sklop baterije. U uslovima gradske vožnje veći deo transfera energije se odvija na relaciji UC – elektromotor/generator, dok se razlika nadoknađuje iz baterija.



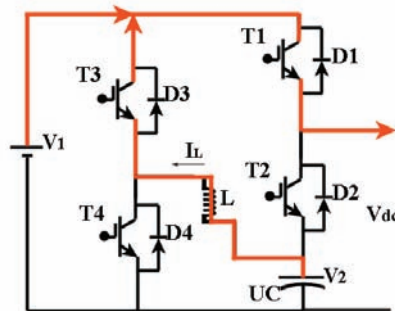
Slika 8. Napon UC u zavisnosti od brzine vozila

U toku ubrzanja i kočenja vozila (slika 9) konvertor povezuje UC na distributivnu mrežu sa ciljem emitovanja ili apsorbovanja energije.



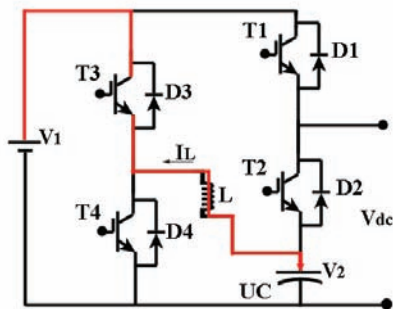
Slika 9. Stanje konvertora u toku ubrzanja vozila

U periodu od tačke A (slika 8) do postizanja ravnomerne brzine konvertor se nalazi u stanju koje je prikazano slikom 10.



Slika 10. Stanje konvertora u toku ubrzanja vozila uz sinergijsko delovanje UC i baterija

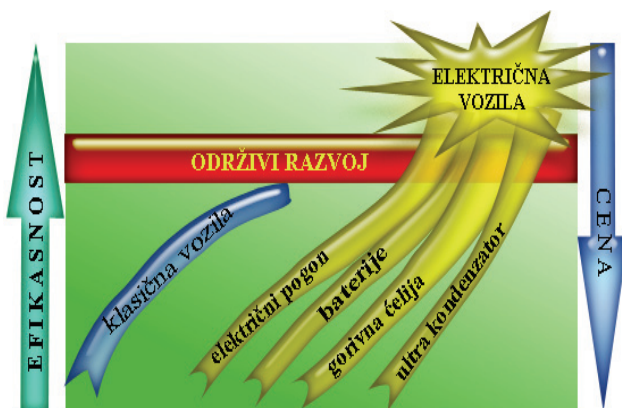
U periodu vožnje sa ravnomernom brzinom ultra kondenzator se dopunjava energijom iz baterija. DC/DC konvertor koji obezbeđuje ovo dopunjavanje se nalazi u stanju koje je prikazana na slici 11.



Slika 11. Stanje konvertora u toku ravnomerne vožnje.

#### 4. ZAKLJUČAK

Sudeći prema trenutnim svetskim trendovima sa velikom sigurnošću se nameće zaključak da električni automobili imaju obezbeđenu budućnost, zasnovanu na mnogobrojnim razlozima. Jedan od najznačajnijih je potreba zamene ograničenih i već ugroženih rezervi konvencionalnih goriva na bazi ugljovodonika. Faktor očuvanja životne sredine, takođe, značajno doprinosi optimističnom pogledu na perspektivu ovih vozila. Prema mnogobrojnim ekonomskim ispitivanjima predviđa se povećanje efikasnosti svih glavnih komponenti električnih i hibridnih električnih vozila uz istovremen pad cena. Ovo se ne odnosi na klasična vozila, čiji razvoj limitiraju zahtevi održivog razvoja. Slikovito, perspektive električnih vozila su prikazane slikom 12.



Slika 12. Perspektive električnih vozila

Vodeće svetske kompanije u proizvodnji automobila su prepoznale motive za razvoj ove grane auto industrije. Tako je američka kompanija, koja nosi naziv po slavnem srpskom naučniku Nikoli Tesli, *Tesla Motors*, proizvela sportski model *Tesla Roadster* (slika 13) električnog vozila koji pogoni 375V-ni AC motor maksimalne snage od 215 kW pri 5133 o/min. Maksimalna brzina mu je 201 km/h, a ubrzanje od 0 do 100 km/h dostiže za (impresivnih) 4 sekunde.



Slika 13. Električno vozilo Tesla Roadster

#### 5. LITERATURA

- [1] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Ali Emadi, "Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, Fundamentals, Theory, and Design", *Taylor and Francis Group, LLC, 2010*.
- [2] Aleksandar Nikolić, Borislav Jeftenić, "Upravljačke strategije u asinhronom pogonu sa strujnim inverterom", *Duga Holding A.D., Beograd, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2003*.
- [3] Phatiphat Thounthong, "Control of Fuel Cell/Battery Hybrid Source for Electric Vehicle Applications", *ECTI Transaction EEC, Pages 192 – 198, vol 5, No 2, 2007*.
- [4] Shane Colton, "A Simple Series Battery / Ultracapacitor Drive System for Light Vehicles and Educational Demonstration", *International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER09-104, MONACO, 2009*.
- [5] Shuai Lu, Keith A. Corzine and Mehdi Ferdowsi, "A New Battery/Ultracapacitor Energy Storage System Design and Its Motor Drive Integration for Hybrid Electric Vehicles", *IEEE Transactions On Vehicular Technology, vol. 56, No. 4, July 2007, Pages 1516-1523*.

#### Kratka biografija:



**Ivana Polić** rođena je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva pod nazivom "Uloga energetske elektronike u električnom pogonu automobila" odbranila je 2010.god.



**Prof. dr. Vladimir Katić** diplomirao je 1978. god. na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, a magistrirao 1981. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Doktorsku disertaciju odbranio je na Univerzitetu u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovan profesor Univerziteta u Novom Sadu na Fakultetu tehničkih nauka za oblast Energetska elektronika, mašine i pogoni.

**PRIMENA FUZZY LOGIKE U UPRAVLJANJU SISTEMOM TOPLOTNIH PUMPI SA GEOTERMIJOM****THE APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN THE CONTROL OF GEOTHERMAL HEATING PUMPS SYSTEM**Aleksandar Marić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu izvršeno je modelovanje i simulacija sistema geotermalnog grejanja sa toplotnim pumpama i poređenje standardnog načina upravljanja radom pumpi i upravljanje pomoću fuzzy kontrolera. Za modelovanje i simulaciju sistema korišćen je programski paket Matlab/SIMULINK.

**Abstract** – In this paper, geothermal heating system with a heating pumps were modeled and simulated. The comparison is made between a standard method of pumps operation control and a method which uses fuzzy controller. The system is modeled and simulated by using the software Matlab/SIMULINK.

**Ključne reči:** Geotermalno grejanje, Toplotne pumpe, Fuzzy logika, Fuzzy kontroler.

**1. UVOD**

Geotermalna energija je energija izdvojena iz toplote koja je akumulirana u zemlji. Reč geotermalna vodi poreklo od grčkih reči *geo* što znači zemlja i *thermos* što znači toplota. Geotermalna energija potiče od toplote akumulirane u zemljinom jezgri, radioaktivnog raspada minerala i solarne energije apsorbovane na površini. Ona je isplativa, pouzdana i ekološki čista [1].

Merenja pokazuju da je temperatura zemlje ispod izvesne dubine relativno konstantna tokom cele godine. To se događa zbog činjenice da se temperaturna kolebanja smanjuju sa povećanjem dubine zbog velike temperaturne inercije tla. Zbog toga, na dovoljnoj dubini, temperatura zemlje je uvek viša od spoljne temperature zimi, a niža od spoljne temperature leti. Razliku u temperaturama spoljašnjeg vazduha i zemlje moguće je iskoristiti kao razmenjivač toplote za grejanje zimi ili hlađenje leti [2]. Toplotne pumpe iskorišćavaju toplotu sunca akumuliranu u zemlji, vodi i vazduhu. Kako ove energije ima u neograničenim količinama, pumpa ima stalan izvor toplote, a grejanje stambenog prostora ne zavisi od gasa, struje, uglja ili drveta [3].

**2. TIPOVI EKSPLOATACIJE GEOTERMALNE ENERGIJE**

Postoje dva osnovna tipa za eksploataciju geotermalne energije: otvoren i zatvoren. U otvorenom sistemu, zemlja se može koristiti za direktno grejanje ili hlađenje medijuma koji se koristi za grejanje ili hlađenje prostora. Takođe, zemlja se može koristiti indirektno uz pomoć

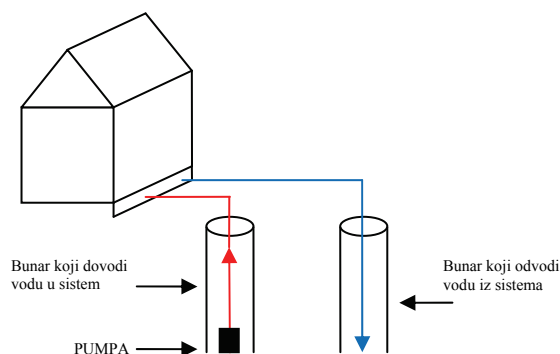
medijuma za prenos toplote koji cirkuliše u zatvorenom sistemu. Cevi razmenjivača toplote su napravljene od veoma otpornog materijala koji efikasno provodi toplotu. Proizvođači cevi koriste polietilen velike gustine. Garancija za ovaj materijal je 50 godina.

Tečnost u cevima je voda, ili antifriz koji je bezbedan za okolinu. Kod direktnog tipa grejanja koriste se bakarne cevi koje su ukopane u zemlju. Tečnost se pumpa kroz cevi, a bakar prenosi toplotu iz zemlje. Dužina cevi u zemlji zavisi od mnogih faktora kao što su tip konfiguracije cevi koje se postavljaju pod zemlju, potrebe objekta za energijom za grejanje i klimatizaciju, tipa tla, lokalne klime i dr. [2]

**2.1. Otvoren sistem**

Podzemne vode se takođe mogu iskoristiti za grejanje ili hlađenje. Mnoga područja imaju relativno visok nivo podzemnih voda, koje takođe imaju konstantnu temperaturu od 7°C do 12°C.

Za to je potrebno izbušiti dva bunara, gde jedan crpi podzemnu vodu i dovodi je do toplotne pumpe, a potom drugi vraća ohlađenu vodu u zemljište. Postavljaju se na većem razmaku kako bi se izbegli međusobni uticaji (Slika 1.) [4].



Slika 1. Primer otvorenog sistema

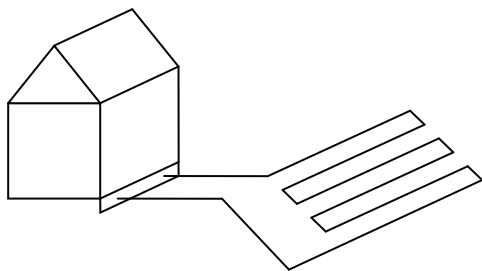
**2.2. Zatvoren sistem**

Kod zatvorenog sistema cevi se postavljaju pod zemlju bilo u horizontalnom, vertikalnom ili u kosom položaju. Medijum za prenos toplote cirkuliše u cevima i prenosi toplotu iz zemlje do toplotne pumpe.

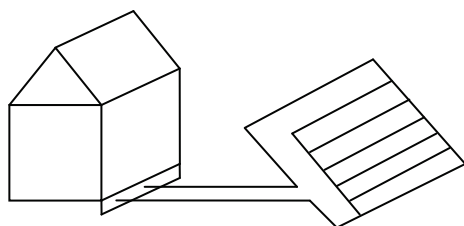
Na slici su prikazani serijski (Slika 2.) i paralelni (Slika 3.) oblik horizontalnog postavljanja cevi [5].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Filip Kulić, vanr. prof.



Slika 2. Serijski oblik postavljanja cevi



Slika 3. Paralelni oblik postavljanja cevi

Ova varijanta je uglavnom najisplativija tamo gde postoji adekvatan prostor u dvorištu jer se cevi veoma lako postavljaju. Cevi se postavljaju ispod zemlje na dubini od 1 do 2 metra u serijskom ili paralelnom obliku. Razmak između pojedinih delova cevi položenih u tlo približno je oko 50 cm, a ukupna površina ovog podzemnog kolektora mora biti barem dva puta veća od stambene površine koju želimo da zagrejemo crpljenjem toplote toplotnom pumpom. Optimalni odnos je 1:2,5 što znači da za stan od 100 m<sup>2</sup> u tlo treba položiti barem stotinak metara cevi tako da pokriju površinu od oko 250 m<sup>2</sup> [5].

Vertikalni oblik postavljanja cevi primenjuje se tamo gde postoji ograničen prostor. To je moguće zato što je temperatura zemljišta ispod određene dubine konstantna tokom cele godine. U bušotine, koje su najčešće dubine od 50 do 150 metara, postavljaju se cevi od polietilena, a prostor između cevi i rupe se popunjava odgovarajućim materijalom da bi se osigurao dobar kontakt između zemlje i cevi. Ako struktura tla onemogućava izvođenje dubokih bušotina, problem se rešava bušenjem nekoliko plićih sondi (npr. 20, 30 ili 50 metara), tako da njihova ukupna dužina omogućava prikupljanje potrebe količine podzemne toplote. Vertikalni oblik postavljanja je skuplji ali je potrebno manje cevi nego kod horizontalnog jer je temperatura zemlje u dubini toplija zimi, a hladnija leti u odnosu na površinsku temperaturu. Postoje dva osnovna tipa vertikalnog postavljanja, a to su:

- a) U-tip: Cevi se spuste u bušotinu savijene u obliku slova U. Medijum, koji cirkuliše, u cevi jednim krajem se spušta gde preuzima toplotu iz tla, a drugim krajem se vraća na površinu. Zbog male cene materijala od kojih su napravljene cevi, u jednu bušotinu se stavljaju dve ili čak tri U-cevi.
- b) Koncentrične ili koaksione cevi [5].

### 3. TOPLOTNA PUMPA

#### 3.1. Princip rada

Toplotna pumpa radi na istom principu kao i kuhinjski frižider – samo je proces obrnut jer se toplota iz okoline

iskorišćava za grejanje zatvorenog prostora. Toplotu iz zemlje preuzima medij koji kruži podzemnim cevima (ili kroz sondu). Ovako zagrejan stiže u toplotnu pumpu, gde predaje toplotu drugom (gasovitom) mediju u isparivaču (izmenjivaču toplote). Ovaj se zagreva, raste mu pritisak, a kompresor ga sabija u tečno stanje, pri čemu se dodatno podiže temperatura medija (npr. sa 3 ÷ 7 na 50 ÷ 70°C).

Ovako zagrejan medij odvodi se cevima do izmenjivača u velikom rezervoaru, gde toplotu predaje vodi (ili drugom mediju – npr. cevi podnog grejanja). Pritom se hladi i povratnim vodom vraća u toplotnu pumpu.

Kako je ceo sistem pod pritiskom koji u pojedinim koracima procesa dostiže i 15 bara, ovaj ohlađeni medij potiskuje se kroz ekspanzioni ventil nakon čega se širenjem naglo hladi (i do -3 °C) i ulazi u isparivač (izmenjivač toplote).

Zbog velike temperaturne razlike između medija zagrejanog toplotom zemljišta (8°C – 12°C) i ohlađenog gasovitog medija, u razmenjivaču toplote temperatura naglo prelazi na gasoviti medij i zagreva ga npr. do +3°C, pri čemu se gasu podiže pritisak. Nakon prisilnog sabijanja u kompresoru, temperatura dodatno raste do 50 ili 70°C, a tu toplotu medij predaje vodi u izmenjivaču (kondenzatoru) u velikom rezervoaru. Proces se zatim kružno ponavlja [4].

#### 3.2. Učinak pumpe (COP - coefficient of performance)

Za izdašnu proizvodnju toplote pomoću kompresora sa elektromotorom, pumpa koristi električnu energiju. Međutim, u ukupnom energetsom bilansu, električna energija čini tek manji deo. Zato pumpe razlikujemo po brojki kojom je označena efikasnost: brojka 4 ili 5 označava da smo dobili četiri ili pet puta više toplotne energije nego što je utrošeno za pogon kompresora. Učinak zavisi od vrste toplotnog izvora (zemlja, voda, vazduh) i snage pumpe, npr. broj 5 znači da smo sa jednim kilovatčasom električne energije proizveli pet kilovatčasnova iskoristive toplotne energije, a to je učinak kakvim se ne može pohvaliti ni jedan kotao centralnog grejanja [5].

### 4. FUZZY LOGIKA

Fuzzy logika kao koncept je puno prirodniji nego što se na prvi momenat misli. Naime, postoje situacije u kojima nije moguće znanje o sistemu reprezentovati na apsolutno precizan način. Za razliku od klasične binarne logike, gde binarni skup ima binarnu logiku, promenljive u fuzzy logici mogu da pripadaju vrednostima koje nisu samo 0 ili 1 – to je stepen pripadnosti skupu koji može da uzima vrednosti u opsegu između 0 i 1, i nije ograničen na samo dve istinite vrednosti kao kod klasične binarne logike. Fuzzy logika nastala je kao posledica predloga teorije fuzzy skupova Lotfi Zadeh-a. Iako je fuzzy logika našla svoju primenu u raznim oblastima, od teorije upravljanja do veštačke inteligencije, i dalje ostaje kontradikcija između statističarima koji preferiraju Bajesovu logiku i nekim inženjerima upravljanja koji više vole klasičnu binarnu logiku [7].

#### 4.1. Fuzzy skup

Fuzzy skup je skup čiji su elementi stepeni pripadnosti skupu. Fuzzy skupove je uveo Lotfi A. Zadeh 1965.

godine kao proširenje klasičnog pojma skupa. U klasičnoj teoriji skupova pripadnost elemenata skupu se ocenjuje u binarnom smislu prema bivalentnom uslovu tj. element ili pripada ili ne pripada skupu. Nasuprot tome, teorija fuzzy skupova dozvoljava postepenu procenu pripadnosti elemenata skupu; ovo je opisano uz pomoć funkcije pripadnosti koja vrednuje pripadnost skupu u interval realnih vrednosti [0, 1]. Teorija fuzzy skupova se može koristiti u širokom spektru oblasti u kojima su informacije nepotpune ili neprecizne.

Stepen pripadnosti skupu i verovatnoća u opsegu između 0 i 1 na prvi pogled izgledaju slično. Međutim oni se razlikuju konceptualno; stepen pripadnosti skupu predstavlja članstvo u nejasno definisanim skupovima, a ne verovatnoću nekog događaja ili stanje, kao u teoriji verovatnoće. Na primer, neka čaša od 100 ml sadrži 30 ml vode. Tada možemo razmatrati dva koncepta: prazno ili puno. Značenje svakog od njih može da se predstavi u određenom fuzzy skupu. Tada se jedan može definisati tako da je čaša 0,7 prazna i 0,3 puna. Treba imati na umu da će koncept praznine biti subjektivan i zavisiće od posmatrača ili dizajnera. Drugi dizajner može da napravi podjednako dobar skup funkcija pripadnosti gde bi se čaša smatrala punom za sve vrednosti ispod 50 ml. Bitno je shvatiti da fuzzy logika koristi stepen pripadnosti skupu kao matematički model neodređenih pojava dok je verovatnoća matematički model slučajnosti [8].

## 5. MODEL SISTEMA I SIMULACIJA

U ovom radu modelovan je geotermalni sistem otvorenog tipa (Slika 4.). Sistem se sastoji od pet bunara, toplotne pumpe i zgrade koja se greje. Četiri bunara crpe vodu iz zemlje, a peti je vraća nazad. U zavisnosti od spoljne temperature određuje se koliko će od ta četiri bunara biti u funkciji, na sledeći način:

- ako je spoljna temperatura niža od 5 °C radiće sva četiri bunara,
- ako je spoljna temperatura između 5 °C i 10 °C radiće tri bunara,
- ako je spoljna temperatura između 10 °C i 13 °C radiće dva bunara i
- ako je spoljna temperatura između 13 °C i 18 °C radiće jedan bunar[6].

Od broja bunara koji su u funkciji zavisi brzina protoka geotermalne vode. Protok vode u svakom bunaru je 30 kg/s.

### 5.1. Model bunara

Sa  $T_{gi}$  označena je temperatura geotermalne vode izražena u °C, a sa  $m_g$  je označen protok izražen u kg/s. Temperatura vode koja se vraća nazad u zemlju označena je sa  $T_{gout}$ , a izračunata je na sledeći način:

$$T_{gout} = T_{gi} - \frac{Q_g}{m_g \cdot c_p},$$

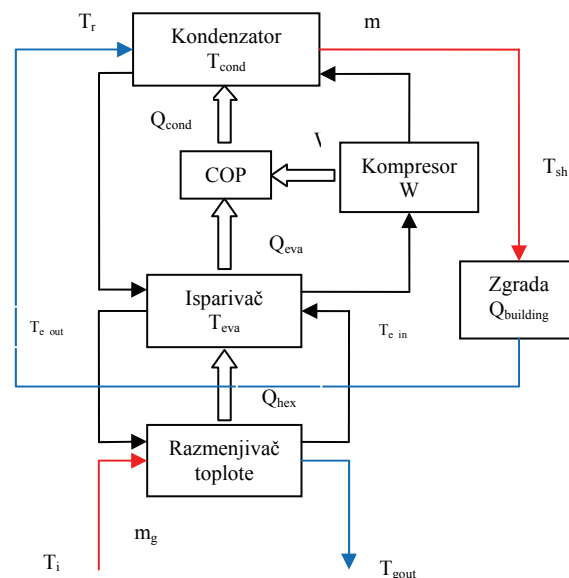
gde je  $Q_g$  toplota geotermalnog fluida izražena u kW, a  $c_p$  je specifična toplotna kapacitivnost fluida.

### 5.2. Model objekta

Toplotne potrebe zgrade  $Q_{building}$  [kW] računaju se po formuli

$$Q_{building} = kl \cdot (T_i - T_o),$$

gde je  $kl$  koeficijent prenosa toplote objekta izražena u kW/°C,  $T_i$  željena unutrašnja temperatura izražena u °C, a  $T_o$  spoljna temperatura u °C.



Slika 4. Model sistema

### 5.3. Model toplotne pumpe

Toplotna pumpa se sastoji iz razmenjivača toplote (Heat exchanger), isparivača (Evaporator), kondenzatora (Condenser) i kompresora (Compressor). Količina prenosa toplote kondenzatora  $Q_{cond}$  i isparivača  $Q_{eva}$  računaju se sledećim jednačinama:

$$Q_{cond} = m \cdot c_p \cdot (T_{sh} - T_r)$$

$$Q_{eva} = m_w \cdot c_p \cdot (T_{e in} - T_{e out}),$$

gde je  $T_{sh}$  temperatura vode koja izlazi iz toplotne pumpe,  $T_r$  temperatura vode koja se vraća u toplotnu pumpu,  $m$  protok vode koja izlazi iz pumpe,  $m_w$  protok vode između isparivača i razmenjivača toplote,  $T_{e in}$  temperatura fluida koji ulazi u isparivač i  $T_{e out}$  temperatura fluida koji izlazi iz isparivača.  $T_{e in}$  i  $T_{e out}$  računaju se kao:

$$T_{e in} = T_{gi} - 2$$

$$T_{e out} = T_{gout} - 3$$

$T_r$  se računa sledećim izrazom:

$$T_r = T_i + \frac{T_{sh} - T_i}{\exp \left( \frac{(T_{sh} - T_r) \left( 1 - \frac{1}{R} \right) \ln \left( \frac{T_{sh} - T_{ig}}{T_{sh} - T_r} \right)}{\left( \frac{m}{m_g} \right)^{\frac{1}{R}}} \right)},$$

a  $m$  se računa

$$m = Q_{building} \cdot \frac{\text{heating\_load}}{c_p \cdot (T_{sh} - T_r)}.$$

Količina prenosa toplote kompresora računaju se kao:

$$W = Q_{cond} - Q_{eva}.$$

Učink pumpa  $COP$  dobija se na sledeći način:

$$COP = \frac{Q_{cond}}{W} \text{ ili}$$

$$COP = \frac{T_{cond}}{T_{cond} - T_{eva}},$$

gde su :

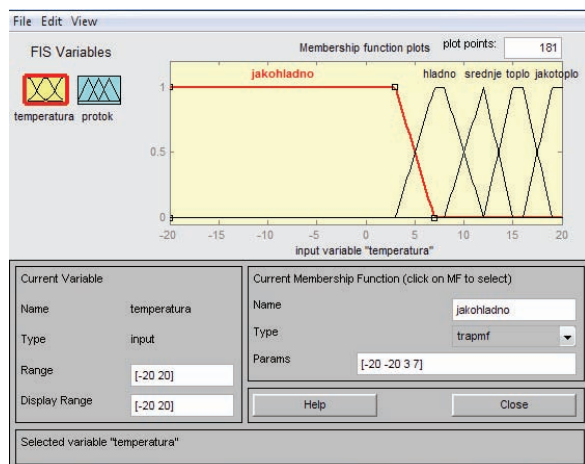
$$T_{cond} = T_{sh} + 3$$

$$T_{eva} = T_{e out} - 2.$$

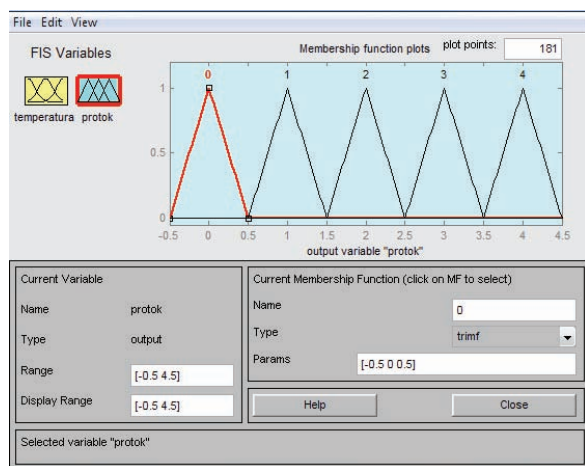
### 5.4. Fuzzy kontroler

Fuzzy kontroler modelovan je u Fuzzy logic toolbox-u programskog okruženja Matlab. Kontroler vrši kontrolu

protoka geotermalne vode u sistemu. Funkcije pripadnosti skupu prikazane su na slikama 5 i 6.



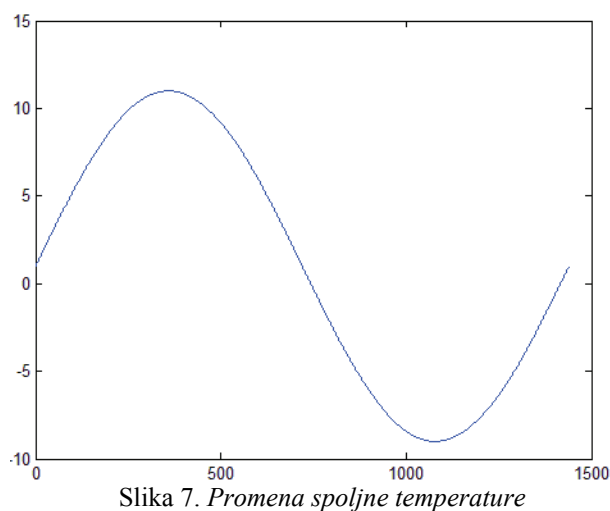
Slika 5. Ulazne funkcije pripadnosti



Slika 6. Izlazne funkcije pripadnosti

### 5.5. Simulacija i rezultati

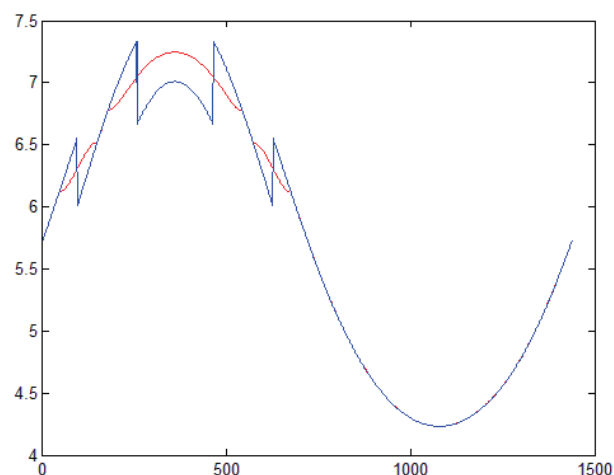
Simulacija sistema je odrađena u programskom okruženju Matlab/SIMULINK. Simuliran je sistem bez fuzzy regulatora i sistem sa fuzzy regulatorom. Kao simulacija spoljne temperature uzet je signal prikazan na slici 7.



Slika 7. Promena spoljne temperature

Signal simulira promenu temperature tokom jednog dana, a merenje se vrši posle jednog minuta.

Za takvu vrednost temperature dobijene vrednosti koeficijenta efikasnosti pumpe (COP) sistema sa i bez fuzzy regulatora prikazane su na slici 8. Crvenom bojom označena je vrednost COP pumpe za sistem sa fuzzy regulatorom, a plavom za sistem bez fuzzy regulatora.



Slika 8. Uporedni prikaz vrednosti COP sistema

Kada se izračunaju prosečne vrednosti COP-a pumpi oba sistema dobijaju se sledeće vrednosti: prosečna vrednost COP za sistem bez fuzzy regulatora je 5,6738, a za sistem sa fuzzy regulatorom je 5,6981.

## 6. LITERATURA

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal\\_power](http://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_power)
- [2] Georgios Florides, Soteris Kalogirou, Ground heat exchangers - A review of systems, models and applications, <http://www.sciencedirect.com>
- [3] Leyla Ozgener, Arif Hepbasli, Ibrahim Dincer, "A key review on performance improvement aspects of geothermal district heating systems and applications", <http://www.sciencedirect.com>
- [4] <http://www.vaillant.rs/>
- [5] Onder Ozgener, Arif Hepbasli, "Modeling and performance evaluation of ground source (geothermal) heat pump systems", <http://www.sciencedirect.com>
- [6] Nurdan Yildirim, Macit Toksoy, Gulden Gokcen, District heating system design for a university campus, <http://www.sciencedirect.com>
- [7] [http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy\\_logic](http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic)
- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzification>

### Kratka biografija:



**Aleksandar Marić** rođen je u Senti 19.01.1984. godine. Osnovnu školu „Sever Đurkić“ u Bečeju završio je 1998. godine nakon koje je upisao gimnaziju takođe u Bečeju. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2002. godine

## REALIZACIJA REGULATORA RASPLINUTE LOGIKE, ZA ODREĐENE DELOVE POGONA, U PROCESU PROIZVODNJE MINERALNIH ĐUBRIVA

### REALIZATION OF FUZZY LOGIC CONTROLLER FOR SPECIFIC PARTS OF FACILITY IN MINERAL FERTILIZER PRODUCTION PROCESS

Olivera Tošić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazana su rešenja upravljanja određenim delovima pogona u procesu proizvodnje mineralnih đubriva. Kao referentni je korišćen pogon fabrike za proizvodnju mineralnih đubriva "Fertil" u Bačkoj Palanci. Softver je napisan u programskom paketu MATLAB.

**Abstract** – This study is illustrating solutions for managing specific parts of facility in mineral fertilizer production process. Facility of factory for mineral fertilizer production "Fertil" in Backa Palanka has been used as a reference. The softver has been written in program MATLAB.

**Ključne reči:** Mineralno đubrivo, MATLAB, Fuzzy logika

#### 1. UVOD

Proizvodnja, kakva je danas poznata, nastala je zahvaljujući industrijskoj revoluciji u 18. veku. Od tada do danas ideja je ostala ista, dok su se organizaciona sredstva i tehnike za upravljanje proizvodnjom promenile. Vremenom je postalo jasno da se kod jedne klase procesa željeni krajnji ishod može postići ako se neki parametri (temperatura, pritisak, nivo, protok i slično) održavaju konstantnim [1]. Tako je došlo do pronalaska regulatora – uređaja koji poredi vrednost neke veličine na procesu sa zadatom vrednosti i na osnovu toga generiše upravljačku akciju kojom se ta vrednost održava na zadanom (referentnom) nivou.

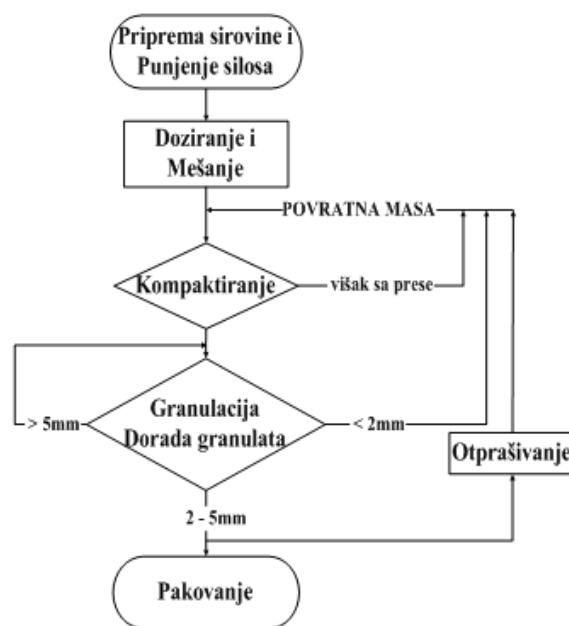
Do danas su razvijane mnoge tehnike projektovanja kontrolera koje bi trebalo da omoguće jasnu metodologiju za ostvarivanje željenih performansi i specifikacija koje kontroler treba da ispuni. Regulator rasplinite logike (fuzzy regulator) je regulator koji vrši preslikavanje ulaza u izlaze korišćenjem fuzzy logike [2].

#### 2. PROCES PROIZVODNJE MINERALNIH ĐUBRIVA SISTEMOM KOMPACTIRANJA

Mineralna đubriva su neorganske materije, prirodnog ili industrijskog porekla, koje sadrže biogene elemente neophodne za ishranu biljaka. Đubriva se uglavnom proizvode u čvrstom stanju pomoću nekoliko metoda granuliranja, a jedna od njih jeste - granuliranje compactiranjem. Ova tehnologija je u suštini suv proces kojim se praškasti materijal prevodi u krupniju formu pomoću visokog

pritiska, ostvarenog unutar kompaktora sa valjcima. Proizvodnja mineralnog đubriva sastoji se od sedam celina (Slika 1) :

1. Priprema sirovine i punjenje silosa
2. Doziranje i mešanje
3. Compactiranje
4. Upravljanje povratnom masom
5. Obrada granulata – granulacija i dorada granulata
6. Pakovanje
7. Otprašivanje



Slika 1. Šema proizvodnje

#### 3. RASPLINUTA (FUZZY) LOGIKA

Rasplinita (fuzzy) logika predstavlja proširenje klasične logike, jer se ljudi često u opisivanju činjenica služe jezikom koji je neprecizan, nejasan i oblikovan atributima stepenaste pripadnosti. Cilj fuzzy pristupa je da, umesto da jezikom matematike pokuša da što bolje reši problem upravljanja sistemom, omogući implementaciju inženjerskog iskustva o procesu u sam algoritam kontrolera.

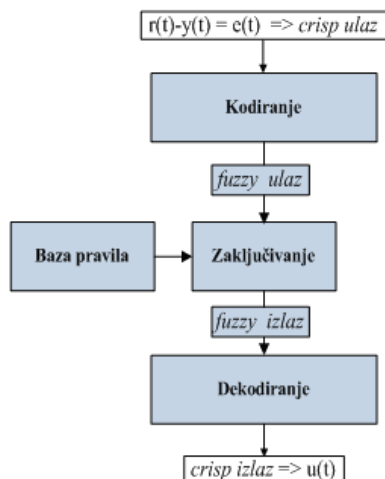
##### 3.1. Fuzzy kontroler

Na fuzzy kontroler treba gledati kao na veštačkog donosioca odluke koji radi u sistemu sa zatvorenom spregom u realnom vremenu. On "sakuplja" podatke izlaza procesa, upoređuje ih sa referencom i onda na način svojstven fuzzy logici "odlučuje" šta u tom trenutku treba

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Filip Kulić, van.prof.

da bude ulaz procesa (Slika 2.), i to tako da se zadovolje željene performanse i zadati ciljevi specifikacije.



Slika 2. Način odlučivanja fuzzy kontrolera

Fuzzy Logic Toolbox, u okviru programskog paketa MATLAB, je alat koji omogućava stvaranje i editovanje fuzzy kontrolera [3].

#### 4.SOFTVERSKO REŠENJE ZADATKA

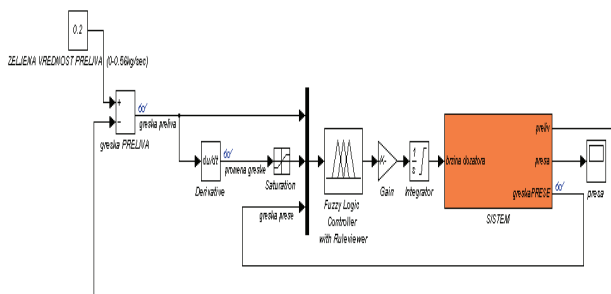
Za rešavanje problema, koji se javljaju u procesu proizvodnje mineralnih đubriva, prave se modeli u okviru Matlab-ovog paketa *Simulink*, "podeljeni" na dve celine. Prva celina predstavlja objekat upravljanja (sistem), dok je druga celina fuzzy kontroler, koji treba da obezbedi željenu vrednost upravljane veličine.

##### 4.1. Regulisanje količine preliva ispred prese

Materijal za presu dolazi iz 4 izvora: sa vibro dozatora, sa preliva, sa sita (Velike Nijagare) i iz otprašivanja. Da bi presa ispravno radila mora se snabdevati tačno određenom količinom materijala.

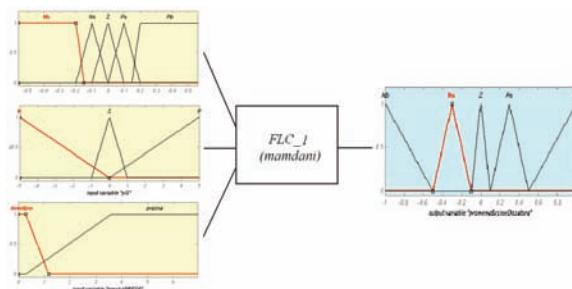
Ako do prese dolazi više materijala nego što može da bude obrađeno, višak se šalje nazad u povratni bunker preko kog se ponovo vraća ka presi. Višak materijala se meri meračem protoka. Količina povratne mase direktno određuje količinu mase koja se dozira iz glavnog toka materijala.

Da bi se uspostavila regulacija količine preliva ispred prese, stavlja se fuzzy kontroler za upravljanje brzinom puža dozatora. Simulacioni model sistema za regulaciju, sa fuzzy kontrolerom, prikazan je na Slika 3.



Slika 3. Simulacioni model sistema za regulaciju sa fuzzy kontrolerom

Fuzzy kontroler sadrži tri ulaza (greška preliva - "G", promena greške - "pG", greška prese - "greskaPRESE") i jedan izlaz (promena brzine dozatora - "promenaBrzineDozatora"), Slika 4.



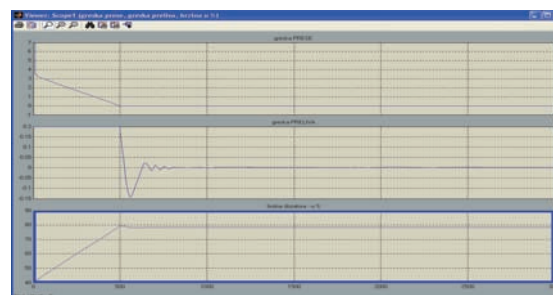
Slika 4. Fuzzy kontroler

Uzimajući u obzir broj ulaza, broj funkcija pripadnosti i ograničenja vezana za ovaj deo procesa, baza znanja sadrži 12 pravila, na osnovu kojih se određuje upravljački signal (Slika 5.):

1. If (greskaPRESE is prazna) then (promenaBrzineDozatora is Pb) (1)
2. If (G is Ns) and (pG is Z) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ns) (1)
3. If (G is Ns) and (pG is N) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ns) (1)
4. If (G is Ns) and (pG is P) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Z) (1)
5. If (G is Ps) and (pG is N) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Z) (1)
6. If (G is Ps) and (pG is Z) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ps) (1)
7. If (G is Ps) and (pG is P) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ps) (1)
8. If (G is Pb) and (pG is Z) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Pb) (1)
9. If (G is Pb) and (pG is P) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ps) (1)
10. If (G is Pb) and (pG is N) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Z) (1)
11. If (G is Nb) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Nb) (1)
12. If (G is Z) and (pG is Z) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Z) (1)

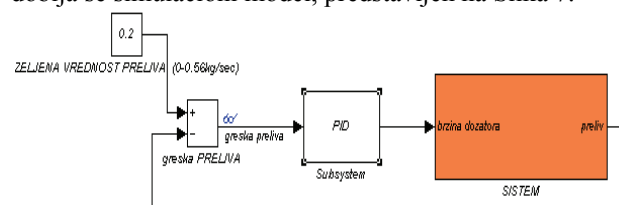
Slika 5. Fuzzy pravila odlučivanja

Primenom ovakvog fuzzy kontrolera obezbeden je kontinualni dotok potrebne količine materijala do valjaka prese (Slika 6.-prvi red), i postignuto je regulisanje željene vrednosti preliva, sa nešto većim preskokom i minimalnim greškama u stacionarnom stanju (Slika 6.-drugi red).



Slika 6. Rezultat simulacije

**PID regulator** predstavlja najčešće korišćen algoritam upravljanja primenjen u industriji. U praksi se najčešće primenjuje PI regulator jer D dejstvo nije uvek neophodno, a i nije ga jednostavno podesiti. Postavljanjem PID-a, umesto fuzzy kontrolera (Slika 3.), dobija se simulacioni model, predstavljen na Slika 7.

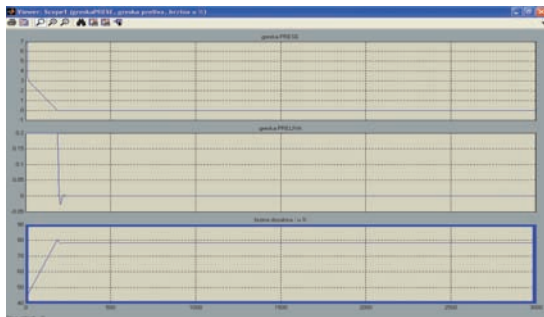


Slika 7. Simulacioni model sistema za regulaciju sa PID regulatorom

Da bi se podesili parametri PID regulatora uzima se najčešće korišćen postupak - Ziegler-Nichols-ova metoda [4]. Pojačanja dobijena na ovaj način ne daju sasvim zadovoljavajuće rezultate, za dati sistem, pa se zato dodatno dorađuju i ručnim podešavanjem.

Na ovaj način dobijene su vrednosti parametra PI regulatora ( $P=0.15$ ,  $I=0.01$ ,  $D=0$ ) kojim se ostvaraju zadovoljavajući rezultati.

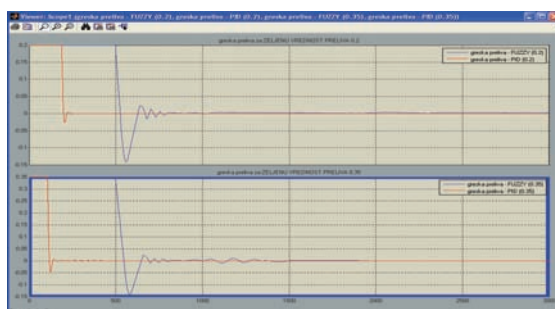
Primenom ovakvog PI regulatora obezbeđen je kontinualni dotok potrebne količine materijala do valjaka prese (Slika 8.-prvi red), i postignuto je traženo regulisanja, u pogledu održavanja željene vrednosti preliva (Slika 8.-drugi red).



Slika 8. Rezultat simulacije

Poređenjem dobijenih rezultata, za oba načina upravljanja, zaključuje se da je upotrebom fuzzy i PI regulatora moguće održavanje kontinualnog dotoka potrebne količine materijala do valjaka prese, ali da se upotrebom PI-a uspostavlja brže i tačnije održavanje željene vrednosti preliva, u odnosu na fuzzy kontroler.

Na Slika 9. prikazano je poređenje greški, za različite željene vrednosti preliva. Plava linija prikazuje grešku prilikom upotrebe fuzzy kontrolera, a crvena prilikom upotrebe PI regulatora.



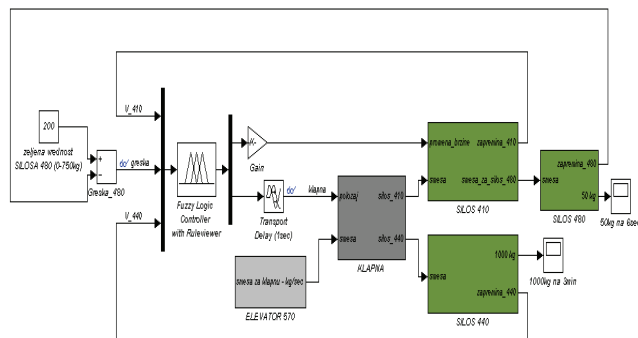
Slika 9. Poređenje greški, za različite željene vrednosti preliva

#### 4.2. Upravljanje brzinom rotacione zaustave i položajem klapne u pakeraju

Mineralno đubrivo se u pogon za pakovanje preko elevatora doprema do klapne, koja u zavisnosti od položaja pristigli materijal smešta u jedan od silosa.

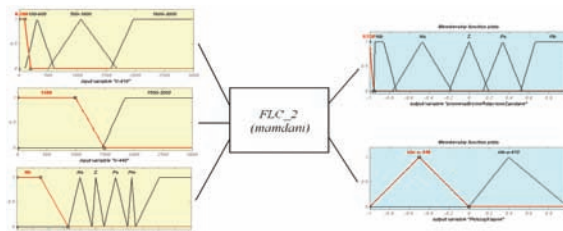
Klapna u položaju A - vodi do silosa zapremine 8000 kg, odakle se proizvod pakuje u Big-Beg vreće kapaciteta 1000 kg.

Klapna u položaju B - vodi do silosa zapremine 8000 kg. Na izlazu iz ovog silosa nalazi se rotaciona zaustava kojom je omogućeno ravnomerno doziranje gotovog proizvoda i održavanje željene težine silosa zapremine 800 kg, iz kog se pakuju džakovi kapaciteta 40 kg i 50 kg. Da bi se izvršilo automatsko upravljanje brzinom rotacione zaustave i pozicijom klapne u pakeraju stavlja se fuzzy kontroler. Simulacioni model sistema za upravljanje, sa fuzzy kontrolerom, prikazan je na Slici 10.



Slika 10. Simulacioni model sistema za upravljanje sa fuzzy kontrolerom

Fuzzy kontroler se sastoji od tri ulaza (zapremina materijala silosa 410 - "V-410", greška zapremine materijala silosa 480 - "greska-480", zapremina materijala silosa 440 - "V-440") i dva izlaza (promena brzine rotacione zaustave - "promenaBrzineRotacioneZaustave", položaj klapne - "PoložajKlapne"), Slika 11.



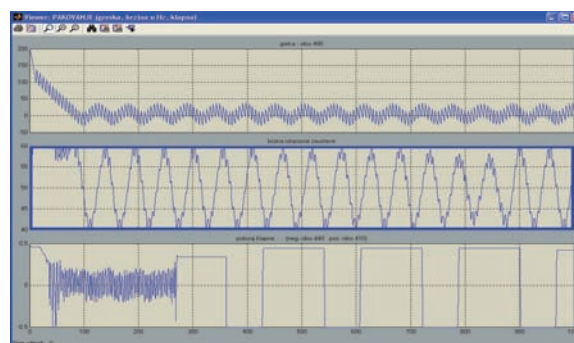
Slika 11. Fuzzy kontroler

Uzimajući u obzir broj ulaza, broj funkcija pripadnosti i ograničenja vezana za ovaj deo procesa, baza znanja sadrži 12 pravila, na osnovu kojih se određuje upravljački signal (Slika 12.):

1. If (greskaPRESE is prazna) then (promenaBrzineDozatora is Pb) (1)
2. If (G is Ns) and (pG is Z) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ns) (1)
3. If (G is Ns) and (pG is N) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ns) (1)
4. If (G is Ns) and (pG is P) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Z) (1)
5. If (G is Ps) and (pG is N) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Z) (1)
6. If (G is Ps) and (pG is Z) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ps) (1)
7. If (G is Ps) and (pG is P) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ps) (1)
8. If (G is Pb) and (pG is Z) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Pb) (1)
9. If (G is Pb) and (pG is P) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ps) (1)
10. If (G is Pb) and (pG is N) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Z) (1)
11. If (G is Ns) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Ns) (1)
12. If (G is Z) and (pG is Z) and (greskaPRESE is dovoljno) then (promenaBrzineDozatora is Z) (1)

Slika 12. Fuzzy pravila odlučivanja

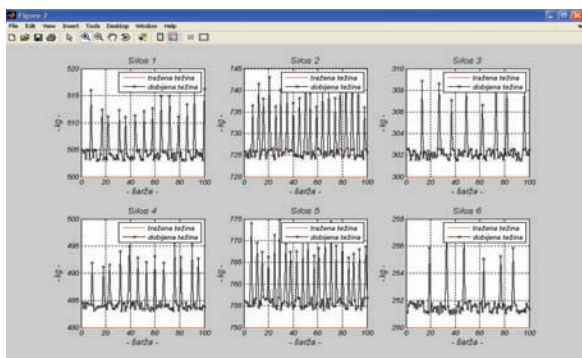
Primenom fuzzy kontrolera postignut je zadovoljavajući kvalitet upravljanja, u pogledu postavljanja položaja klapne (Slika 13.-treći red), kao i zadavanja brzine rotacione zaustave (Slika 13.-drugi red), a samim tim i održavanje nivoa silosa 480 na zadatoj vrednosti (Slika 13.-prvi red).



Slika 13. Rezultat simulacije

### 4.3. “Intelligentno” doziranje

Kod standardnog doziranja operater u startu zadaje težine na kojima se dozatori gase i te težine ostaju fiksne, tj. njihove vrednosti se ne menjaju iz šarže u šaržu. Na Slika 14. crvenom linijom prikazane su tražene, a crnom izdozirane količine materijala za svaki silos.



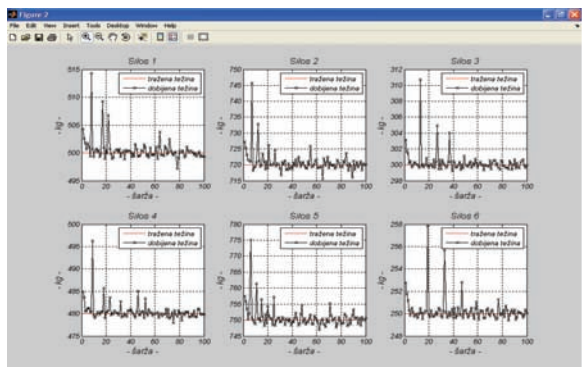
Slika 14. Prikaz tražene i dobijene količine materijala za svaki silos

Da bi doziranje bilo što tačnije potrebno je vršiti preračunavanje težina, na kojima se dozatori gase, za svaku šaržu. Ovakav vid doziranja naziva se “intelligentno” doziranje.

Algoritmom “intelligentnog” doziranja proverava se koji od silosa treba dopuniti. Na osnovu tog podatka postavlja se ventil datog silosa u otvoreni položaj; u suprotnom, svi ventili su zatvoreni. U zavisnosti od položaja ventila svaki dozator dobija informaciju koliko kg. ranije treba da se zaustavi, u odnosu na težinu predviđenu receptom. Ukoliko je ventil zatvoren vrednost se uzima iz tabele kolikoranije6\_0, a u suprotnom iz tabele kolikoranije5\_1. Ako su ventili kod svih silosa zatvoreni, u datoj šarži, vrši se doziranje (6+0). Ako je bar jedan ventil otvoren doziranje je (5+1) - tada se prvo vrši doziranje silosa koji se ne puni, a tek zatim silosa koji se prethodno punio.

Nakon svakog doziranja vrši se računanje vrednosti tabele kolikoranije6\_0 i kolikoranije5\_1, za narednu šaržu. Prethodna vrednost, iz određene tabele, uveća se za grešku doziranja trenutne šarže (razlika dobijene i tražene količine), pomnoženu sa parametrom adaptacije:  $\text{kolikoranijeNOVO} = \text{kolikoranijeSTARO} + (\text{parametar\_adaptacije} * \text{greska})$ ;

Upotrebom ovakvog vida doziranja dobijaju se rezultati prikazani na Slika 15.



Slika 15. Prikaz tražene i dobijene količine materijala za svaki silos

Na osnovu rezultata, prikazanim na Slika 14 i Slika 15, izračunate su prosečne greške doziranja svakog silosa, u

toku jedne šarže izražene u procentima, kao i njihova srednja vrednost, za oba načina doziranja. Poređenjem ovih srednjih vrednosti zaključuje se da se uvođenjem “intelligentnog” doziranja dobija 6.671 puta veća preciznost, u odnosu na način doziranja bez korišćenja ovog algoritma.

### 5. ZAKLJUČAK

U fabrici “Fertil” trenutno ne postoji algoritam za kontrolisanje količine preliva ispred prese, zbog složenosti ovog dela pogona i vremenskog kašnjenja transportnog puta. U radu je dat pregled mogućeg koncepta intelligentnog upravljanja nad tim delom pogona, zasnovan na primeni fuzzy logike. Sistem je zatim poređen sa drugim algoritmom upravljanja – PID regulatorom. Na osnovu dobijenih rezultata zaključak je da se uvođenjem fuzzy kontrolera može uspostaviti regulacija nad količinom preliva, ali da se bolji, odnosno tačniji rezultati dobijaju upotrebom PI regulatora.

Primena fuzzy kontrolera se uspešno pokazala u pogonu za pakovanje. Njegovom primenom postignuto je automatsko pomeranje klapne, što je rezultiralo neprekidno pakovanje “Big-Bag” vreća i džakova, a regulisanjem brzine rotacione zaustave uspostavilo se održavanje nivoa silosa na zadatoj vrednosti.

Realizovanjem algoritma “intelligentnog” doziranja materijala, za dva režima rada, uspešno je zamenjeno praćanje i ručno unošenje potrebnih parametara od strane operatera. “Intelligentnim” doziranjem obezbeđena je automatska kontola i upravljanje, što je dovelo i do minimalne greška doziranja.

U ovom radu prikazan je skup novina u samom procesu upravljanja, gde je uticaj čoveka sveden na minimum. Ovakav način upravljanja nalazi primenu, ne samo u procesu proizvodnje mineralnog đubriva, već i u svim sličnim industrijskim postrojenjima.

### 6. LITERATURA

- [1] S. Turajlić, “Upravljanje industrijskim procesima”, Beograd 2008.
- [2] J.G. Ziegler, N.B. Nichols, “Optimum settings for automatic controllers”, Transactions of the ASME, November 1942, pp 317-322.
- [3] S.N. Sivanandam, S. Sumathi, S.N. Deepa, “Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
- [4] J. Jantzen, “Tuning Of Fuzzy PID Controllers”, Technical University of Denmark, report 98-H 871, 30 Sep 1998.

### Kratka biografija:



**Olivera Tošić** rođena je u Senti 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranila je 2010.god.

## IMPLEMENTACIJA PRIMENE SKUPA PRAVILA KORIŠĆENJA LOZINKI U DMS SISTEMU

### IMPLEMENTATION OF PASSWORD POLICY WITHIN DMS SYSTEM

Marko Lukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu su analizirani postojeći zahtevi politike lozinke na osnovu kojih je formiran predlog politike koja bi se primenila u okviru DMS sistema. Ovako oformljen predlog implementiran je u vidu dinamičke biblioteke koja podatke smešta u bazu. Za potrebe provere ispravnosti funkcionisanja biblioteke implementirana je konzolna test klijent aplikacija pomoću koje se simulira spoljno okruženje u kojem će se biblioteka naći i ovako istestirano repšenje uspešno je integrisano sa postojećim DMS sistemom.

**Abstract** – Paper covers the analysis of existing password policy requirements which are used to form the desired model of policy expected to be enforced in DMS system. This model is implemented as dynamic-link library that store its data in a database. A test client console application, which simulates the external environment, was implemented in order to test library's functionality which was later successfully integrated with the existing DMS system.

**Ključne reči:** Politika, Lozinka, DMS, Bezbednost

#### 1. UVOD

Politika lozinke predstavlja niz pravila projektovanih radi povećanja sigurnosti pri radu sa računarima, tako što ohrabruje korisnike da uvode jake lozinke i da ih pravilno koriste. Ona često predstavlja deo zvaničnih regulativa neke organizacije i može se smatrati kao deo treninga sigurnosne svesnosti. Što se tiče načina sprovođenja politike lozinke moguće su dve varijante: usmenim savetovanjem korisnika i sprovođenje putem tehničkih sredstava.

Lozinke predstavljaju tajne reči ili fraze i mogu biti kompromitovane na mnogo načina što omogućuje potencijalnom napadaču da sazna lozinku i potom se predstavi kao korisnik čiji identitet štiti lozinka. Da bi se izborili sa napadima pogađanja lozinke (najčešći oblik napada), korisnici bi trebalo da izaberu lozinke koje je teško predvideti. Jedan od načina da se ovo ostvari je da se omogući da je skup mogućih lozinke prevelik da bi se temeljno pretražio, a zatim da se eliminišu najpredvidljivije kombinacije. Posmatrajući iz drugog ugla, kada je neka lozinka već kompromitovana neophodno je ograničiti njenu iskoristivost.

#### NAPOMENA:

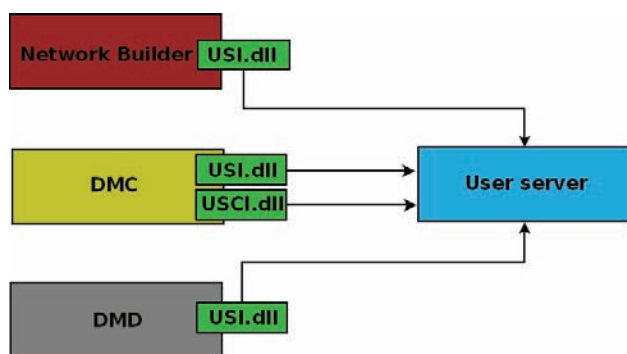
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Branislav Atlagić, red.prof.

Najbolja praksa za rešenje ovakvog problema je da se lozinke redovno menjaju. Ustaljeno pravilo u mnogim sistemima je da se korisnici primoravaju da menjaju svoje lozinke prilikom logovanja ukoliko nisu menjane određeni vremenski period. Iz istih razloga, korisnici ne bi trebali da ponovo koriste stare lozinke, s obzirom da je moguće da su one već kompromitovane. Mnogi sistemi podržavaju ovo tako što čuvaju stare lozinke i zabranjuju korisnicima da menjaju lozinke tako da se one podudaraju sa već korištenim.

#### 2. DMS SISTEM I BEZBEDNOST

DMS (*Distribution Management System*) je programski sistem za upravljanje i optimizaciju potrošnje električne energije. Da bi se razumeli osnovni koncepti DMS sistema neophodno je bazno poznavanje pojma distribucije električne energije. Distribucija električne energije je preposlednja faza u isporuci električne energije krajnjim potrošačima. DMS sistem distribuciju električne energije predstavlja kolekcijom podataka, koji su, sa tačke gledišta DMS sistema, podeljeni na statičke i dinamičke. Statički podaci definišu mrežnu konfiguraciju. Oni su neophodni za formiranje mrežnog modela DMS aplikacija, kao i DMD-u (klijentska aplikacija za prikaz topologije mreže). Elementi opisani statičkim podacima su trafostanice, sekcije, transformatori itd. Na drugoj strani, dinamički podaci su promenljivi u vremenu i predstavljeni su vrednostima mernih uređaja, položajem prekidača itd. Svi dinamički podaci se čuvaju u *on-line* bazi podataka, a njima se upravlja preko DA servera (*Data Access Server*). Centralnu ulogu u DMS sistemu, gledano iz ugla bezbednosti ima User Server (US) koji je projektovan kao javni poslužilac posredstvom kojeg klijenti mogu da manipulišu sa DMS sistem specifičnim podacima. Ovi podaci sadrže informacije o korisnicima (*users*), grupama korisnika (*user groups*), organizacionim jedinicama (*organization units*), konzolama (*consoles*), oblastima (*areas*) i ovlašćenjima (*permissions*). Za potrebe komunikacije klijentskih aplikacija i User Server-a, razvijene su dve DLL biblioteke *USI.dll* i *USCI.dll* koje imaju jednostavnu spoljnu spregu koja omogućava restriktivni (*USI.dll*) i potpuni (*USCI.dll*) pristup funkcionalnosti User Server-a. Na slici 1. je prikazana interakcija US sa DMS klijentskim aplikacijama.

Kako bi se omogućila uniformna autentifikacija i autorizacija svih komponenti DMS sistema, razvijena je DLL biblioteka *SecuritiUtil.dll* u okviru koje su realizovane funkcije za autentifikaciju i autorizaciju korisnika, kao i za rad sa sesijama (*session*), korisnicima i ovlašćenjima.



Sl. 1. Interakcija US sa DMS klijentskim aplikacijama

Podaci sa kojima manipuliše ova biblioteka smešteni su u *SQLite* bazi *dms\_security\_as.db3*, čijim resursima manipuliše i *User Server* (DMS korisnici, grupe, oblasti itd.). Osnovna pobuda za osmišljavanje ovog rada bila je trenutno narušena bezbednost sistema zbog slabe politike lozinke koja se primenjuje u sistemu i koja se sastoji od samo dva pravila:

- Lozinka ne sme da je duža od dvanaest karaktera
- Lozinka se čuva u enkriptovanom obliku u bazi podataka

Tabela *DMS\_USERS* baze *dms\_security\_as.db3* sadrži podatke o korisnicima, a jedna od kolona ove tabele je *PR\_PWD\_USERS* koja sadrži lozinke korisnika u enkriptovanom obliku. Osnovna zamisao ovog rada je implementirati *DLL* biblioteku koja bi obuhvatila novu politiku lozinke koja želi da se primeni na DMS sistem i koja bi za potrebe smeštanja podataka koristila sopstvenu bazu. Kako se dodavanje novih korisnika u bazu kao i izmena njihovih lozinke vrši pozivanjem funkcija *User Server*-a teži se ka tome da se *User Server* izmeni tako da se u okviru ovih funkcija pozivaju funkcije *DLL* biblioteke čija će baza biti integrisana sa bazom *dms\_security\_as.db3*.

### 3. PREDLOG POLITIKE LOZINKI ZA DMS SISTEM

Na osnovu temeljnog istraživanja obimne literature koja je obuhvatila razne standarde, knjige i tendersku dokumentaciju, kao i nekoliko gotovih rešenja, formirana je lista zahteva koja bi najviše odgovarala postojećem DMS sistemu:

- Konfigurabilna minimalna dužina lozinke
- Konfigurabilna maksimalna dužina lozinke
- Konfigurabilno postavljanje željene jačine lozinke u zavisnosti od tipa karaktera koje sadrži (slova – velika ili mala ili i jedna i druga, brojevi, specijalni znaci)
- Zabrana upotrebe reči koje se vezuju za informacije o korisniku u okviru lozinke
- Lozinka ne sme da je identična ili slična korisničkom imenu
- Konfigurabilno podešavanje koliko prethodno korištenih lozinki se pamti u bazi

- Konfigurabilno podešavanje maksimalnog trajanja lozinke, nakon čega treba da se promeni
- Konfigurabilno podešavanje minimalnog vremenskog perioda od konfigurisanja lozinke, pre čijeg isteka ona ne sme da se menja
- Zabrana korisnicima da prilikom promene lozinke biraju iste ili slične korištenim, koje se čuvaju u bazi
- Ograničavanje broja pogrešnih unosa lozinke(konfigurabilno) prilikom prijave na sistem nakon čega se zaključava korisnički nalog
- Trajanje zaključavanja korisničkog naloga (konfigurabilno), nakon čega se nalog automatski otključava
- Vremenski period (broj minuta) koji mora da prođe nakon neuspešne prijave na sistem da bi se brojač neuspešnih pokušaja postavio na 0
- Čuvanje lozinke i njeno prenošenje kroz sistem u enkriptovanom obliku. Predlog je da se koristi simetrični kript algoritam za enkripciju lozinke, pri čemu bi se ključ generisao na osnovu sistemskog vremena i periodično bi se menjao (perioda je konfigurabilna) kao i kript algoritam (i ova perioda je konfigurabilna), pa bi se iz tog razloga u bazi, pored kriptovane lozinke moralo čuvati i vreme generisanja ključa, kao i ime kript algoritma
- Izvor koji kreira ili selektuje lozinku može da bude korisnik, automatski generator ili administrator i u skladu sa tim u bazu se upisuje 1,2 ili 3
- Lozinka koja je proglašena za nevažeću, ili istekla lozinka mora da se promeni prilikom naredne prijave na sistem

### 4. MODELOVANJE PODATAKA I KONCEPT DLL BIBLIOTEKE

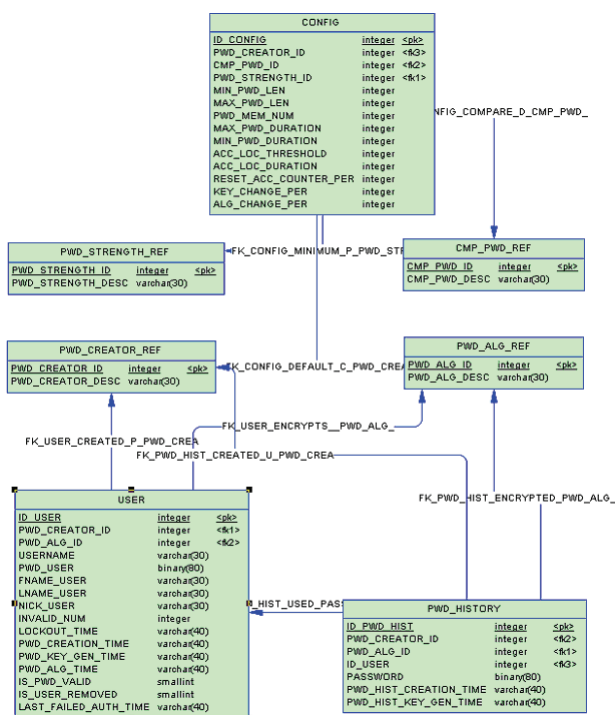
Naredna etapa u formiranju rešenja predstavlja modelovanje podataka i konstruisanje koncepta *DLL* biblioteke koji zadovoljava formirani model podataka, pri čemu se pod modelovanjem podrazumeva formiranje modela tabela podataka koje će sadržati baza u kojoj će podaci biti smešteni. Vodeći se ovom idejom, formirane su sledeće tabele:

- Konfiguraciona tabela *CONFIG* – Sadrži konfiguracione informacije neophodne za sprovođenje politike lozinke
- Referentna tabela *PWD\_STRENGTH\_REF* – Sadrži referentne vrednosti jačina lozinke
- Referentna tabela *CMP\_PWD\_REF* – Sadrži referentne vrednosti koje govore da li se prilikom poređenja sa lozinkama koje se čuvaju u bazi sve odvija na nivou celog sistema, odnosno da li se poređenje vrši sa svim lozinkama koje se čuvaju, ili se poređenje vrši sa

lozinkama koje su bile vezane za konkretnog korisnika

- Referentna tabela PWD\_CREATOR\_REF – Sadrži referentne vrednosti mogućih kreatora lozinki
- Tabela korisnika USER - Sadrži informacije o korisnicima u sistemu, kao i informacije o zaključavanju korisničkih naloga i informacije vezane za aktivne lozinke korisnika u sistemu
- Referentna tabela PWD\_ALG\_REF – Sadrži referentne vrednosti mogućih kript algoritama
- Pojedinja polja tabele USER popunjavaju se sa vrednostima formiranih referentnih tabela PWD\_CREATOR\_REF i PWD\_ALG
- Tabela istorije lozinki PWD\_HISTORY – Sadrži informacije o svim prethodno korištenim lozinkama u sistemu. Povezana je sa tabelom korisnika preko elementa ID\_USER

Fizički model ovih podataka prikazan je na slici 2.



Sl. 2. – Fizički model podataka za politiku lozinki u DMS sistemu

Obzirom da bi nova biblioteka za potrebe smeštanja podataka koristila bazu koja bi sadržala već opisane modelovane tabele podataka, najlogičnija organizacija biblioteke bila bi na osnovu tih tabela. Tako bi DLL koji implementira novu politiku lozinki sadržao sledeće module:

- Modul za rad sa podacima tabele CONFIG
- Modul za rad sa podacima tabele USER
- Modul koji sadrži osnovne funkcije za rad sa lozinkama i sa podacima tabele PWD\_HISTORY

## 5. IMPLEMENTACIJA NOVE POLITIKE LOZINKI ZA DMS SISTEM

Za potrebe rešenja korišten je *SQLite* sistem za upravljanje bazom podataka i *Microsoft Visual Studio 2005* kao razvojno okruženje, a konkretna implementacija nove politike lozinki urađena je u programskom jeziku C++ i nalazi se u biblioteci *PasswordPolicy.dll*. Obzirom da je rešenje predviđeno da radi u okviru DMS sistema, za njegovu izradu je korištena već postojeća DMS infrastruktura. Biblioteka je napravljena tako da komunicira sa bazom *dms\_pwd\_policy.sqlite* koja je automatski generisana u *PowerDesigner*-u na osnovu prethodno opisanog fizičkog modela podataka. Prilikom implementacije *PasswordPolicy.dll*-a ispoštovan je koncept koji je opisan u prethodnom poglavlju s tim što je za potrebe konkretne realizacije bilo potrebno proširenje pomenutog koncepta tako da sad biblioteka sadrži sledeće module:

- Modul za rad sa podacima tabele CONFIG
- Modul za rad sa podacima tabele USER
- Modul koji sadrži osnovne funkcije za rad sa lozinkama i sa podacima tabele PWD\_HISTORY
- Modul za komunikaciju sa bazom podataka
- Modul koji sadrži kript funkcije, kao i funkcije opšte namene
- Modul sa definicijama kodova grešaka
- Modul sa definicijama statusa koji se vezuju za izuzetke generisane u okviru biblioteke
- Modul za rad sa izuzecima

Za potrebe implementacije kriptografske funkcionalnosti indirektno je korištena *OpenSSL* biblioteka čija je funkcionalnost iskorištena u DMS biblioteci *Framework.lib* koju koristi *PasswordPolicy.dll*. Na isti način preko *Framework.lib*-a korištene su usluge biblioteke *Regex* kako bi se izvršila poređenja lozinki i pretraga podgrupa karaktera u okviru lozinki pomoću regularnih izraza (alat pomoću kojeg je moguće izvršiti razne vrste procesinga i manipulacije teksta). Komunikacija sa *SQLite* bazom podataka ostvarena je indirektno korišćenjem *SQLite API*-a preko DMS biblioteke *ODBCADO.lib* koju koristi *PasswordPolicy.dll*. Kako bi se omogućila upotreba biblioteke na različitim platformama, podržan je rad i sa unicode i nonunicode karakterima.

## 6. INTEGRACIJA SA DMS SISTEMOM

Kao što je već napomenuto u poglavlju 2, centralnu ulogu u DMS sistemu, gledano iz ugla bezbednosti ima *User Server* (US). Sa slike 1. se može uočiti da jedna od klijentskih aplikacija koja koristi usluge *User Server*-a je i DMC koji predstavlja GUI aplikaciju posredstvom koje korisnici DMS sistema mogu da manipulišu sa podacima korisnika, grupa i konzola i da stvaraju veze između korisnika i oblasti i između konzola i oblasti. Ova manipulacija podacima je omogućena korišćenjem funkcionalnosti *User Server*-a, pri čemu se komunikacija između DMC-a i *User Server*-a ostvaruje posredstvom

biblioteke *USCI.dll*. Za potrebe ovog rada izvršena je integracija prethodno opisanog rešenja sa DMS sistemom kako bi se testirala funkcija za izmenu korisničke lozinke *setUserPwd*. Ova integracija nije potpuna jer se postojeći DMS softver u toj meri modifikovao kako bi samo iskoristio uslugu navedene funkcije, stoga je ova izmena sistema isključivo demonstrativne prirode, dok je krajnji cilj da se u budućnosti izvrši potpuna integracija kako bi se iskoristila kompletna funkcionalnost koju biblioteka *PasswordPolicy.dll* pruža. Kako bi se testirala nova politika lozinke u DMS sistemu koju sa sobom donosi opisana integracija sistema sa bibliotekom *PasswordPolicy.dll* korišten je administrativni alat DMC u kojem je vršena izmena korisničkih lozinki, dok je za potrebe izmene aktuelne politike lozinke korištena prethodno implementirana test kljent konzolna aplikacija *PasswordPolicyTC.exe*. Na slici 3. dat je prikaz izmenjenih komponenti sistema koje koriste usluge implementirane biblioteke i njihova međusobna interakcija.



Sl. 3. – Interakcija izmenjenih komponenti DMS sistema

## 7. ZAKLJUČAK

Rad je obuhvatio sve faze razvoja nove politike lozinke u DMS sistemu od formiranja koncepta, do konkretne implementacije rešenja i njegove integracije sa sistemom. Implementirana biblioteka isprojektovana je tako da je moguća nadgradnja funkcionalnosti i njeno eventualno unapređenje.

Za potrebe testiranja funkcionalnosti biblioteke *PasswordPolicy.dll* napravljena je posebna test kljent konzolna aplikacija *PasswordPolicyTC.exe* pomoću koje je moguće simulirati spoljno okruženje u kojem će se naći biblioteka. Izvršeno je testiranje svih eksportovanih funkcija i obzirom da su rezultati svih testova pozitivni može se zaključiti da *PasswordPolicy.dll* u potpunosti pokriva predviđenu funkcionalnost.

Ovako osmišljeno rešenje ne pokriva u potpunosti sve aspekte sigurnosti u sistemu te je neophodno da se prilikom komunikacije raznih komponenti sa bibliotekom *PasswordPolicy.dll* koristi neki vid sigurne komunikacije kako se lozinke kroz sistem i preko mreže ne bi prenosile u izvornom tekstu nego u enkriptovanom obliku. Za ovako nešto moguće je iskoristiti SSL koji predstavlja kriptografski protokol koji omogućuje sigurnu vezu u komunikacionim mrežama.

Kao što je već napomenuto, osnovna pobuda za osmišljavanje ovog rada bila je trenutno narušena bezbednost sistema zbog slabe politike lozinke koja se u njemu primenjuje. Primenom novog skupa pravila korišćenja lozinke u DMS sistemu, njegova bezbednost se podiže na znatno viši nivo a da se pri tome ne gubi na performansama, dok konfigurabilno podešavanje politike koja želi da se sprovede omogućuje kupcima DMS programskog paketa da sami postave željeni nivo zaštite.

## 8. LITERATURA

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Password\\_policy](http://en.wikipedia.org/wiki/Password_policy)
- [2] <http://psynch.com/docs/password-management-best-practices.html>
- [3] Markus Schumacher, Eduardo Fernandez-Buglioni, Duane Hybertson, Frank Buschmann, Peter Sommerland, "Security Patterns : Integrating Security and Systems Engineering", John Wiley & Sons Ltd, 2006.
- [4] Tenderska dokumentacija DMS
- [5] M.Mirković, "DMS Software Architecture Overview", DMS Group, Novi Sad, 2009.
- [6] Ivan Nemeš, "DMS User server Functional Specification", Telvent DMS, Novi Sad, 2009.

## Kratka biografija:



**Marko Lukić** rođen je u Novom Sadu 1985. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, Departman za Računarstvo i automatiku, odsek Računarska tehnika i računarske komunikacije.

# REALIZACIJA SIMULACIONOG OKRUŽENJA ZA RAZVOJ APLIKATIVNE PROGRAMSKE PODRŠKE OASyS SCADA SISTEMA KORIŠĆENJEM SIMULINK ALATA

## REALIZATION OF SIMULATION FRAMEWORK FOR OASyS SCADA APPLICATION DEVELOPMENT USING SIMULINK TOOL

Tijana Šćuk, Pavle Savković, Vedran Perić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu je opisano jedno rešenje simulacionog okruženja za razvoj aplikativne programske podrške SCADA sistema OASyS DNA. Postojeći simulator postrojenja obogaćen je MODBUS komunikacionom podrškom i spregnut sa dinamičkim modelom proizvodnog procesa programiranim u MatLab razvojnom okruženju.

**Abstract** – This paper describes a solution for converting Matlab model of an industrial plant into a module which can be used within SCADA factory plant simulator. Real-Time Workshop was used to convert plant model described in Matlab and Simulink into executable code which can be used in OASyS DNA SCADA system.

**Ključne reči:** Scada, Simulink, Real-Time Workshop

### 1. UVOD

Sa razvojem i unapređivanjem proizvodnih procesa u industriji javili su se zahtevi za što boljim i pouzdanijim nadzorom i upravljanjem tim procesima. Sistemi za transport energenata, bez obzira da li se radi o prirodnom gasu, nafti, električnoj energiji, vodi za grejanje, uvek su složeni i po pravilu prostorno raspoređeni sistemi. Efikasna isporuka energenta zahteva poznavanje trenutnog tehnološkog stanja ukupnog transportnog sistema, odnosno poznavanje velikog skupa podataka o topologiji sistema, stanju elemenata sistema, stanju mernih i regulacionih elemenata, trenutnoj potrošnji, meteorološkim uslovima, prognozi potrošnje i sl. Kao sprema između čoveka, s jedne strane, i proizvodnog procesa sa druge, u komandnim centrima se formiraju složene nadzorno - upravljačke stanice čiji rad se odvija pod kontrolom složenih programskih paketa poznatih pod nazivom SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) ili AUS (*Akviziciono Upravljački Sistem*). SCADA je skup namenskih, prostorno distribuiranih, međusobno povezanih računarskih modula, čiji je zajednički cilj ostvarenje funkcija efikasnog nadzora i/ili upravljanja proizvoljnim fizičkim procesom u realnom vremenu. SCADA sistemi se koriste za merenje, praćenje i kontrolu industrijskih sistema. Praktično bilo koji proces u industriji je dobar kandidat za primenu SCADA sistema i tehnologija.

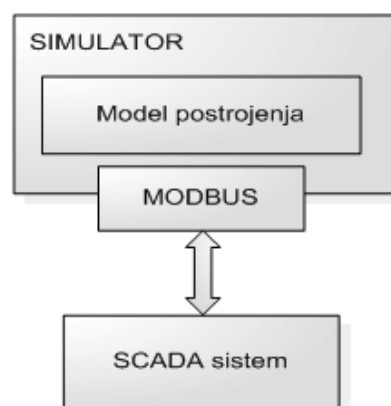
Kao jedna od najbitnijih karakteristika SCADA sistema se

može izdvojiti pouzdanost u izvršenju aplikativnih programskih funkcija. Za njihovu verifikaciju i validaciju koriste se simulatori, čiji je zadatak verno oslikavanje postrojenja koje SCADA sistem nadgleda. Simulator je jedini način da se u upotrebu pusti pouzdan i proveren SCADA sistem.

Simulator postrojenja, u toku razvoja, zamenjuje dve bitne komponente realnih SCADA sistema: spretni podsistem (procesni kontroleri i komunikacioni podsistem) i samo procesno postrojenje sa njegovim osobinama i dinamičkim ponašanjima. Zato simulator postrojenja komunicira sa SCADA sistemom kao spoljna komponenta posredstvom komunikacionog kanala (ili više njih). Ovakav simulator realizuje inverznu sliku SCADA modela i obezbeđuje legalne odzive pojedinih izvršnih uređaja na komande koje šalje SCADA.

Ono što mu nedostaje je model dinamičkog ponašanja samog procesnog sistema, koji proračunom određuje vrednosti pojenih fizičkih veličina koje definišu stanje kontrolisanog procesa. Ovaj model, koji se u praksi najlakše pravi upotrebom Simulink alata, potrebno je povezati sa simulatorom radi potpune simulacije postrojenja.

U daljem tekstu koristiće se termini simulator i model kao kraće odrednice za svaku od ovih komponenti. Na slici 1 prikazan je odnos simulatora i SCADA sistema, povezanih MODBUS komunikacionim kanalom.



Slika 1 - Odnos simulatora i SCADA sistema

Za uspešnu verifikaciju SCADA sistema vrlo je bitna ispravnost modela postrojenja. U nekim situacijama zbog složenosti sistema nije moguće modelovati kompletno postrojenje, tada se posebno modeluju delovi postrojenja. Uobičajeno je da se proces modelovanja postrojenja obavlja u alatima visokog stepena apstrakcije, primer ovakvih alata su Matlab i Simulink. Ovi alati

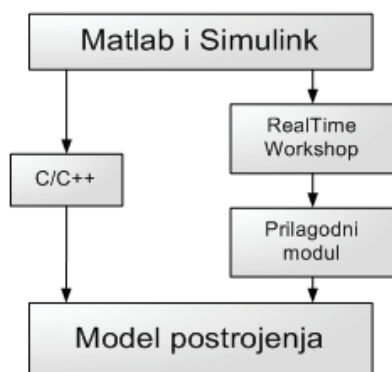
### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je prof.dr Branislav Atlagić.

omogućavaju brzo i jednostavno modelovanje sistema, njihovu verifikaciju i validaciju. Sa druge strane, na ovaj način modelovani sistemi se ne mogu iskoristiti u okviru sistema koji ne podržavaju vezu sa pomenutim alatima.

U ovom radu opisano je jedno rešenje prevođenja modela tehnološkog postrojenja u oblik pogodan za korišćenje u okviru simulatora postrojenja. Model postrojenja opisan u Matlab ili Simulink alatu za modelovanje se prvo prevodi u izvršivi programski kod korišćenjem Real-Time Workshop alata nakon čega se prilagođava upotrebi u okviru postojećeg simulatora postrojenja nadgledanog od strane OASyS DNA SCADA sistema.

Da bi rešili gore pomenute probleme upotrebljen je Real-Time WorkShop alat. Ovaj rad opisuje postupak pravljenja upotrebljivog modela postrojenja od modela postrojenja opisanog u visokim programskim jezicima. Slika 2 prikazuje postupak dobijanja modela postrojenja.



Slika 2 - Postupak dobijanja modela postrojenja

## 2. OPIS REŠENJA

Do sada se simuliranje tehnološkog postrojenja, čiji je model napravljen korišćenjem grafičkog alata Simulink, nije moglo zamisliti na sistemu bez instalacije istog alata. Ovaj način simulacije je podrazumevao da se na svakom sistemu, na kojem je potrebno izvršiti simulaciju, mora instalirati grafički alat Simulink. Ovim postupkom se povećava cena razvojnog okruženja i gubi mogućnost provere rada modela na proizvoljnom sistemu.

Prva alternativa je ručno pisanje C++ koda koji realizuje model razvijen u Simulinku, što je zahtevan i problematičan zadatak. Pored nedovoljnog poznavanja modela ili načina njegovog funkcionisanja, javljaju se i problemi vezani za obim i složenost programskog koda, kao i za vreme potrebno za njegov razvoj.

Primarni cilj ovog rada je pronalaženje rešenja koje će omogućiti da se gore navedena ograničenja izbegnu. Trebalo je naći način kako se, transformacijom izvornog Simulink koda, model nekog postrojenja može izvršiti nezavisno od postojanja instalacije Simulink-a, ali i bez potrebe da se ručno piše programski kod koji bi verno oslikavao model i u potpunosti pokrio njegovu funkcionalnost. Predloženim rešenjem se polazni Simulink model prevodi prvo u C++ kod, a potom se formira dinamička DLL (*Dynamic Link Library*) biblioteka koja se povezuje sa simulatorom.

### 2.1. Prevođenje Simulink modela u C++ kod

Istraživanjem koje je urađeno kao priprema za ovaj rad, utvrđeno je da je najbolje rešenje primena alata Real-

Time WorkShop, koji omogućava pravljenje, pakovanje i prevođenje programskog koda dobijenog od Simulink modela.

U prvom koraku realizacije, definiše se sistem koji verno predstavlja jednostavno industrijsko postrojenje. U tu svrhu koristio se grafički alat Simulink. Definicija sistema mora biti u skladu sa trenutnom instalacijom OASyS DNA sistema. Za modelovanje takvog sistema na raspolaganju je biblioteka gotovih grafičkih blokova koja obuhvata generatore ulaznih pobuda, prikazivače izlaznih promenljivih, linearne i nelinearne komponente sistema i veza između njih.

Nakon modelovanja sledi podešavanje parametara potrebnih za simulaciju dobijenog modela. Podešavanje započinje izborom stavke *Simulation->Configuration Parameters*. Prvo je potrebno odabrati vreme trajanja simulacije odabirom opcije *Simulation->Configuration->Solver* i unosom vremena za početak i kraj simulacije u polja *Start time* i *Stop time*. U polje za kraj simulacije je uneto *inf* što znači da će simulacija trajati beskonačno. Ukoliko se stavi određeni broj, na primer 20s, simulacija će se završiti nakon isteka tog perioda.

U delu *Solver options* određuju se parametri numeričkog postupka. Može se odabrati promenljivi (*Variable step*) i nepromenljivi (*Fixed step*) vremenski korak. Od izuzetne važnosti za ovaj rad je izbor nepromenljivog vremenskog koraka čime se omogućava učitavanje modela u Real-Time Workshop. U slučaju da se izabere promenljivi korak, učitavanje sistema u Real-Time Workshop neće biti moguće. Rešavanje diferencijalnih jednačina se vrši Ojlerovom metodom (*ode5*), a vrednost koraka simulacije se podešava na 0,1 sekundi.

Za uspešnu simulaciju modela potrebno je podesiti parametre vezane za Real-Time Workshop odabirom opcije *Simulation->Configuration->RealTime Workshop*. U polje *System target file* se unosi izabrana datoteka, u ovom slučaju to je *grt.tlc*.

U polje *Language* unosi se izabrani programski jezik (C ili C++) koji će biti korišćen u dobijenom programskom modelu. Nakon što su svi parametri podešeni, može se pokrenuti postupak dobijanja programskog koda.

Rezultat upotrebe Real-Time Workshop-a je programski kod napisan u C++ programskom jeziku koji u potpunosti oslikava model razvijen u Simulink okruženju.

### 2.2. Formiranje dinamičke biblioteke modela

Kao rezultat rada Simulink alata dobijeni su C/C++ *make* projekat i datoteke koje sadrže reprezentaciju traženog modela napisanu u C programskom jeziku. Međutim, dobijeni *make* projekat proizvodi konzolnu aplikaciju koja predstavlja samostalnu simulaciju željenog modela i kao takvu je nije moguće povezati sa simulatorom. Pored toga, traženi model je potrebno dobiti u vidu dinamičke biblioteke čijim se radom upravlja spolja. Prema tome, potrebno je napraviti novi projekat na osnovu dobijenog *make* projekta. Alat *Visual Studio 2005* se nametnuo kao prirodan izbor razvojnog okruženja dinamičke biblioteke, pošto je i sam simulator razvijen u istom okruženju.

Razumevanje *make* datoteka i pravljenje projekta na osnovu njih uvek je mukotrpan i greškama sklon posao. Sama činjenica da je dobijeni *make* projekat konfigurabilan još više otežava posao.

Dodatni problem predstavlja i heterogenost izvornih datoteka po pitanju programskog jezika u kome su napisane. Naime, datoteke dobijene kao rezultat upotrebe Real-Time Workshop alata (predstavljaju sam model) napisane su u programskom jeziku C++ dok su dok su datoteke, neophone za rad modela, preuzete iz Matlaba, napisane u C programskom jeziku. U *make* projektima ova činjenica ne predstavlja problem iz razloga što je moguće odrediti način prevođenja svake od datoteka ponaosob i na kraju ih sve povezati u izvršnu datoteku. Naravno, da bi ovo bilo moguće, potrebno je u svakoj izvornoj C datoteci navesti direktivu za povezivanje te datoteke kao C datoteke.

Projekti razvojnog okruženja *Visual Studio 2005* imaju definisan programski jezik na nivou celog projekta, samim tim sve izvorne datoteke moraju se prevoditi na isti jezik. Pošto je C++ programski jezik nadskup C programskog jezika kao i činjenica da je simulator aplikacija pisana u C++ programskom jeziku, isti je odabran kao programski jezik projekta.

Pored generisanih datoteka u *make* projektu se nalaze konfigurabilne Matlab Framework datoteke koje predstavljaju emulaciju Matlab tipova podataka i funkcija. Konfigurabilnost tih datoteka se postiže upotrebom definicionih simbola koji određuju kako će datoteka biti prevedena. Na osnovu *make* projekta prikupljene su informacije o svim definicionim simbolima svih datoteka koje se prevode. Dobijeni skup simbola predstavlja skup definicionih simbola novog projekta. Osim definicionih simbola iz *make* projekta su preuzete informacije o lokacijama koje sadrže datoteke sa zaglavlja, kao i informacije o potrebnim statičkim bibliotekama.

Pri pokušaju prevođenja dobijenog projekta javili su se dodatni problemi. Glavni uzrok problema je korišćenje C++ programskog prevodioca za prevođenje C datoteka. Iako je C++ nadskup C jezika programski prevodilac jezika C++ ima bolju kontrolu ispravnosti direktiva povezivanja C datoteka. Pored toga Matlab izvorni kod uključuje u skup svojih datoteka sa zaglavlja i standardne datoteke *Visual Studio-a* što je prouzrokovalo lako rešivu ali teško razumljivu poruku o grešci programskog prevodioca.

Dinamička biblioteka podržava sledeće funkcije:

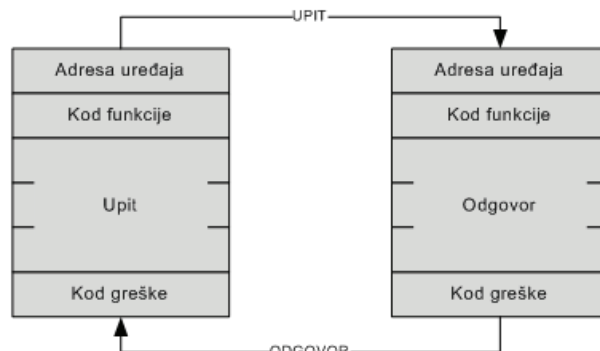
- **Init** - inicijalizacija i formiranje modela tehnološkog procesa
- **Start** - pokretanje simulacije tehnološkog procesa
- **Stop** - zaustavljanje simulacije tehnološkog procesa
- **Free** - oslobađanje svih zauzetih resursa
- **Running** - stanje simulacije, da li je simulacija procesa u toku ili ne

Navedene funkcije su mesto ulaska u biblioteku. Njima se pristupa iz simulatora ali samo pod uslovom da se njihova imena nalaze u tabeli eksportovanih funkcija. Naime, dll datoteka sadrži tabelu eksportovanih funkcija u koju se upisuju imena svih pravilno eksportovanih funkcija. Jedino ove funkcije mogu biti pozvane od strane neke druge izvršne datoteke. Sve ostale funkcije se mogu pozvati i izvršiti samo u okviru dll-a.

### 2.3. Modbus protokol

Modbus je komunikacioni protokol koji omogućava razmenu podataka između uređaja povezanih na različite vrste magistrala ili mreža. Svaki od uređaja koji učestvuje u razmeni ima jedinstvenu adresu. Najširu primenu ima kao industrijski protokol u razmeni podataka između udaljene terminalne jedinice (*Remote Terminal Unit - RTU*) i upravljačkog bloka.

Razmena podataka u okviru MODBUS protokola se odvija po principu klijent/server ili master/slave, kako se još može naći u literaturi.



Slika 3 - Razmena podataka u okviru MODBUS protokola

Na strani OASyS DNA sistema, na kojem se vrši simulacija modela, postoji deo MODBUS protokola realizovan kao klijentska strana. Klijentsku (*nadređenu*) stranu predstavlja uređaj koji ima mogućnost adresiranja pojedinačnih uređaja. Razmena podataka se uspostavlja slanjem zahteva isključivo od strane klijenta. Od udaljene terminalne jedinice se može zahtevati promena jednog ili više registara, kontrola ili čitanje ulazno-izlaznih prolaza, kao i slanje jedne ili više vrednosti sadržanih u registrima.

Zahtev se šalje u obliku poruke sledećeg formata:

| Adresa uređaja | Kod funkcije | Početni registar | Broj registara | Kod greške |
|----------------|--------------|------------------|----------------|------------|
| 1 okteta       | 1 okteta     | 2 okteta         | 2 okteta       | 2 okteta   |

Tabela 1 - Format zahteva

Opis polja dat je u sledećoj tabeli:

| Polje            | Veličina | Opis                                                                                                                                                         |
|------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adresa uređaja   | 1 okteta | adresa udaljenog uređaja. Samo uređaj sa ovom adresom odgovara na zahtev                                                                                     |
| Kod funkcije     | 1 okteta | kod funkcije koja treba da bude izvršena od strane servera                                                                                                   |
| Početni registar | 2 okteta | adresa registra nad kojim treba izvršiti traženu funkciju. U slučaju da se zahteva više registara, onda se u ovom polju nalazi adresa prvog registra u nizu. |
| Broj registara   | 2 okteta | broj registara nad kojima treba izvršiti traženu funkciju.                                                                                                   |
| Kod greške       | 2 okteta | svaki MODBUS zahtev u sebi sadrži podatak na osnovu kojeg se vrši provera ispravnosti pristigle poruke.                                                      |

Tabela 2 – Opis polja zahteva

Da bi podaci dobijeni kao rezultat simulacije bili upisani u bazu podataka, u ovom radu je napravljena serverska (*podređena*) strana. Nakon prijema poruke, vrši se njena analiza. Postupak analize je neophodan zbog izdvajanja klijentovih zahteva. U skladu sa njima se formira odgovor koji poštuje standard MODBUS protokola.

Format odgovora koji se šalje je sledeći:

| Adresa uređaja | Kod funkcije | Početni registar | Broj registara | Kod greške |
|----------------|--------------|------------------|----------------|------------|
| 1 oktet        | 1 oktet      | 1 oktet          | n okteta       | 2 okteta   |

Tabela 3 – Format odgovora

Opis polja dat je u Tabeli 4:

| Polje                  | Veličina | Opis                                      |
|------------------------|----------|-------------------------------------------|
| Adresa uređaja         | 1 oktet  | Polje se prepisuje iz primljenog zahteva  |
| Kod funkcije           | 1 oktet  | Polje se prepisuje iz primljenog zahteva  |
| Broj okteta koji slede | 1 oktet  | Veličina podataka izražena u broju okteta |
| Podaci                 | n okteta | Traženi podaci                            |
| Kod greške             | 2 okteta | Sadrži izračunatu CRC vrednost            |

Tabela 4 – Opis polja odgovora

CRC (*Cyclical Redundancy Check*) se izračunava i upisuje od strane uređaja koji pravi poruku. Kada druga strana primi tu poruku, ponovo računa CRC na osnovu primljenih podataka. Ukoliko te dve vrednosti nisu iste, došlo je do greške u prenosu.

Slanje odgovora sledi nakon završetka njegovog formiranja. Ukoliko je sve prošlo bez greške, klijentska strana će prihvatiti odgovor i rezultate upisati u bazu podataka.

### 3. TESTIRANJE

Tok izrade postavljenog zadatka opisanom u ovom rad je podeljen na nekoliko delova. Nakon realizacije svakog od delova, izvršeno je testiranje i verifikacija dobijenih rezultata.

Prvi korak bio je modelovanje tehnološkog postrojenja. Simulacijom modela dobijaju se rezultati koji se koriste kao referentna tačka za testiranje u sledećem koraku.

U drugom koraku je od modela dobijen programski kod korišćenjem alata Real-Time WorkShop. Osim programskog koda, dobijena je i izvršna datoteka. Pokretanjem datoteke, izvršena je simulacija modela.

Testiranje sprovedeno u ovoj fazi sastoji se od upoređivanja rezultata simulacije iz prvog i drugog koraka. Rezultati moraju biti identični jer je to jedina potvrda da je drugi korak realizovan bez greške. Ukoliko se rezultati ne slažu, došlo je do greške u radu i potrebno je vratiti se jedan korak u nazad. Najčešći uzrok grešaka može biti nepravilno podešavanje parametara u Real-Time WorkShop-u. Datoteke u kojima su sadržani rezultati prvog i drugog koraka moraju biti istovetne na nivou bita. Za njihovo poređenje

korišćen je posebno, za tu svrhu napisan alat za poređenje datoteka na nivou bita.

Dinamička biblioteka, dobijena završetkom trećeg koraka, svoju primenu nalazi u sledećem koraku. Korišćenjem postojećeg simulatora, pokreće se simulacija modela opisanog u dinamičkoj biblioteci. Rezultati se upisuju u datoteku, ali se i šalju simulatoru koji ih putem grafičke sprege prikazuje korisniku. Kao i u prethodnom testiranju, tako se i u ovom porede dobijeni rezultati sa rezultatima iz prethodnog koraka.

Upis rezultata u bazu podataka preko Modbus protokola testiran je korišćenjem grafičkog prikaza rezultata u simulatoru i XOS panela. Vrednosti koje se prikazu u simulatoru, prikazivane su istovremeno i u odgovarajućem polju XOS panela, čiji se primer može videti na slici. Na taj način je potvrđena uspešna razmena podataka između simulatora i baze podataka korišćenjem postojeće klijentske i dodate serverske strane Modbus protokola.

Nakon završetka testiranja utvrđeno je da su ispunjeni svi postavljeni zahtevi u skladu sa idejnim rešenjem.

### 4. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada razvijen je model tehnološkog postrojenja kojim upravlja SCADA sistem. Osim modela, razvijeno je i simulaciono okruženje u kojem je model testiran u realnom vremenu komunikacijom simulatora i OASyS DNA SCADA sistema putem Modbus industrijskog protokola.

Cilj rada je bio pronaći način na koji se model nekog postrojenja može simulirati nezavisno od postojanja instalacije Simulink-a u sistemu. Umesto postupnog pisanja, sada je moguće od modela postrojenja dobiti gotov programski kod. Na ovaj način su rešeni problemi uzrokovani nedovoljnim poznavanjem modela ili načinom njegovog funkcionisanja. Osim ovih, izbegnuti su i problemi vezani za obim i složenost programskog koda, kao i za vreme potrebno za njegovo pisanje.

Postojeći simulator proširen je značajnom funkcionalnošću koja se odnosi na razmenu podataka preko MODBUS komunikacionog protokola. Dodata je serverska strana na strani simulatora koja razmenjuje poruke, a tim ujedno i podatke, sa klijentskom stranom koja je već postojala u OASyS DNA sistemu.

### 5. LITERATURA

- [1]. High Performance Database API User Manual, Daniel Schidt, Telvent Canada LTD 2005
- [2]. OASyS DNA Architecture, Telvent Automation Ltd. 2004
- [3]. Modbus Protocol Reference Guide, Modicon Inc
- [4]. OASyS DNA 7.5 Internals, Telvent Ltd. 2008

#### Kratka biografija:



**Tijana Šćuk** rođena je u Bijeljini 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske tehnike i računarske komunikacije odbranila je 2010.god.

INTEGRACIJA UPRAVLJANJA POSLOVNIM PROCESIMA  
U ALFRESCO SISTEMINTEGRATING WORKFLOW MANAGEMENT WITH  
THE ALFRESCO SYSTEMIvana Pavić, Goran Sladić, Branko Milosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisana integracija poslovnih procesa u Alfresco sistem za rukovanje dokumentima. Prikazano je korišćenje mehanizama za proširivanje putem akcija i prilagođavanje korisničkog interfejsa. Rad predstavlja i mogućnosti kreiranja izveštaja na osnovu metapodataka o procesima i dokumentima u okviru Alfresco repozitorijuma.

**Abstract** – This paper describes an integration of business process management in the Alfresco document management system. The presented extension mechanisms include user actions and customised user interface. The paper also discusses reporting based on document- and process-related metadata in the Alfresco repository.

**Ključne reči:** Alfresco sistem, poslovni proces, dokument, izveštaj

**1. UVOD**

Workflow proces predstavlja sekvencu povezanih koraka nekog posla, odnosno tok izvršavanja poslovnog procesa uz oslonac na informacione tehnologije. Upravljanje poslovnim procesima često se fokusira na praćenje dokumenata koji nastaju u toku njihovog izvršavanja. Sve više je podržana ideja o automatizaciji poslovnih procesa, odnosno prepuštanja kontrole sistemu za rukovanje dokumentima da vodi računa ko i šta treba da radi sa dokumentom u bilo kom trenutku izvršavanja nekog poslovnog procesa.

Alfresco sistem za upravljanje dokumentima [3] nudi mehanizme za proširivanje funkcionalnosti koji će detaljnije biti opisani u ovom radu. Posebna pažnja je posvećena akciji *advanced workflow* koja omogućava automatizaciju kompleksnih poslovnih procesa.

Da bi se potvrdile mogućnosti sistema u radu sa složenim poslovnim procesima odabran je poslovni proces definisan internim dokumentom sistema kvaliteta Q2.LO.07 Fakulteta tehničkih nauka koji opisuje postupak izbora u nastavno zvanje.

Razvojem poslovnih procesa u okviru informacionih sistema, stvorila se potreba za korišćenjem nastalih podata-

ka sa ciljem boljeg upravljanja i odlučivanja. Izveštavanje na osnovu podataka i metapodataka prisutnih tokom izvršavanja poslovnih procesa predstavlja jedno od sredstava za donošenje odluka.

Alfresco ne poseduje akciju za kreiranje izveštaja, ali je moguće implementirati proširenja koja podržavaju kreiranje izveštaja. Ova proširenja su opisana u daljem tekstu.

**2. ALFRESCO SISTEM**

Sastavni deo poslovnih informacionih sistema predstavljaju sistemi za upravljanje dokumentima (*Document Management System, DMS*). Razvojem ovih sistema u pravcu povezivanja sa drugim komponentama stvoren je novi pogled na razvoj poslovnih informacionih sistema koji obuhvata pojam poslovni sistem za upravljanje sadržajem (*Enterprise Content Management System, ECMS*). Pod upravljanjem sadržajem obično se podrazumeva upravljanje dokumentima, upravljanje zapisima, upravljanje web sadržajem, upravljanje poslovnim procesima i kolaboraciju. Zahtevana funkcionalnost od sistema za upravljanje sadržajem obuhvata: jednostavnu integraciju sa već postojećim alatima kao što su *Microsoft Office*, web čitač i elektronska pošta, sigurnost i kontrola pristupa, servise biblioteke, automatizacija poslovnih procesa, proširivost i pouzdanost, prilagodljivost korisničkog interfejsa [1].

Ovaj sistem za upravljanje dokumentima obezbeđuje organizaciji sve potrebne servise za kreiranje, konvertovanje, upravljanje i deljenje elektronskih dokumenata [1, 3]. Postoji takođe i kontrola verzija, mogućnost pretrage i vizuelno prikazivanje veza i zavisnosti. Integrisani *workflow* omogućava kontrolu nad životnim ciklusom dokumenata, kao i upravljanjem procesima u kojima učestvuju dokumenti [1, 3].

**3. ARHITEKTURA ALFRESCO SISTEMA**

Alfresco je izgrađen na postojećim komponentama otvorenog koda zbog čega je brzo pušten u rad i u stalnom je procesu razvoja, prvenstveno zato što su korišćene već testirane komponente s čijim tehnologijama i načinom upotrebe je upoznata većina programera. Ispred svega takav način implementacije rezultovao je uredjenijim proizvodom zasnovanom na standardima.

Jedna od najvažnijih osobina skoro svakog ECM sistema jeste njegova arhitektura. Alfresco ima proširivu aspekt-orientisanu arhitekturu (v. sliku 1) koristeći standarde otvorenog koda i komponente kao što su *Spring ACEGI*,

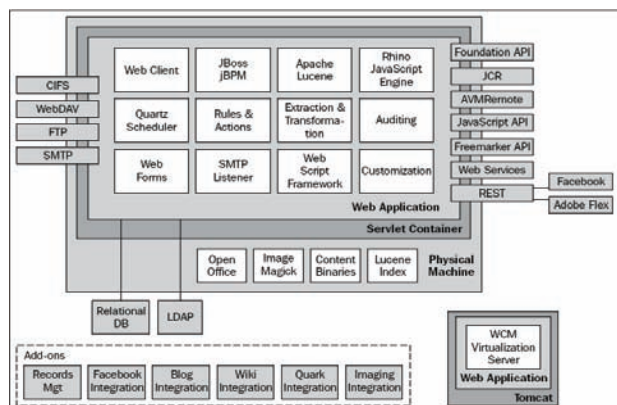
**NAPOMENA:**

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Branko Milosavljević, vanr.prof.
- b) Rad je prethodno objavljen na konferenciji YU Info 2010, Kopaonik, mart 2010.

*Hibernate, Apache Lucene, Apache MyFaces, JBoss jBPM, CMIS, JSR 168, JSR 170, i JSE6.* [1, 3].

Arhitektura je bazirana na otvorenim standardima, prema tome svaka aplikacija implementirana uz oslonac na Alfresco može biti pokrenuta na bilo kom operativnom sistemu, koristeći bilo koju relacionu bazu, server, pretraživač, portal.

Standardi i protokoli koje Alfresco podržava obuhvataju *FTP, WebDAV, CIFS, JCR API (JSR-170), Portlet API (JSR-168), SOAP OpenSearch, XForms, XML Schema, XSLT, XSL-FO i LDAP.* [1, 3].



Slika 1. Komponente Alfresco sistema

Protokoli *CIFS, WebDAV, FTP, SMTP* i interfejsi *Foundation API, JCR, AVMRemote, JavaScript API, Freemaker API*, i web servisi omogućuju različite načine pristupa sadržaju u Alfresco repozitorijumu.

Alfresco se pokreće kao web aplikacija u okviru servlet kontejnera. Zahvaljujući slojevitoj a jednostavnoj arhitekturi Alfresco ima visok stepen proširivosti. Sastavni deo Alfresco web aplikacije čine mehanizmi za prilagođavanje i proširivanje, ali treba obratiti pažnju da se mehanizam proširivanja odvaja od mehanizma prilagođavanja da bi se omogućio prostor za dalju nadogradnju.

Skladištenje meta podataka se vrši u okviru relacione baze dok se sadržaj, kao i *Lucene* indeksi smeštaju na fajl sistem. Na slici 1. je prikazano da se sadržaj smešta na fizički isti fajl sistem gde se nalazi i Alfresco, pored toga mogu se koristiti i drugačiji načini za skladištenje podataka. [1, 3].

*JBoss jBPM* je samostalna *workflow engine* implementacija poslovnih procesa otvorenog koda pisana u Java programskom jeziku. Služi za upravljanje poslovnim procesima, kreiranje i izvršavanje procesa, održavanje stanja procesa i metapodataka ka bazi pomoću *Hibernate*, praćenje liste zadataka kao i praćenje prihvatanja istih. Proces može imati više svojih instanci. Osnovna ideja je da se bilo koji proces može opisati kao usmereni graf povezanih čvorova. Proces je opisan definicijom procesa korišćenjem XML-baziranog jezika *jPDL*. [2]

#### 4. MEHANIZMI ZA PROŠIRIVANJE ALFRESCA

Implementacija mehanizma za proširivanje osnovnog Alfresco sistema može zahtevati detaljno poznavanje internog funkcionisanja sistema i pisanje programskog koda (*advanced* proširenje) ali i ne mora (*basic* proširenje).

Može se zaključiti da je proširivanje funkcionalnosti Alfresco web aplikacije jednako kao i proširivanje bilo koje web aplikacije implementirane na bazi Spring ili JSF komponenti. Takav vid proširivanja zahteva nasleđivanje postojećih ili kreiranje novih *Spring beans*, *JSF-managed beans*, Java klasa, JSP stranica, biblioteka tagova i ostalo..

U slučaju implementacije sopstvenog rešenja, najčešće se vrši kreiranje ili proširivanje nekog od ovih fajlova:

- Standardni fajlovi vezani za Java web aplikaciju: JSP stranice, biblioteke tagova, grupe resursa, Java klase.
- Osnovni fajlovi: *Spring beans*, *JSF-managed beans* i konfiguracioni fajlovi vezani za njih.
- Alfresco konfiguracioni fajlovi: fajlovi koji sadrže osobine sistema i XML fajlovi.
- Fajlovi zavisni od rešenja: model sadržaja, definicije poslovnih procesa, *web scripts*, *JavaScript* i *Freemaker* šabloni.

#### 5. PROŠIRENJE AKCIJOM ZA POKRETANJE WORKFLOW PROCESA

Alfresco akcija pokretanja složenog poslovnog procesa se odnosi samo na sadržaj nad kojim je složeni poslovni proces pokrenut. Da bi omogućili pokretanje poslovnog procesa nad složenijom strukturom direktorijuma u kojima se nalaze sadržaji koji se žele uključiti u poslovni proces iskorišten je mehanizam proširivanja tipa akcije pravila (*rule actions*) uz potrebno prilagođavanje web klijenta formiranjem novog *wizard*-a.

Ideja je da se omogući pokretanje određenog poslovnog procesa bez mogućnosti izbora nad bilo kojim direktorijumom bez obzira na nivo dubine do koje on u sebi sadrži druge direktorijume i sadržaje, kako bi svi oni bili uključeni u pokrenuti poslovni proces.

Osnovno proširenje je zahtevalo dodavanje nove akcije izmenom Alfresco konfiguraciono fajla *web-client-config-custom.xml*. Osnovna funkcija akcije je da se poveže sa *wizard*-om, ali i da mu prosledi parametre koji sadrže podatak nad čime je pokrenut poslovni proces (*item-to-workflow*) kao i naziv definicije procesa (*workflow-process-name*) čija instanca treba biti pokrenuta.

Implementacija *wizard*-a zahteva sledeće.

- Kreiranje *JSF-backed beana* radi povezivanja seta atributa sa vrednostima UI komponente, u ovom slučaju Alfresco *wizard*-a. U ovom slučaju ključni podaci su parametri koji su prosledeni od strane akcije.
- Klasa koja predstavlja novokreirani bean u okviru projekta je *WorkflowSetupWizard*. Metoda u okviru klase koja omogućava izvršavanje željene akcije je: *getAllItemsFromFolderForWorkflow (NodeRef itemToWorkflow)*. To je rekurzivna metoda koja na osnovu prosleđenog parametra *itemToWorkflow* određuje tip sadržaja nad kojim je pokrenut složeni poslovni proces i dodaje ga u listu resursa koji su vezani za pokrenuti proces. Ukoliko je tip direktorijum

- njega ne uključuje kao resurs već samo sadržaj u okviru njega.
- Kreiranje JSP stranice za prikaz svakog od koraka komponente *wizard*. U ovom slučaju predefinisana je već postojeća stranica *workflow-options.jsp*.
- Izmena konfiguracionih fajlova: *faces-config.xml* radi registrovanja novog JSF-backed beana. *web-client-config-custom.xml* radi dodavanja nove komponente *wizard*. *webclient.properties* radi ispisivanja stringova vezanih za komponentu *wizard*.

## 6. INTEGRACIJA WORKFLOW PROCESA

Alfresco sistem podržava dva načina integracije poslovnog procesa: jednostavni (*simple workflow*) i napredni (*advanced workflow*). [1, 3].

Uz pomoć jednostavne integracije poslovnog procesa krajnji korisnik ima mogućnost automatizacije poslovnog procesa preko web klijenta, bez ikakvih dodatnih podešavanja i veština. Nad sadržajem u okviru repozitorijuma potrebno je kreirati pravilo “*add simple workflow*”. Ovakav poslovni proces se sastoji iz dva koraka, jedan za prihvatanje a drugi za odbijanje kreiranog pravila, odnosno zadatka. U oba slučaja moguće je izabrati gde će sadržaj biti premešten nakon izvršenja koraka. Nakon svih podešavanja, omogućeno je slanje obaveštenja putem email-a ostalim korisnicima koji učestvuju u poslovnom procesu.

Napredna integracija poslovnog procesa omogućena je ugrađenim izvršnim modulom *JBoss JBPM* za rukovanje poslovnim procesima u Alfresco sistem. Za razliku od uključivanja jednostavnog poslovnog procesa podržanog u okviru web klijenta, napredna integracija zahteva pisanje programskog koda.

Kreiranje složenog poslovnog procesa odvija se u sledećim koracima.

- Modelovanje i *deploy* definicije procesa podrazumeva kreiranje definicije poslovnog procesa bez dodatne logike ponašanja samog procesa. Definicija procesa je opisana XML fajlom korišćenjem jPDL jezika. Jedan od načina modelovanja procesa podrazumeva korišćenje *jBPM Graphical Process Designer*, grafičkog editora koji je dostupan kao proširenje *Eclipse* alata.
- Povezivanje poslovnog procesa sa Alfresco UI komponentama vrši se definisanjem konkretnog modela sadržaja vezanog za željeni poslovni proces. Povezivanje zahteva kako kreiranje tako i izmenu već postojećih konfiguracionih fajlova. Definisanje modela sadržaja predstavlja fajl sa pravilima na koji način se vrši mapiranje zadataka poslovnog procesa na tipove konkretnog sadržaja nad kojim je pokrenut. Preciznije, ovaj fajl definiše strukturu meta podataka vezanih za poslovni proces.
- Izmena konfiguracionog fajla *web-client-config-custom.xml* radi definisanja načina prikazivanja meta podataka poslovnog procesa na web kori-

snikom intefejsu. *webclient.properties* radi ispisivanja stringova iz modela sadržaja i definicije poslovnog procesa. Postoji tačno specificirana sintaksa koja se mora poštovati kod mapiranja ove vrste.

- Dodavanje logike u definiciju poslovnog procesa se može vršiti uz oslonac na *JavaScripts*, Java klase.

Potvrda koncepta integracije složenog poslovnog procesa u Alfresco okruženje na opisani način i identifikacija prednosti i nedostataka u njegovom korišćenju izvodi se na bazi analize, dizajna i implementacije potpuno funkcionalnog segmenta informacionog sistema u cilju podrške određenom poslovnom procesu. Bez umanjavanja opštosti odabran je poslovni proces definisan internim dokumentom sistema kvaliteta Q2.LO.07 Fakulteta tehničkih nauka koji opisuje postupak izbora u nastavno zvanje.

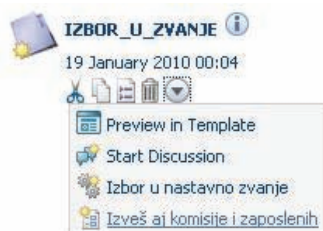
Detaljnija analiza pojedinih koraka dovodi do konkretnijeg opisa procesa gde može da se uoči prisustvo paralelizma koje se ogleda u mogućnosti istovremenog prikupljanja prijava na konkurs i postupka imenovanja komisije za ocenu kandidata. Postupak obrazovanja komisije za pripremu izveštaja je složen i sastoji se iz sekvence koraka u kojima učestvuju različite institucije poput veća odseka, Nastavno-naučnog veća fakulteta i dekanata. Postupak izbora u nastavna zvanja je najvećim delom unifikovan bez obzira da li se kandidat bira u saradnička (asistent pripravnik, asistent) ili nastavnička (docent, redovni profesor, vanredni profesor) zvanja. Ukoliko se kandidat bira u više nastavno zvanje potrebno je obezbediti i saglasnost Nastavno-naučnog veća univerziteta o izabranom kandidatu.

Za potrebe implementiranja izabranog procesa u okviru Alfresco repozitorijuma kreirane su korisničke grupe koje učestvuju u izvršavanju procesa. Korisničke grupe su uključene u definiciju procesa u okviru elementa *<swimlane>*, a dodela zadataka korisnicima se vrši pomoću *org.alfresco.repo.workflow.jbpm.AlfrescoAssignment*. Sem zadataka koji pripadaju dekanu, za koga se smatra da je jedinstven na nivou organizacije fakulteta, svi ostali zadaci se ubacuju u bazen zadataka dodeljene grupe. U okviru definicije procesa vrši se mapiranje meta podataka na procesne promenljive pomoću akcija koje implementira klasa *org.alfresco.repo.workflow.jbpm.AlfrescoJavaScript*.

Za aktivnost prijem prijava na konkurs postoji vremensko ograničenje, koje se u okviru definicije procesa realizuju korišćenjem elementa *<timer>*. Nakon isteka vremenskog perioda opisanog atributom *duedate*, proces će nastaviti dalje tranzicijom čiji naziv je naveden u atributu *transition*. Završetak konkursa određuje dekan donošenjem oduke da raspiše konkurs i u okviru tog zadatka se kreira promenljiva *iwfm\_zavrsetakKonkurs*.

S obzirom da većina dokumenata zahteva višestruko potpisivanje od strane različitih korisnika implementiran je poseban deo vezan za potpisivanje uz oslonac na Alfresco *jBPM* akciju *org.alfresco.repo.workflow.jbpm.ForEachFork* dinamički kreira i dodeljuje zadatak za svakog korisnika u listi prosleđenoj kroz vrednost elementa *<foreach>* *bpm\_assignees* predstavlja izraz koji

opisuje vrednosti korisnika iniciranjem asocijacije *assignee* u okviru *bpm namespace* modela sadržaja koja pokazuje na objekat *person* koji će sadržati vrednost potpisanog korisnika. Ova asocijacija se u model sadržaja *izborModel.xml* dodaje kao *mandatory-aspect*. Na ovaj način su podržani svi vidovi potrebnog potpisivanja u toku procesa. Treba još spomenuti da je u okviru Alfresco sistema omogućeno i elektronsko potpisivanje dokumenata.



Slika 2. Akcije pokretanja poslovnog procesa i izveštavanja

## 7. IZVEŠTAVANJE NA OSNOVU METAPODATAKA

Metapodaci predstavljaju strukturirane informacije koje olakšavaju pronalaženje, korišćenje i upravljanje resursima. Metapodaci su tipično strukturirani na korišćenjem šema metapodataka uključujući standarde i modele metapodataka. Šeme meta podataka obično specificiraju nazive elemenata i njihovu semantiku.

U okviru Alfresco repozitorijuma, metapodaci koji su sastavni deo svakog čvora aplikacije su skladišteni u relacionu bazu. Meta podaci i sadržaj mogu biti strukturirani na osnovu pravila opisanih u modelu sadržaja. Alfresco izvlači meta podatke iz fajla i upisuje ih kao osobine čvora pomoću Java klase *MetadataExtractor*. Jedan od načina za mapiranje metapodataka u toku izvršavanja poslovnog procesa je njihovo mapiranje na procesne promenljive.

JasperReports predstavlja moćan, fleksibilan alat otvorenog koda za izveštavanje koji se lako integriše u bilo koju Java aplikaciju. Izveštaji su definisani XML fajlovima koji po konvenciji imaju ekstenziju *.jrxml*. [5]

Za potrebe izveštavanja vezanih za posmatrani primer poslovnog procesa izbora u zvanje, implementirana je akcija koja kreira Jasper izveštaj koji sadrži sve zaposlene koji su bili sastavni deo komisije i Jasper izveštaj o svim kandidatima koji su primljeni u zvanje. Akcija je implementirana mehanizmom proširivanja na isti način kao što je opisano u poglavlju 4. Parametar akcije sadrži lokaciju fajla koji predstavlja izveštaj. S obzirom da su podaci koji opisuju članove komisije, odnosno primljene kandidate premapirani u toku izvršavanja procesa na procesne promenljive koje su sačuvane u bazi podataka na jednostavan način je formiran SQL upit za potrebe kreiranja izveštaja. Ključna tabela u bazi je *jbpm\_variableinstance* i njene kolone *NAME\_* i *STRINGVALUE\_*.

## 8. ZAKLJUČAK

Alfresco predstavlja fleksibilni sistem za upravljanje dokumentima. U okviru svoje arhitekture, Alfresco omogućava proširivanje sistema pomoću različitih mehanizama. Nadogradnja Alfresco sistema podrškom za upravljanje poslovnim procesima obuhvata i dve prikazane funkcije: integrisanje složenih workflow procesa u korisnički interfejs Alfresca, kao i formiranje izveštaja na osnovu strukturiranih metapodataka koji su prisutni u sistemu. Ovako prošireni Alfresco sistem upotrebljen je kao sredstvo za implementaciju složenog poslovnog procesa zasnovanog na komunikaciji učesnika putem dokumenata – procedure izbora u nastavna zvanja na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Implementirani prototip predstavlja potvrdu koncepta upotrebe Alfresca za implementaciju sistema ovog tipa.

Jedno od daljih unapređenja prikazanog sistema se odnosi na uvođenju podrške radu sa metapodacima koji svoje vrednosti dobijaju iz kontrolisanog rečnika – šifarnika.

## 9. LITERATURA

- [1] M. Shariff. *Alfresco Enterprise Content Management Implementation*, Packt Publishing, 2006. ISBN 1-904811-11-6
- [2] *JBoss jBPM – Workflow in Java*, <http://docs.jboss.org/jbpm/v3.2/userguide/html>
- [3] *Alfresco Enterprise Content Management*, <http://www.alfresco.org>
- [4] *JasperReports*, <http://jasperforge.org/>
- [5] *Reference Business Processes and Strategies for E-Commerce*, <http://www.wi-inf.uni-duisburg-essen.de>
- [6] G. Sladić, B. Milosavljević, S. Gostojić. Digitalno potpisivanje dokumenata u Alfresco sistemu. Zbornik radova YU Info 2009, Kopaonik 2009.
- [7] G. Savić, G. Sladić, B. Milosavljević. On-line uređivanje dokumenata u Alfresco sistemu. Zbornik radova YU Info 2008, Kopaonik 2008.

### Kratka biografija:



**Ivana Pavić** rođena je u Šapcu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarskih nauka i informatike, odbranila je 2010.god.



**Branko Milosavljević** rođen je u Novom Sadu 1973. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2003. godine, a od 2004. je u zvanju docenta. Oblasti interesovanja su elektronsko poslovanje i upravljanje dokumentima.

## JEDNA METODA ODABIRA OBELEŽJA ZA OCENU KVALITETA VIDEA

THE METHOD FOR SELECTION OF OBJECTIVE MEASURES  
FOR VIDEO QUALITY ASSESSMENTJovana Filipović, Dragan Kukolj, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

## Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu su opisani odabir i smanjenje broja objektivnih obeležja za procenu kvaliteta slike ili videa. Svrha rada je svođenje skupa od 29 objektivnih obeležja na 5 najreprezentativnijih koja će zajedno dati najbolju procenu kvaliteta videa u skladu sa subjektivnim sudom. U radu je opisan način odabira tih obeležja i dati su rezultati dobijeni analizom. Algoritam je realizovan u jeziku Matlab.

**Abstract** – In this paper, we present one method for selection and reduction of objective quality measures for perceptual video quality assessment. The purpose of the selection is to reduce set of 29 objective measures to the most representative features that together provide the best video quality assessment that would predict the Mean Opinion Score. The paper describes a feature selection method and give the results obtained by analysis. The algorithm was implemented in Matlab language.

**Ključne reči:** video kvalitet, objektivne mere, subjektivna ocena, odabir mera.

## 1. UVOD

Poslednjih godina se povećava potreba za razvijanjem metoda za objektivnu procenu kvaliteta slike ili videa kao niza slika, često nazivanim video sekvenca, koje mogu da ocene sliku automatski. U prošlosti je veliki napor uložen u razvoj novih objektivnih merila za kvalitet slike uzimajući u obzir mere kvaliteta koje se mogu opaziti okom razmatrajući karakteristike ljudskog vizuelnog sistema (eng. Human Visual System, HVS). Mnogi od predloženih pristupa za meru kvaliteta slike zahtevaju originalnu sliku kao referencu.

Nasuprot tome, čovek lako može da razluči kvalitet oštećene slike bez uvida u bilo kakvu referentnu sliku (eng. No-Reference, NR). Iz tog razloga je u ovom slučaju korišćen takav skup mera koje bez referentne slike daju procenu kvaliteta oštećene slike.

Različiti načini kodiranja uzrokuju različite vrste artefakta. Na primer, tehnika kodiranja zasnovana na blokovskoj diskretnoj kosinusnoj transformaciji (DCT), koja se koristi kod JPEG i MPEG kodiranja, najviše unosi artefakt primetnih ivica blokova u slici (eng. blocking) [1].

## NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Dragan Kukolj, vanr.prof.
- b) Rad je prethodno objavljen na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2009.

Ovaj artefakt nastaje kod tehnika kodiranja zasnovanih na blokovima zbog grube kvanizacije frekvencijskih komponenti i može se posmatrati kao nepovezanost slike na ivicama blokova. Artefakt, koji nastaje oko jakih ivica u slici, se može posmatrati kao pseudo-periodična ivica oko originalne ivice u slici (eng. ringing) [2]-[3]. To se dešava zbog nepravilnog skraćivanja visokofrekventne komponente. Ovaj artefakt je takođe poznat kao Gibsov (Gibbs) fenomen ili Gibsov efekat. Takođe se posmatra i kao lažna ivica u slici. Do efekta zamućenja (eng. blurring), koji se pojavljuje kao zamućenost ivica u slici ili zamagljena tekstura slike, dolazi zbog gubitka visokofrekventne komponente. Ovaj artefakt izaziva da slika bude mutnija nego originalna [4].

Postoji mnoštvo objavljenih radova koji predlažu različite metode merenja pomenutih izobličenja slike koja nastaju prilikom kodiranja. Cilj svakog pristupa oceni kvaliteta slike ili videa bez poznavanja njihovih originala je da se stvori sistem za procenu na osnovu predloženih metoda koji bi predvideo srednju ocenu subjektivnog suda ljudi (eng. Mean Opinion Score, MOS) [5], bez uvida u originalnu sliku ili video sekvenca.

Veći broj objavljenih pristupa za merenje količine artefakta, koji nastaju kao problem kodiranja videa MPEG koderom, je implementiran i korišćen u realizaciji ovog rada. Predložen je način izbora optimalnog skupa mera, za koji se obučava veštačka neuronska mreža (eng. Multilayer Perceptron, MLP) [6] kao nelinearni sistem koji bi na najbolji način predvideo srednju subjektivnu ocenu, MOS.

Poglavlje 2. sadrži predlog odabira optimalnog skupa objektivnih obeležja, 3. poglavlje sadrži opis predložene metodologije, a 4. rezultate dobijene nakon istraživanja. Kratak zaključak je dat u 5. poglavlju.

## 2. PREDLOG NAČINA ZA ODABIR OPTIMALNOG SKUPA OBJEKTIVNIH MERA

Prethodno je implementiran skup od 29 objavljenih pristupa za merenje količine artefakta u slici uvedenih MPEG kodiranjem. Lista obeležja sa njihovim referencama je navedena u Tabela 1.

Potom treba pronaći srednju subjektivnu ocenu kvaliteta, a onda i objektivnu ocenu za 9 video sekvenci standardnog formata (eng. Standard Definition, SD) [7] datih od VQEG grupe (eng. Video Quality Expert Group). Video sekvence su kodirane u skladu sa MPEG2 standardom na pet različitih bitskih brzina.

Za dobijanje srednje subjektivne ocene je korišćena standardna procedura u skladu sa [5].

Za računanje korelacije objektivnih ocena i srednje subjektivne ocene, kao i korelacije objektivnih mera između sebe, korišćene su Pirsonova (Pearson) i Spirmanova (Spearman) metoda, a u cilju pronalaženja odstupanja objektivnih ocena od srednje subjektivne ocene je korišćen koren srednje kvadratne greške (eng. Root Mean Square Error, RMSE).

Najefikasniji skupa obeležja je odabran na osnovu njihovog odnosa sa MOS-om i na osnovu njihovog međusobnog odnosa.

Tabela 1: Lista objektivnih mera

| #  | Naziv objektivne mere          | Referenca |
|----|--------------------------------|-----------|
| 1  | Two field difference           | [8]       |
| 2  | Variance ratio                 | [9]       |
| 3  | Blockiness                     | [10]      |
| 4  | Ringiness                      | [3]       |
| 5  | Ringiness 2                    | [3]       |
| 6  | Global motion vector intensity | [2]       |
| 7  | Activity                       | [1]       |
| 8  | Blocking effect                | [1]       |
| 9  | Zero-crossing rate             | [1]       |
| 10 | Z score                        | [1]       |
| 11 | Gradient based activity        | [11]      |
| 12 | Edge activity                  | [11]      |
| 13 | Contrast                       | [11]      |
| 14 | Correlation                    | [12]      |
| 15 | Energy                         | [12]      |
| 16 | Local homogeneity              | [12]      |
| 17 | Variance                       | [12]      |
| 18 | Contrast                       | [12]      |
| 19 | Blocking occurrence            | [13]      |
| 20 | Blocking intensity             | [13]      |
| 21 | Blocking summary               | [13]      |
| 22 | Ringiness                      | [14]      |
| 23 | Blurring                       | [4]       |
| 24 | HVS mean                       | [15]      |
| 25 | HVS variance                   | [15]      |
| 26 | HVS median                     | [15]      |
| 27 | Motion estimation              | [15]      |
| 28 | Blocking objective score       | [13]      |
| 29 | Blocking subjective score      | [13]      |

### 3. OPIS METODOLOGIJE ODABIRA OBELEŽJA

#### 3.1 Subjektivno ocenjivanje video sekvenci

Najreprezentativniji pristup proceni kvaliteta videa je subjektivno ocenjivanje čoveka kao posmatrača, čija će konačna procena verno odraziti percepciju gledaoca. Subjektivna mera kvaliteta (MOS), koja predstavlja srednju ocenu mišljenja grupe ljudi kao posmatrača, izvedena je iz testova rađenih prema ITU-R BT.500-10 [5]. Prvo je određen broj video sekvenci SD formata kodiran i dekodiran MPEG2 video kodekom na različitim bitskim brzinama. Gledaocima su zatim u ispitivanju predstavljeni parovi sekvenci (eng. Double Stimulus Continuous Quality Scale, DSCQS), gde je prva u paru originalna, a druga kodiranjem oštećena sekvenca. Nakon toga su za ocenjivanje nasumično spojene originalna i oštećene video sekvence da bi gledaoci ocenili kvalitet

svih oštećenih videa na skali od 1 do 5 u skladu sa tim koliko ih smatraju kvalitetnim. Moralo je da bude najmanje 20 lica za svako ispitivanje, kako bi se dobili statistički smisleni rezultati, a trajanje ispitivanja je moralo da bude najviše 30 minuta kako bi se zadržala pažnja gledalaca.

#### 3.2 Objektivno ocenjivanje video sekvenci

Kako se u poslednje vreme javlja potreba za sistemima koji su sposobni da automatski predvide kvalitet, postoji veliki broj objavljenih radova koji se bave metodama za procenu kvaliteta slike ili videa. Ocena kvaliteta video sekvence se zasniva na pojedinačnoj oceni kvaliteta svake slike sekvence, odakle se za jednu sekvencu dobija onoliko vrednosti koliko sekvenca ima slika. Da bi se dobila jedna ocena za celu sekvencu uzima se medijana vrednosti ocena njenih slika. Video sekvence SD formata, koje su prethodno ocenili gledaoci, sada se ocenjuju objektivnim merama kako bi se dobila objektivna ocena kvaliteta videa. Za 9 video sekvenci i za svaki nivo degradacije (ukupno 45 sekvenci) su izračunate vrednosti 29 objektivnih mera na nivou slike, gde svaki video ima 220 slika. Kako se red veličine ocene slike razlikuje od metode do metode, dobijene ocene kvaliteta za svaku meru posebno preslikane su na interval od 0 do 1 radi ispravne statističke analize. Na ovaj način se dobija konačan skup objektivnih ocena upotrebljiv za dalju analizu u cilju pronalaženja mera koje na najbolji način predviđaju MOS.

#### 3.3 Odabiranje objektrivih obeležja

Izabran pristup odabiru obeležja se oslanja na činjenicu da postoji veliki broj objavljenih metoda za merenje količine artefakta u slici nastalog kodiranjem. Iz tog razloga postoji veliki broj objektivnih mera koje su veoma slične jer, na primer, mere količinu istog artefakta metodama koje se razlikuju, ali na ovaj ili onaj način, bolje predviđaju kvalitet slike u skladu sa ljudskim opažanjem. Iz tog razloga su kao kriterijum u odabiru uzeti i odnosi objektivnih ocena sa subjektivnom ocenom i međusobni odnosi objektivnih mera. Do smanjenja broja obeležja se dolazi izdvajanjem obeležja koja imaju veći uticaj u preciznom predviđanju subjektivne ocene kvaliteta. Na ovaj način se postiže smanjenje ukupne greške sistema u proceni konačnog MOS-a. Odabir obeležja dominantnih u ocenjivanju vidljivih promena kvaliteta slike je zasnovan na statističkoj analizi. Generalno rečeno, efikasnost objektivne mere u proceni video kvaliteta se ogleda kroz korelaciju sa MOS-om.

U ovom radu su korišćene sledeće mere statističke analize: koren srednje kvadratne greške (RMSE), Pirsonov koeficijent linearne korelacije (eng. Pearson linear correlation coefficient, PCC) i Spirmanov koeficijent korelacije (eng. Spearman's rank correlation coefficient, SCC). Da bi se smanjio skup objektivnih mera i izabrale one mere koje su u najvećoj korelaciji sa subjektivnom ocenom, prvo je izabrana ona mera koja se najbolje poklapa sa MOS-om po statističkoj analizi, tačnije ima najveći Pirsonov koeficijent korelacije po apsolutnoj vrednosti. U odnosu na izabranu, formira se

podskup mera čije su apsolutne vrednosti PCC koeficijenata sa već izabranom merom manje od nekog praga:

$$|corr(SC)| < trsh \quad (1)$$

gde je  $trsh$  visina praga, a  $corr(SC)$  koeficijent korelacije objektivne mere i MOS-a.

Iz tako određenog podskupa pronalazi se nova mera koja ima najmanju korelaciju sa prethodno odabranom objektivnom merom i najveću korelaciju sa MOS-om na osnovu sledeće formule:

$$\min \left( \sum \left( v_2 corr(OC) + \frac{v_1}{corr(SC)} \right) \right), \quad (2)$$

gde je  $v_2$  srednja vrednost Pirsonovih koeficijenata međusobnih korelacija objektivnih mera,  $v_1$  srednja vrednost PCC koeficijenata između objektivnih mera i MOS-a,  $corr(OC)$  vrednost koeficijenta korelacija između objektivnih mera.

Tabela 2: Koeficijenti PCC, SCC korelacije i RMSE

| RMSE   | #  | PCC     | #  | SCC     | #  |
|--------|----|---------|----|---------|----|
| 0.2900 | 23 | 0.4586  | 10 | 0.4417  | 10 |
| 0.3644 | 18 | 0.3162  | 9  | 0.3123  | 29 |
| 0.3658 | 9  | 0.2000  | 6  | 0.3065  | 9  |
| 0.3714 | 7  | 0.1720  | 22 | 0.2710  | 22 |
| 0.3863 | 5  | 0.1453  | 28 | 0.2666  | 28 |
| 0.3876 | 14 | 0.1432  | 29 | 0.2283  | 4  |
| 0.3946 | 15 | 0.1419  | 4  | 0.2135  | 6  |
| 0.3957 | 16 | 0.1298  | 27 | 0.1536  | 1  |
| 0.3962 | 12 | 0.1225  | 18 | 0.1463  | 27 |
| 0.4071 | 13 | 0.1157  | 1  | 0.1438  | 18 |
| 0.4071 | 10 | 0.0866  | 5  | 0.0338  | 5  |
| 0.4130 | 17 | 0.0648  | 7  | 0.0308  | 7  |
| 0.4183 | 6  | 0.0398  | 15 | 0.0223  | 15 |
| 0.4229 | 11 | 0.0324  | 11 | 0.0095  | 13 |
| 0.4283 | 8  | 0.0231  | 23 | 0.0041  | 16 |
| 0.4399 | 27 | 0.0181  | 13 | -0.0021 | 17 |
| 0.4456 | 4  | 0.0141  | 17 | -0.0030 | 11 |
| 0.4680 | 29 | 0.0068  | 16 | -0.0328 | 12 |
| 0.4904 | 28 | -0.0059 | 2  | -0.0442 | 14 |
| 0.4923 | 20 | -0.0293 | 12 | -0.0559 | 23 |
| 0.5015 | 22 | -0.0461 | 14 | -0.0956 | 2  |
| 0.5143 | 1  | -0.1688 | 8  | -0.1873 | 8  |
| 0.5348 | 3  | -0.2809 | 20 | -0.2820 | 20 |
| 0.5545 | 25 | -0.3320 | 3  | -0.2847 | 3  |
| 0.5634 | 24 | -0.3968 | 26 | -0.4089 | 26 |
| 0.5943 | 26 | -0.4333 | 24 | -0.4332 | 21 |
| 0.6134 | 2  | -0.4721 | 19 | -0.4915 | 25 |
| 0.6166 | 19 | -0.4928 | 25 | -0.5045 | 24 |
| 0.6288 | 21 | -0.5266 | 21 | -0.5621 | 19 |

Pošto je izabrana još jedna objektivna mera prema gore datom opisu i formuli, ovaj postupak se ponavlja dok se ne dobije skup od 5 objektivnih mera, uz napomenu da se algoritam na isti način ponavlja, samo što se u sledećem koraku bira podskup mera čiji su PCC između mera manji od nekog praga za obe već izabrane objektivne mere, itd.

### 3.4 Ispitivanje sistema za odabran skup mera

Za ispitivanje i potvrđivanje napretka u predviđanju MOS-a korišćen je nelinearni sistem, veštačka višeslojna

neuronska mreža sa propagacijom signala unapred (MLP). Na osnovu izabranog skupa mera neuronska mreža se obučavala da predvidi MOS. Izabran pristup za ispitivanje sistema je takozvano unakrsno potvrđivanje ispravnosti (eng. cross-validation).

## 4. REZULTATI

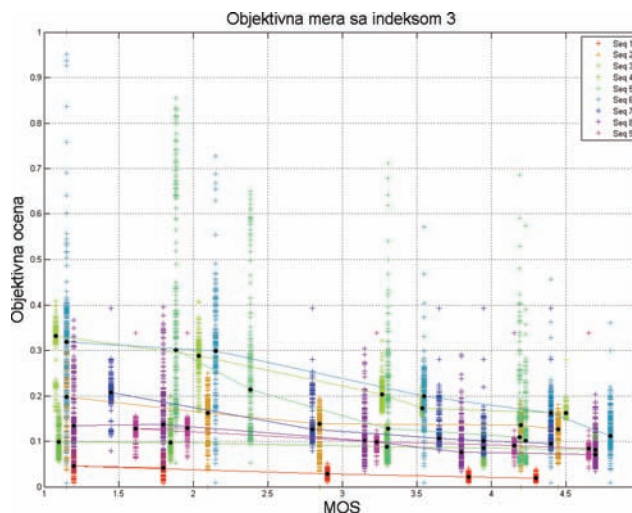
U Tabela 2 su prikazani RMSE, PCC i SCC između objektivnih mera i MOS-a. Vrednosti koeficijenata su složene po veličini, a pored svakog koeficijenta u koloni stoji indeks objektivne mere čiji je to koeficijent.

Primenom opisanog pristupa odabira obeležja u zavisnosti od visine praga  $trsh$  dobijaju se skupovi obeležja prikazani u Tabela 3. Izabrane mere su obeležene indeksom, a nazivi objektivnih mera koji odgovaraju indeksima se nalaze u Tabela 1.

Tabela 3: Odabrane objektivne mera u zavisnosti od visine praga

| Prag | Indeksi 5 izabranih obeležja |    |   |    |    |
|------|------------------------------|----|---|----|----|
| 0.9  | 21                           | 25 | 9 | 3  | 26 |
| 0.8  | 21                           | 25 | 9 | 3  | 20 |
| 0.7  | 21                           | 9  | 3 | 20 | 6  |
| 0.6  | 21                           | 9  | 3 | 6  | 22 |
| 0.5  | 21                           | 9  | 3 | 6  | 22 |

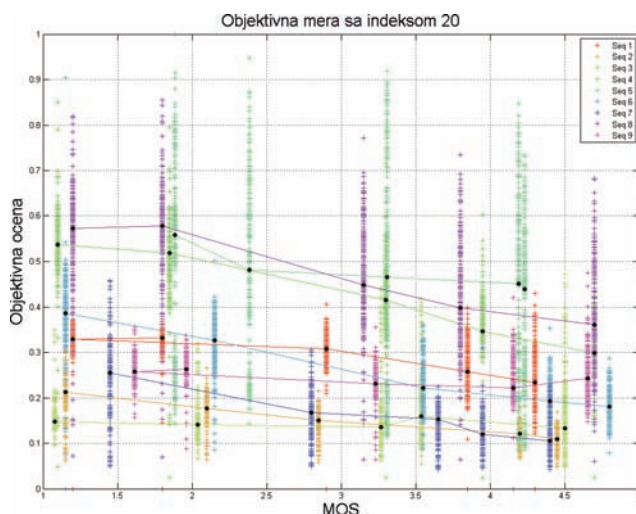
Zanimljivo je grafički prikazati kako se objektivne ocene jedne mere za korišćene video sekvence grupišu oko različitih vrednosti u zavisnosti od toga koju sekvencu ocenjuju. Na slikama Sl. 1 i Sl. 2 su prikazane samo neke od objektivnih mera iz Tabela 3.



Sl. 1. Ponašanje objektivne mere 3

Apscisa predstavlja MOS ocene sekvenci koje se kreću u intervalu od 1 do 5, a ordinata objektivne ocene skalirane na interval od 0 do 1. Crna tačka je medijana objektivne ocene za određenu sekvencu. Tako, na primer na slici Sl. 1, plavi krstići za vrednost MOS-a 1.45 su vrednosti objektivnih ocena objektivne mere 3 za sedmu SD video sekvencu, a crna tačka na tom plavom intervalu je medi-jana ocena. Plava linija koja spaja pet medijana objektivnih ocena za pomenutu sekvencu i njenih pet

stepena oštećenja pokazuje blagi trend opadanja kako nivo degradacije sekvence opada, odnosno kako MOS raste. U Tabela 2 se može videti PCC ove objektivne mere sa MOS-om i on je sa negativnim predznakom, što video sekvence se bolje vidi kod nekih drugih objektivnih mera, kao na primer, na slici Sl. 2.



Sl. 2. Ponašanje objektivne mere 20

#### 4.1 Rezultati testiranja

Od korišćenih 9, podaci 8 sekvenci se koriste za obučavanje sistema, dok se podaci preostale devete sekvence koriste za ispitivanja, odnosno ta sekvenca predstavlja potpuno nepoznatu sekvencu za obučeni MLP sistem. Postupak se ponavlja 9 puta, svaki put izostavljajući drugu sekvencu u postupku obučavanja kako bi se potom izostavljena sekvenca koristila za ispitivanje. U Tabela 4 su prikazani rezultati ispitivanja sistema za devet korišćenih sekvenci u istraživanju.

Tabela 4: Rezultati ispitivanja sistema za 9 SD sekvenci

| Test sekvenca | RMSE ispita |
|---------------|-------------|
| "Parade"      | 0.3668      |
| "Harp"        | 0.6756      |
| "Ant"         | 0.8168      |
| "Kavak"       | 0.6248      |
| "Formula"     | 0.2533      |
| "Food court"  | 0.6742      |
| "Scrolling"   | 0.6798      |
| "Football"    | 0.4436      |
| "Train"       | 0.5010      |

Na osnovu ovog ispitivanja, RMSE predloženog sistema za procenu kvaliteta dostiže prosečnu vrednost od 0.56 za 20 ponovljenih ispitivanja rađenih za svaku sekvencu. Najbolja objavljena metoda za procenu kvaliteta slike (Wang, [1]) dostiže znatno veći RMSE (1.03), pokazujući da ovim radom predstavljen odabir

pokazuje obrnutu proporcionalnost količine oštećenja u slici sa porastom kvaliteta kodiranja. Trend opadanja ili porasta vrednosti objektivnih ocena sa porastom kvaliteta

mera postiže primetan napredak u proceni MOS-a.

#### 5. ZAKLJUČAK

Velikim brojem objavljenih metoda za otkrivanje i merenje artefakta uvedenih na blokovima zasnovanim DCT kodiranjem, je procenjen kvalitet dostupnih video sekvenci. Opisan je pristup odabira mera za kvalitet videa, zasnovan na njihovom odnosu sa subjektivnom procenom kvaliteta. Sistem za procenu MOS-a u vidu višeslojne neuronske mreže je obučavan korišćenjem izabranih obeležja. Na osnovu RMSE greške, predloženi sistem za procenu kvaliteta videa dostiže bolje rezultate u odnosu na one rezultate postignute jednom merom, kada se uzme ocenjivanje sekvence zasnovano na proceni kvaliteta svake njene slike. Rezultati istraživanja pokazuju da je potrebno proširiti skup sekvenci neophodan za obučavanje MLP radi poboljšanja rezultata.

#### 6. LITERATURA

- [1] Wang, Z., Sheikh, H.R., Bovik, A.C., "No-reference perceptual quality assessment of jpeg compressed images", 2002, 447-480.
- [2] Warwick, G., Thong, N., "Signal Processing for Telecommunications and Multi-media", ch. 6. "Classification of Video Sequences in MPEG Domain", Springer, 2004.
- [3] Kirenko, I., "Reduction of compression artifacts in displayed images", (WO/2006/056940), 2006.
- [4] Ferzli, R., Karam, L., "A no-reference objective image sharpness metric based on just-noticeable blur and probability summation. Image Processing", 2007. ICIP 2007. IEEE International Conference on 3, ch. 3, 445-448, 16 2007-Oct. 19 2007.
- [5] BT.500, I.R., "Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Tele-vision Pictures", 2002.
- [6] Haykin, S., "Neural Networks: A Comprehensive Foundation", Macmillan, New York, 1994.
- [7] <ftp://ftp.crc.ca/crc/vqeg/TestSequences/Reference/>
- [8] Wolf S., Pinson M., "Video quality measurement techniques", 2002.
- [9] Kim K., Davis L., "A fine-structure image/video quality measure using local statistics", 3535-3538, 2004.
- [10] Babu V.R., Perkis, A., Hillestad O.I., "Evaluation and monitoring of video quality for uma enabled video streaming systems", *Multimedia Tools Appl.* 37(2) 211-231, 2008.
- [11] Kusuma, T., Caldera, M., Zepernick, H., "Utilising objective perceptual image quality metrics for implicit link adaptation", ch. 4, 2319-2322, 2004.
- [12] Idrissi N., Martinez J., Aboutajdine D., "Selecting a discriminant subset of co-occurrence matrix features for texture - based Image retrieval", 696-703, 2005.
- [13] Liu, S., Bovik, A. C., "Efficient DCT-Domain Blind Measurement and Reduction of Blocking Artifacts", *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, accepted for publication, 2002.
- [14] Feng, X., Allebach, J.P., "Measurement of ringing artifacts in JPEG images", 2006.
- [15] Babu, V., Perkis, A. "An HVS-based no-reference perceptual quality assessment of. JPEG coded images using neural networks", Springer, 2006.
- [16] Barjatya, A., "Block Matching Algorithms For Motion Estimation", 2006.

**MAPIRANJE IMENA I IDENTIFIKATORA ENTITETA OBJEKTNOG MODELA  
PODATAKA U NADZORNO-UPRAVLJAČKIM SISTEMIMA****MAPPING OF NAMES AND IDENTIFIERS OF ENTITIES OBJECT MODEL DATA IN  
SUPERVISORY CONTROL SYSTEMS**Milena Gojković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je, po uzoru na IEC standard, predloženo rešenje za mapiranje imena i identifikatora entiteta objektnog modela podataka u nadzorno-upravljačkim sistemima, tako da se omogući generički pristup podacima. Rešenje je realizovano kao servis sa generičkim interfejsom preko koga se na lak način može izložiti imenski prostor koristeći unapred zadate hijerarhije resursa u cilju razmene korisnih informacija. Pri tome je imenski prostor, resursi organizovani u hijerarhiju, smešten u relaciju bazu podataka organizovanu kao Nested Set model.

**Abstract** – The paper is modeled on the IEC standard, the proposed solution to the mapping of names and identifiers of entities in the object model of data monitoring and control systems, to allow generic data access. The solution is implemented as a service with a generic interface through which it can easily expose namespace using pre-defined hierarchy of resources in order to share useful information. At the same namespace, resources are organized into hierarchies, stored in a database organized as a Nested Set Model.

**Ključne reči:** Naming Service, Generički interfejs, Nested Set Model

**1. UVOD**

Od vremena kada su u elektroenergetskim postrojenjima i centrima upravljanja dominirale centralizovane SCADA aplikacije (*Supervisory Control and Data Acquisition*), koje su obezbeđivale prikupljanje i obradu podataka u realnom vremenu, desila su se znatna unapređenja i proširenja, omogućena razvojem hardvera i informacionih i komunikacionih tehnologija. Porast broja softverskih podsistema integrisanih u okviru EMS-a (*Energy Management System*) ima i svoju negativnu posledicu, pre svega u činjenici da je održavanje takvog kompleksnog sistema mnogo teže jer se aplikacije, najčešće potekle od različitih proizvođača, neminovno razlikuju u svojoj arhitekturi i tehnologiji realizacije, pa je samim tim i razmena informacija među njima otežana.

U distribuiranim heterogenim sistemima više se ništa ne može posmatrati izolovano. Sve komponente sistema bilo da se radi o fizičkim objektima, hardverskim ili softverskim komponentama posmatraju se kao resursi koji

su u nekoj vrsti relacija i koje treba modelovati tako da se na najefikasniji način opiše sistem i koriste informacije kojima raspolažemo. U ovom radu će biti prikazano kako se korišćenjem poznatih specifikacija i standarda unificira prenos podataka između aplikacija, mapirajući imena na jedinstvene identifikatore. Na taj način postizemo laku integraciju i interoperabilnost između različitih aplikacija u sistemu. Korist ovakvog prenosa podataka između različitih aplikacija jeste da se jedinstvenom identifikacijom resursa brojem dobija na brzini pri prenosu podataka, a čitljivim imenom na jednostavnosti kod korišćenja.

U drugom poglavlju govori se o generičkom pristupu podacima i organizovanju imena u imenski prostor. U trećem poglavlju predstavljen je predlog rešenja a u četvrtom poglavlju izložena je programska realizacija. U petom poglavlju prikazani su primeri gde je testiran realizovan interfejs u ovim radom.

**2. GENERIČKI PRISTUP PODACIMA**

IEC je napravio niz standarda za integraciju složenih sistema. Od postojećih standarda koji pokrivaju oblast elektroenergetskih sistema, uključujući opremu, EMS (*Energy Management Systems*), SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) i razmenu real-time i non-real-time informacija ovde su IEC 61970 i IEC 61968 su od posebnog interesa jer se bave uvođenjem novog koncepta modelovanja podataka i razmenom tih modela na standardizovan način.

**2.1. Generic Interface Definition**

Najznačajniji deo standarda IEC 61970 je CIM (*Common Information Model*): sveobuhvatni, apstraktni, objektno-orijentisan model elektroenergetskog sistema. Zbog obimnosti CIM modela, predložene specifikacije klasa objekata u UML formatu (*Unified Modeling Language*) su grupisane u više logičkih paketa, od kojih svaki predstavlja određeni aspekt kompletnog sistema. CIM model u ovom slučaju predstavlja smernice za organizaciju budućih informacionih modela, a postojeći se preko interfejsa povezuju sa ostalim softverskim podsistemima u cilju razmene zajedničkih informacija.

Aplikacije koriste standardne interfejse za međusobno direktno povezivanje ili integraciju između različitih aplikacija. GID (*Generic Interface Definition*) interfejsi omogućavaju aplikacijama da budu napisane nezavisno u odnosu na osnovnu infrastrukturu.

Generički interfejsi se mogu realizovati pomoću različitih *middleware* tehnologija uključujući CORBA, COM, Java, WCF (*Windows Communication Foundation*) komunikacija, .NET itd.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, docent.

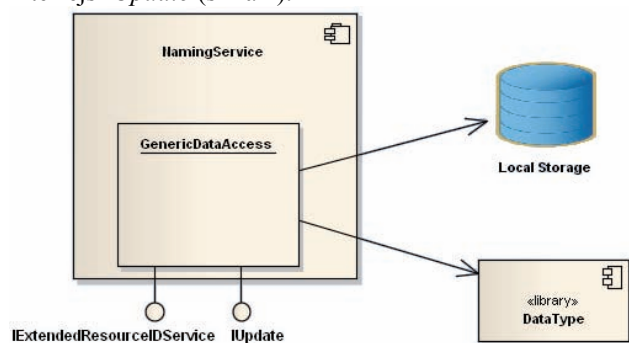
Još jedna bitna stvar kod integracije različitih aplikacija, sem generičkih interfejsa, jesu imenski prostori. Imenski prostor obezbeđuje sporazum o tome kako da komuniciraju CIM bazirani informacijski sistemi, koristeći unapred zadate hijerarhije, preko generičkih interfejsa u cilju razmene korisnih informacija među sistemima. Definicija i način organizacije imenskog prostora definisan je u standardu IEC 61970-402.

Postoje tri prostora imena (hijerarhijski organizovani): TC57PhysicalModel (koji predstavlja deo CIM standarda IEC 61970-402), TC57ClassModel i TC57ISModel.

TC57PhysicalModel organizuje entitete energetskog sistema u formu stabla u skladu sa fizičkim vezama elementeta, npr. kompanije sadrže područja pod kontrolom, područja sadrže podstanice, itd.

### 3. PREDLOG REŠENJA

Potrebno je realizovati *Naming Service* kao servis koji komunikaciju sa ostalim komponentama u sistemu zasniva na *WCF*-u. *Naming Service* realizuje dva interfejsa. Prvi je proširenje *DAF* (*Data Access Facility*) interfejsa definisan u *GDA* (*Generic Data Access*) standardu *Extended ResourceIDService*, a drugi je interni interfejs *IUpdate* (slika 1).



Slika 1. UML model rešenja

Sastavni deo *DAF* specifikacije je opis servisa (*ResourceIDService*) koji vrši preslikavanje *DAF* identifikatora u čitljiva imena resursa uzimajući u obzir sistem za koji se vrši preslikavanje imena [1]. Proširenje ovog servisa se nalazi u *GDA* standardu u okviru *IExtendedResourceIDService*, gde osim metoda iz *DAF* specifikacije, *get\_resource\_ids* i *get\_uris*, postoje još dve metode *set\_uris* i *create\_resource\_ids* [2].

*DataType* predstavlja biblioteku u koju se smeštaju definicije izvedenih tipova podataka.

Pored osnovne namene – mapiranja, predloženo rešenje vodi računa o promeni podataka u sistemu. Stoga je *Naming Service* komponenti dodat interfejs *IUpdate* za unos promena podataka koje mogu uticati na njegov rad.

Tipovi resursa koji se mapiraju razlikuju se u zavisnosti od vrste nadzorno-upravljačkog sistema i organizovani su u hijerarhije koje su specifične takvim sistemima. Tu se nalaze čitljiva imena resursa sa odgovarajućim *DAF* identifikatorima. U elektroenergetskom sistemu elementi energetskih mreža su organizovani u unapred poznate hijerarhije (npr. prekidač, trafo-stanica, područje, kompanija itd.). U ovom radu biće razmatrana jedna od hijerarhija - TC57PhysicalModel, skladištena unutar relacije baze podataka.

Pošto hijerarhija resursa skladištena u relacionoj bazi mora imati roditelj-dete vezu (u smislu pripadanja resursa

iz fizičke perspektive), gde svaki roditelj ima jedno ili više dece, a svako dete ima jednog roditelja (izuzetak je vrh tabele koji nema svog roditelja - *root* hijerarhije), potrebno je izabrati pogodnu šemu baze podataka za opis pomenutih relacija. Za potrebe ovog rada upotrebljen je hibridni model, gde su kombinacijom *Adjacency List* modela i *Nested Set* modela i dobrih osobina jednog i drugog modela postignute odlične performanse servisa [3].

### 4. PROGRAMSKA REALIZACIJA

Servis za mapiranje *NamingService* je realizovan upotrebom *C#* programskog jezika u okviru *Visual Studio 2008* razvojnog okruženja. Napisana je serverska aplikacija koja komunikaciju sa ostalim komponentama sistema zasniva na *WCF*-u. Podržani su ranije opisani interfejsi *NamingService*-a.

Hijerarhijska organizacija resursa realizovana je kao *Nested Set* model koji je smešten u *MS SQL Server 2005* bazu podataka. Pristup bazi iz aplikacije realizovan je upotrebom *ADO.NET*-a 3.5. Implementiran interfejs *IUpdate* omogućava ažuriranje podataka u bazi kako bi promene u sistemu bile konzistentne sa promenama u *Naming Service*.

#### 4.1. Extended Resource ID Service

Kao što je već pomenuto cilj ovog rada jeste realizacija jednog od interfejsa *GDA* standarda koja predstavlja proširenje *DAF* interfejsa *ResourceIDService*. Stoga su dodate još dve metode na *DAF* interfejs i ubačen je *view\_name* parametar koji ukazuje na sistem iz kog dolazi čitljivo ime resursa.

Tabela 1. Metode *IExtendedResourceIDService*

|                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|
| ResourceIDSequence                                              |
| <b>get_resource_ids</b> (URISequence URISequence)               |
| URISequence                                                     |
| <b>get_uris</b> (string view_name, ResourceIDSequence ids)      |
| void <b>set_uris</b>                                            |
| (string view_name, ResourceIDSequence ids, URISequence uris)    |
| ResourceIDSequence                                              |
| <b>create_resource_ids</b> (ResourceID prototype, int how_many) |

U osnovi servis za mapiranje vrši preslikavanje tekstualnog imena *URI* na brojni identifikator *ResourceID*, i obratno. *URI* je string koji predstavlja jedinstvenu reprezentaciju čitljivog imena resursa i unutar njega je na jedinstven način predstavljena hijerarhija imena za dati resurs. *ResourceID* je neoznačeni 128-bitni broj koji je u ovom rešenju modelovan kao struktura od dva 64-bitna broja. Navedene metode omogućavaju mapiranje više resursa u jednom pozivu, te se za to upotrebljavaju lista *ResourceID*-jeva *ResourceIDSequence*, kao i lista *URI*-ja *URISequence*.

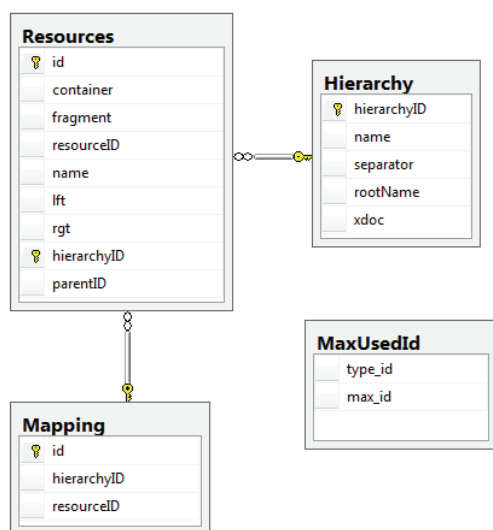
Prva metoda *get\_reosurce\_ids()* mapira ljudima čitljiva imena resursa *URI*-je na jedinstvene identifikatore. Ova metoda prihvata kao ulazni parametar *URISequence*, a rezultujući skup *ResourceIDSequence* je istog redosleda, i ako traženi *URI* ne postoji baca se *LookupError* izuzetak. Druga metoda ovog interfejsa *get\_uris* prihvata sekvencu *ResourceID*-jeva kao i sistem za koje se traže *URI*-ji (imena) i vraća odgovarajuće *URI*-je. Rezultujuća sekvenca je iste dužine i ima identičan redosled kao i ulazna. Ako server ne prepoznaje određeni identifikator resursa i nije odgovoran za ovaj prevod, metoda će baciti izuzetak. Prevođenje *ResourceID*-jeva u odgovarajuća

imena vrši se na sledeći način: za jedan *ResourceID* iz sekvence pravi se ugnježdjeni SQL upit ka bazi koji će za tačno određenu hijerarhiju, na koju nam ukazuje *view\_name*, i taj *ResourceID* vratiti odgovarajuće ime. Rezultujući *URI* u sebi sadrži svoje i sva imena hijerarhijski viših nivoa u odnosu na traženi resurs, tj. dobija se jedinstvena putanju od vrha hijerarhije do lista. Treća metoda *set\_uris* prihvata sekvencu *ResourceID*-jeva i sekvencu *URI*-ja kao i odgovarajući *view\_name* za koji je potrebno postaviti *URI*-je za date *ResourceID*-jeve iz sekvenci. Ako server ne prepoznaje određene identifikatore resursa ili imena resursa, metoda će baciti *UpdateError* izuzetak. Ova metoda po izdvajanju novog resursa iz sekvence i provere da li je validan *URI* vrši upis novog resursa u *Resources* tabelu u tačno određenu hijerarhiju specificiranu *view\_name* i par *resourceID*-*hierarchyID* smešta u Mapping tabelu.

Četvrta metoda *create\_resource\_ids* prihvata *ResourceID* prototip, koji predstavlja CIM klasu (*container*) za koju želimo da formiramo nove identifikatore resursa, kao i koliko se novih identifikatora resursa želi kreirati. Povratna vrednost ove metode je sekvenca validnih *ResourceID*-jeva, gde nijedan od identifikatora resursa ne može biti jednak sa predhodno generisanim identifikatorima resursa.

#### 4.2. Model podataka

U bazi podataka je formiran relacioni model čiji je zadatak da mapira identifikatore resursa na njihova čitljiva imena uzimajući u obzir hijerarhiju u kojoj se nalaze. Ceo model se sastoji iz četiri tabele (slika 2):



Slika 2. Model u bazi podataka

U *Resource* tabeli smešteni su svi identifikatori resursa kao i njihova imena. Organizovani su prema TC57PhysicalModel hijerarhiji čiji čvorovi predstavljaju CIM-instance klasa poput područja (*control areas*), podstanica (*substations*), prekidača (*breakers*) itd.

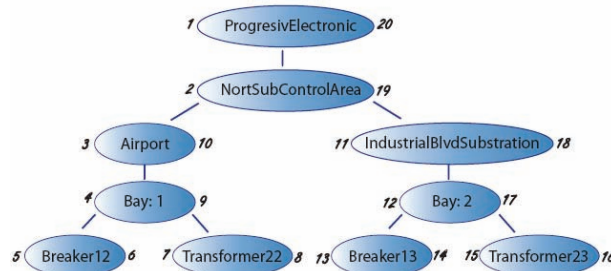
Sa potrebom da se podaci u relacionoj bazi organizuju hijerarhijski nastaje problem jer tabele u relacionim bazama podataka nisu hijerarhijske, već obične liste. Problem je rešen korištenjem već pomenutog hibridnog model (*Adjacency List - Nested Set Model*) i primenjen je na šemu *Resources* tabele. Svaki red unutar *Resources* tabele reprezentuje jedan resurs koji unutar hijerarhije ima jedinstveni levi *lft* i desni *rgt* pokazivač, svoj jedinstven

identifikator *resourceID*, jedinstveno ime resursa *name* i pokazivač na svog roditelja *parentID*.

Postavljanje *lft* i *rgt* pokazivača se vrši po *preorder tree traversal* (od vrha sa leva na desno) algoritmu na osnovu koga se organizuje hijerarhija. Ovakva organizacija predstavlja suštinu *Nested Set* modela pa se na taj način hijerarhija može lako pretražiti.

Dodavanje novih elemenata u hijerarhiju olakšava to što svaki resurs ima svog jedinstvenog roditelja (dobra osobina *Adjacency List* modela). Ovde predloženo rešenje omogućava da se određeni resurs može naći u više hijerarhija i tada ime resursa ne mora biti isto u svim hijerarhijama, ali je njegov identifikator jedinstven za sve njih.

Na slici 3 prikazan je deo sadržaja *Resources* tabele, primera jedne hijerarhije, modelovane kao *Nested Set* model. Na stablu prikazani su samo *lft* i *rgt* pokazivači i imena resursa.



Slika 3. Podaci iz *Resources* tabela modelovani kao *Nested Set* model

Tabela *Hierarchy* sadrži *hierarchyID* koji je jedinstveni identifikator za datu hijerarhiju. U *xdoc* polju smešten je izgled hijerarhije u XML formatu, *name* se vezuje za ime hijerarhije koji se može povezati sa imenom sistema za koji je modelovana određena hijerarhija. Polje *rootName* predstavlja zaglavlje *URI*-ja datog resursa, na taj način u metodama gde ne postoji *view\_name* parametar *rootName* nam ukazuje iz kog sistema dolazi. U polju *separator* smešten je znak sa kojim se odvajaju imena određenog nivoa hijerarhije u *URI*-ju.

Pri kreiranju novog identifikatora resursa u sistemu, odnosno pri uparivanju imena i identifikatora resursa, prvo se par *hierarchyID* – *resourceID* dodaje u tabelu *Mapping* a potom se identifikator resursa sa svim parametrima upisuje u tabelu *Resources*.

U *MaxUsedId* tabeli čuvaju se najveći iskorišteni identifikatori (fragment deo identifikatora) za datu klasu resursa (*container*). Te vrednosti se postavljaju pri svakom kreiranju novog identifikatora resursa, tj. pri pozivu metode *creat\_resource\_ids* za datu klasu resursa (CIM klasu) i odgovarajući broj instanci date klase formiraju se novi identifikatori resursa koji u sebi imaju informaciju o fragmentu i *container*-u.

#### 4.3. IUpdate interfejs

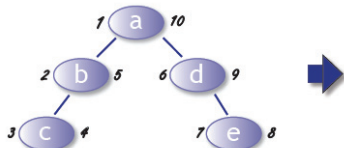
Promene u bazi dešavaju se na osnovu promena u glavnom modelu sistema kome je *Naming Service* podređena aplikacija. Dojave o promenama dobijaju se kroz *IUpdate* interfejs. Na osnovu dojava *Naming Service* aplikacija vrši izmene u *Resources* tabeli, pokrećući neki od tri skripta. Koji će skript biti pokrenut zavisi od toga koja od tri operacija je izvršena nad glavnim modelom: izmena postojećih podataka *Update*, dodavanje novog resursa *Insert* ili brisanje postojećeg resursa *Delete*.

*Update* se poziva kada unutar modela dolazi do promena roditelja nekog od resursa. Da bi uslovi algoritma pretrage bili zadovoljeni potrebno je uraditi ažuriranje svih *lft* i *rgt* pokazivača. Na primer, ako resursu *c* roditelj nije više resurs *b* nego njegov roditelj postaje resurs *d*, tada treba ažurirati sve *lft* i *rgt* pokazivače na koje utiče premeštanje resursa, što se na slici 4 može lako uočiti.



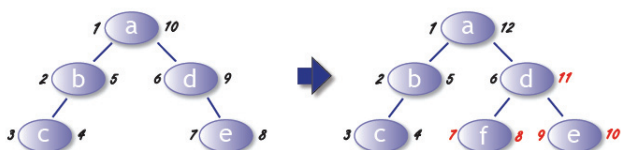
Slika 4. Primer Update operacije

*Delete* se poziva kod brisanje nekog od resursa u modelu. U ovom slučaju, ako resurs nije list tj. ako resurs nema svoju decu briše se samo on. Međutim, ako dati resurs ima svoje potomke, briše se celo podstablo i ponovo se radi ažuriranje svih *lft* i *rgt* pokazivača na koje je uticala promena. Ova operacija za sobom povlači brisanje para *resourceID* – *hierarchyID* iz tabele *Mapping*. Primer je prikazan na slici 5 nakon brisanja entiteta *b*.



Slika 5. Primer Delete operacije

*Insert* dodaje novi resurs na tačno određeno mesto u hijerarhiji i nakon toga ponovo se radi ažuriranje svih *lft* i *rgt* pokazivača kako bi uslovi algoritma ostali zadovoljeni. Ova operacija je direktno povezana sa *set\_uris* metodom. Dodavanje resursa vrši se uvek sa desne strane u odnosu na resurse koji postoje u hijerarhiji. Na slici 6 prikazano je kako se radi update *lft* i *rgt* pokazivača za slučaj dodavanja novog resursa *f* čiji je roditelj resurs *d*.



Slika 6. Primer Insert operacije

## 5. PRIMERI

U nastavku su prikazani kratki primeri koji prikazuju moguće primene *IExtendedResourceIDService*-a u realnim sistemima.

Mapiranje resursa iz jedne u drugu hijerarhiju se koristi u slučaju da želimo da saznamo koje ime resurs ima u sistemu "B", ako nam je poznato ime resursa u sistemu "A". To postizemo na sledeći način: Prvo se pozove metoda *get\_resource\_ids(uri)* kojoj se prosledi poznati uri="A/ProgressiveElectric/NortSubControlArea/Airport" sa prikazanom hijerarhijom imena, a kao rezultat dobija se odgovarajući identifikator resursa *id*. Na osnovu ovako dobijenog jedinstvenog identifikatora resursa *id*, poziva se metoda *get\_uris(view\_name,id)*, sa *view\_name*="B"

parametrom novog sistema i dobijenim identifikatorom resursa *id*. Kao rezultat ove metode dobija se ime resursa u drugom sistemu, poput:

uri="B/ProgressiveElectric/NortSubControlArea/sub:1".

Kreiranje novog identifikatora resursa se postiže pozivom metode *create\_resource\_ids*. Prvi parametar u pozivu metode specificira tip resursa ili CIM klasu (*container*) *ClassId*, a drugi parametar specificira koliko je identifikatora te klase potrebno kreirati. Pozivanjem metode *create\_resource\_ids(ClassId class, 1)* dobija se identifikator resursa sa novim fragmentom *id1*.

Postavljanje čitljivog imena za novoformirani identifikator resursa dodeljuje *uri1* (ime) u sistemu *view\_name*="A" novom resursu *id1*. Ovo se postiže pozivom metode *set\_uris(view\_name,id1,uri1)*, gde je identifikator resursa *id1* iz predhodnog primera, a *uri1* je "ProgressiveElectric/NortSubControlArea/IndustrialSub".

## 6. ZAKLJUČAK

Rad opisuje ideju servisa za mapiranje identifikatora resursa na njihova čitljiva imena i obrnuto. Predloženo je rešenje prema uzoru na IEC specifikaciju, koje vrši mapiranje resursa organizovanih u više hijerarhija generički opisanih i smeštenih u relacionu bazu podataka. Realizovano rešenje u potpunosti zadovoljava potrebu za implementacijom servisa za jedinstvenu identifikaciju resursa u složenim upravljačkim sistemima.

Kod servisa je napisan u C# programskom jeziku Microsoft .NET 3.5 okruženja uz upotrebu WCF-a. Rešenje se oslanja na Nested Set model resursa koji je formiran u MS SQL Server 2005 bazi podataka i popunjen je podacima jednom od zadatih hijerarhija resursa u IEC 61970 specifikaciji (TC57PhysicalModel).

Dalji rad na razmotrenom problemu može biti usmeren ka rešenju koje modeluje i ostale hijerarhije predviđene IEC specifikacijom.

## 7. LITERATURA

- [1] Utility Management System (UMS) Data Access Facility Specification, July 2005 Version 2.0.1 formal/05-06-03, Object Management Group (OMG).
- [2] Draft IEC 61970-402 Ed. 1.0 Energy management system application program interface (EMS-API) Common Services, International Electrotechnical Commission, 2006.
- [3] Joe Celko's, Trees and Hierarchies in SQL for Smarties, Morgan Kaufmann, 2004.

### Kratka biografija:



**Milena Gojković** rođena je u Virovitici 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranila je 2010.god.

# SOFTVERSKI ALAT ZA ANALIZU I VIZUALIZACIJU MODELA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA DEFINISANOG POMOĆU CIM/XML-a

## CIM/XML BASED ELECTRICAL POWER SYSTEM MODEL ANALYSIS AND VISUALISATION SOFTWARE TOOL

Stanislava Selena, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U okviru rada su opisani osnovni motivi za razvoj, kao i najbitniji implementacioni detalji softverskog alata za analizu i vizualizaciju modela elektroenergetskog sistema definisanog pomoću CIM/XML-a.

**Abstract** – The paper describes the main motives for developing new CIM/XML based electrical power system model analysis and visualisation software tool, as well as the most important implementation details of designed application.

**Ključne reči:** EMS (Energy Management System) aplikacija, CIM (Common Information Model), validacija CIM modela, vizualizacija fizičke izgrađenosti mreže

### 1. UVOD

Ovaj rad opisuje osnovne motive za razvoj, kao i najznačajnije aspekte realizovanog softverskog alata za analizu i vizualizaciju modela elektroenergetskog sistema definisanog pomoću CIM/XML-a.

U prvom poglavlju je u kratkim crtama objašnjeno šta je CIM, koja je njegova osnovna namena, kao i koji formati zapisa CIM podataka se koriste u računarskoj obradi.

Drugo poglavlje izlaže koje su osnovne mogućnosti danas dostupnih besplatnih softverskih alata iz oblasti rukovanja CIM podacima i na osnovu toga definiše zahteve prema novom CIM alatu.

Treće poglavlje, kroz sažete opise osnovnih zadataka koje rešava, daje kratak uvid u realizovanu aplikaciju.

### 2. CIM

Objedinjeni informacioni model, CIM (**Common Information Model**) [1], je apstraktni model u okviru kog su predstavljeni svi važni objekti elektroenergetskog sistema. CIM je razvijen od strane radne grupe 13 tehničkog komiteta 57 Međunarodne elektrotehničke komisije, IEC (**International Electrotechnical Commission, Technical Committee 57, Work Group 13**). Postao je međunarodni standard sa oznakom IEC 61970-301.

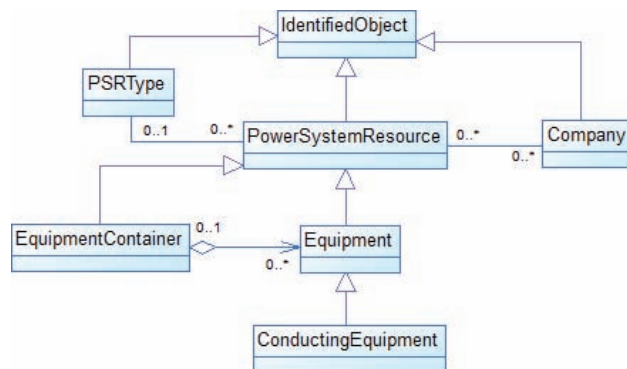
Osnovna namena CIM-a je da olakša integraciju postojećih sistema za upravljanje prenosom, EMS (**Energy Management System**). Pre nastanka CIM-a, integracija sistema i razmena podataka između sistema različitih elektroenergetskih kompanija je bila jako

otežana. Takva situacija je navela EPRI (**Electric Power Research Institute**) u Severnoj Americi da započne projekat pod nazivom CCAPI (**Control Center Application Programming Interface**) sa ciljem razvoja standarda koji bi olakšali integraciju EMS aplikacija različitih proizvođača.

### 2.1. Osnovni elementi CIM specifikacije

Standard IEC 61970-301 predstavlja specifikaciju CIM-a datu u UML (**Unified Modeling Language**) notaciji, i obuhvata skup paketa koji rešavaju problem integracije EMS aplikacija različitih proizvođača. U okviru njih su sadržane klase koje modeluju elektroenergetski sistem, odnosno njegovu strukturu. Ovde će biti pomenute neke od njih.

Osnovne klase CIM-a su definisane u okviru paketa **Core**, a prikazane su na dijagramu klasa datom na slici 1.



Slika 1. Dijagram osnovnih klasa CIM-a

Svi entiteti koji mogu da se nađu u okviru elektroenergetskog sistema modelovanog CIM-om, mogu grubo da se podele u sledeće podskupove:

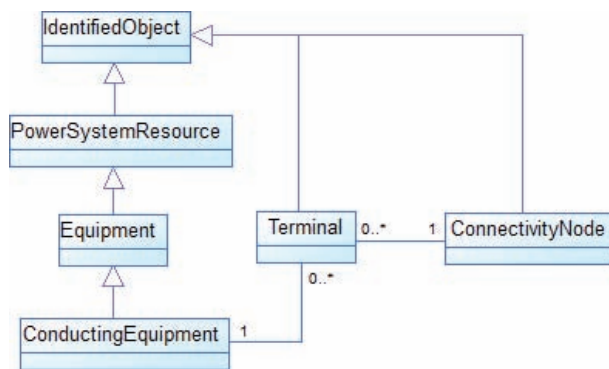
- provodna oprema – sve klase izvedene iz **ConductingEquipment**;
- bilo koja oprema – klase izvedene iz **Equipment**;
- entiteti za grupisanje, odnosno skladištenje opreme – klase izvedene iz **EquipmentContainer**;
- ostali tipovi – klase izvedene iz **PowerSystemResource**.

Električne veze elektroenergetskog sistema CIM modeluje pomoću posebnih klasa: **Terminal** i **ConnectivityNode**, koje ne modeluju resurse sistema, već imaju ulogu da obezbede informacije o fizičkoj povezanosti elemenata. Klasa **Terminal** modeluje pristupne tačke preko kojih se provodna oprema povezuje u mrežu, dok klasa **ConnectivityNode** predstavlja čvorove mreže. Dakle, provodna oprema u CIM-u se povezuje

### NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, red.prof.

isključivo putem ove dve klase na način ilustrovan dijagramom klasa sa slike 2.



Slika 2. Dijagram klasa za povezivanje provodne opreme

Ostale klase CIM-a, koje je bitno pomenuti, su klasa **PowerTransformer**, koja predstavlja transformator i klasa **TransformerWinding**, tj. namotaj transformatora. Važno je reći da u CIM-u transformator ne spada u provodnu opremu, već predstavlja kontejner namotaja, a namotaj je tip provodne opreme. Od skladišta opreme koje CIM predviđa najznačajnija je klasa **Substation**, tj. podstanica.

## 2.2. CIM profili

Profil (*profile*) [2] se definiše kao skup klasa, njihovih atributa i međusobnih veza koji predstavlja podskup svih klasa, atributa i veza definisanih u nekoj postojećoj šemi. Profili ne mogu da proširuju sebi nadređenu šemu dodatnim klasama, atributima ili vezama, ali mogu da definišu ograničenja kardinaliteta veza. Profili se koriste za definisanje kontekst-zavisnih ili domenskih modela.

U CIM zajednici, osnovna namena profila je postizanje konzistentnosti među modelima korišćenim od strane različitih sistema koji igraju ulogu u radu ili planiranju interkonekcije i smanjenje ukupne cene održavanja ovih modela.

Kažemo da CIM standard definiše šemu modela. Jedan CIM profil, kako je malopre objašnjeno, takođe definiše šemu koja predstavlja redukovanu verziju osnovne šeme. Šema modela predstavlja osnov za kreiranje uzoraka tj. instanci modela. Uzorak modela sadrži konkretne instance (objekte) klasa definisanih u šemi. Instancu modela smatramo validnom po šemi, ako su svi njeni objekti instance klasa definisanih u šemi.

## 2.3. XML format CIM podataka

Specifikacija CIM šeme u UML notaciji nije pogodna za čitanje, odnosno obradu, od strane aplikacija. Standard IEC 61970-501 [3] definiše način mapiranja konceptualnog modela CIM-a, datog u UML notaciji, u njegovu, mašinski-čitljivu, XML reprezentaciju korišćenjem RDFS (*Resource Description Framework Schema*) jezika. Da bi takvo mapiranje bilo moguće, pomenuti standard definiše CIM-specifična proširenja RDFS-a. Proširenja se odnose na koncepte UML notacije koji su od značaja za opis CIM-a, te ih je zato potrebno očuvati prilikom mapiranja.

Rezultat mapiranja CIM šeme u RDFS format je jedan CIM/RDFS dokument, dok je rezultat mapiranja instance CIM modela jedan CIM/RDF (CIM/XML) dokument. U oba dokumenta figurišu tzv. RDF resursi kojima se modeluju CIM klase, atributi i veze u slučaju šeme,

odnosno konkretni CIM objekti sa svojim atributima u slučaju instance modela.

## 3. MOTIVI ZA RAZVOJ I ZAHTEVI PREMA CIM SOFTVERSKOM ALATU

Kao standard na koji se u svom radu, ali i u međusobnoj saradnji, oslanjaju različite EMS kompanije, CIM je postao tema brojnih softverskih aplikacija. Neke od tipičnih namena ovih aplikacija jesu: manipulacija CIM podacima u različitim formatima, analiza i validacija CIM podataka, vizualizacija CIM podataka, kao i mnoge druge specifične namene. Neki od *open-source* CIM alata koji su danas dostupni CIM zajednici su: **CIMTool**, **CIMinEA**, **Cimphony**, **CIMSpy**, **CIMvian** i **OpenCIM**.

Pojedini alati stavljaju akcenat na rad sa CIM šemama (najznačajniji je **CIMTool**), dok drugi u fokus stavljaju CIM dokumente (najznačajniji je **CIMvian**). Međutim, kad je reč o besplatno dostupnom softveru, ni jedna od ovih aplikacija ne pokriva sve potrebe EMS kompanija pri radu sa CIM-om. Zato cilj ovog rada jeste realizacija sopstvenog softverskog alata koji bi izašao u susret što većem broju prepoznatih potreba CIM zajednice. Kako ova formulacija obuhvata široko polje zahteva koje se stalno proširuje novim, specifičnim potrebama, alat će se orijentisati na tri ključna aspekta: pregled, validaciju, i vizualizaciju CIM podataka, tj. analizu i vizualizaciju. Pri tome, podržani formati dokumenata će biti CIM/RDFS za profile, odnosno CIM/RDF za instance modela. Kao odgovor na navedene zahteve, realizovana je aplikacija nazvana **CIMspectator**, čiji kratak opis sledi u nastavku.

## 4. PRIKAZ REALIZOVANOG CIM SOFTVERSKOG ALATA

Aplikacija **CIMspectator** je softverski alat za analizu i vizualizaciju CIM podataka. Realizovana je u C# programskom jeziku kao GUI (*Graphical User Interface*) aplikacija. Naziv aplikacije je izveden na osnovu njene namene, tako da je spajanjem reči CIM i inspektor (na engleskom *inspector*) dobijen naziv **CIMspectator**.

Osim razvoja bogatog, korisniku prilagođenog grafičkog interfejsa, gde se interakcija sa korisnikom odvija putem skupa semantički jasno imenovanih i simbolima označenih korisničkih akcija, osnovni zadaci realizacije ovog CIM alata su bili: učitavanje CIM podataka, validacija CIM podataka i generisanje grafičkih dijagrama na osnovu CIM podataka.

### 4.1. Učitavanje CIM/RDFS i CIM/RDF dokumenata

Od mogućih formata CIM podataka, **CIMspectator** podržava CIM/RDFS format za šemu i CIM/RDF format za instancu modela. Budući da su dokumenti ova dva formata zapravo XML dokumenti određene strukture, pogodni su za mašinsku obradu. Proces učitavanja, aplikacija **CIMspectator** implementira pomoću SAX (*Simple API for XML*) parsera. Korišćena je biblioteka **SAX for .NET 2.0** koja predstavlja .NET implementaciju SAX mehanizama za čitanje XML dokumenata. U cilju implementacije specifične obrade pomenutih dokumenata, definisane su dve klase: **CIMDocumentRDFHandler** (obrađivač CIM/RDF dokumenata) i **CIMProfileRDFSHandler** (obrađivač CIM/RDFS dokumenata). Obe klase nasleđuju **DefaultHandler** abstraktnu klasu, definisanu u korišćenoj SAX biblioteci,

i redefinišu njene metode u cilju kreiranja ciljnih objekata.

Rezultat učitavanja jednog CIM/RDF dokumenta jeste instanca klase **CIMModel**, koja predstavlja internu objektnu reprezentaciju jednog CIM dokumenta. Pored osnovnih podatka o izvornom dokumentu, **CIMModel** sadrži listu svih pročitanih CIM objekata, kao i podatke o konektivnosti unutar modela. Pri tome, svaki CIM objekat je na generički način modelovan instancom klase **CIMObject**, a svaki atribut CIM objekta instancom klase **ObjectAttribute**. Podatak o konektivnosti unutar modela je definisan u vidu dve mape. Prva mapa može logički da se opiše kao lista uređenih parova: “čvor – lista elemenata”, u kojima ključ predstavlja identifikator CIM objekta klase **ConnectivityNode**, tj. identifikator čvora, a vrednost je lista identifikatora onih objekata provodne opreme, tj. elemenata, čija pristupna tačka (**Terminal**) je vezana za dati čvor. Druga mapa je inverzna prvoj u smislu da sadrži uređene parove oblika: “element – lista čvorova”. Pri tome, kao specijalan slučaj čvora u mreži se uzimaju objekti klase **PowerTransformer**. Može se zaključiti da ove mape predstavljaju liste susedstva [4] za graf konektivnosti koji je osnova za generisanje grafičkog dijagrama CIM modela.

Rezultat učitavanja jednog CIM/RDFS dokumenta jeste instanca klase **Profile**, koja predstavlja internu objektnu reprezentaciju jednog CIM profila. Pored osnovnih podatka o izvornom dokumentu, **Profile** sadrži listu svih pročitanih resursa. Pri tome, svaki resurs je, na generički način, modelovan instancom klase **ProfileElement**, a najvažniji podaci resursa su njegov identifikator i tip. Moguće vrednosti tipa resursa su: paket, klasa, atribut klase i vrednost enumeracije.

Ukratko opisani modeli učitanoj CIM/RDF dokumenta i učitanoj CIM/RDFS dokumenta sadrže sve neophodne informacije i predstavljaju osnov za realizaciju funkcionalnosti aplikacije.

## 4.2. Proces validacije

Proces validacije u okviru **CIMspectator** aplikacije može da se opiše kao provera ispravnosti izvornog dokumenta, pri čemu je rezultat takvog procesa dat u vidu liste validacionih poruka. Prazna lista validacionih poruka indikuje da je izvorni dokument validan, dok u suprotnom, svaka validaciona poruka sadrži opis pronađene nedoslednosti. U aplikaciji se razlikuju dva tipa validacionih procesa: prilikom učitavanja dokumenta i validacija CIM modela po CIM profilu.

Za svaku validacionu poruku je definisana ozbiljnost (greška – **error**, upozorenje – **warning** ili informacija – **info**) i tip uzroka. Tip uzroka služi za klasifikaciju validacionih poruka, a sledeća lista navodi i ukratko opisuje moguće tipove:

1. **LoadingError** – izvorni dokument nije pronađen na zadatoj lokaciji u sistemu datoteka;
2. **FatalParsingError** – greška tokom procesa SAX parsiranja prilikom učitavanja izvornog dokumenta;
3. **DuplicateRdfId** – višestruka pojava resursa sa istom vrednošću identifikatora;
4. **DuplicatePropertyForElement** – višestruka pojava istog atributa za jedan CIM objekat;
5. **EmptyValueOfProperty** – prazna vrednost elementa;

6. **ReferenceToUnexistingElement** – pojava reference na nepostojeći element;
7. **UndefinedClass** – klasa CIM objekta nije definisana u CIM profilu;
8. **UndefinedProperty** – atribut CIM objekta nije definisan u CIM profilu;
9. **InstanceOfNotConcreteClass** – pronađen CIM objekat klase koja je u CIM profilu označena kao apstraktna (ne može da se instancira);
10. **SimilarPropertyExists** – dati atribut CIM objekta nije definisan u CIM profilu, ali je definisan atribut istog imena sa različitom kapitalizacijom slova;
11. **MissingMandatoryProperty** – CIM objektu nedostaje obavezni atribut;
12. **MissingMandatoryPropertyInverse** – CIM objektu nedostaje obavezna inverzna strana asocijacije, tj. nedostaje drugi CIM objekat koji obavezno mora da referencira dati objekat iz određenog atributa;
13. **BadDataTypeOfPropertyValue** – vrednost atributa CIM objekta nije u skladu sa, u CIM profilu, definisanim tipom podatka atributa;
14. **BadDataTypeOfPropertyReference** – atribut CIM objekta referencira CIM objekat neočekivane klase;
15. **ValueOfPropertyNotMemberOfEnumeration** – atribut CIM objekta, čiji tip podatka je u CIM profilu definisan kao enumeracija, ima vrednost koja nije navedena kao moguća vrednost te enumeracije.

Validacione poruke za jedan izvorni dokument se ne generišu za svaki konkretan uzrok, već za svaki tip uzroka, dok se konkretan uzrok (npr. identifikator CIM objekta) beleži kao dodatni podatak. Ovakvim grupisanjem je obezbeđena značajna redukcija ukupnog broja poruka, jer bi u suprotnom njihov broj u pojedinim slučajevima prelazio i nekoliko desetina hiljada za jedan dokument. Za filtriranje validacionih poruka, korisnik može da koristi posebne prozore za prikaz detalja.

Validacija tokom učitavanja bilo kog dokumenta u aplikaciju se izvodi automatski, pri čemu može da dođe do prijave poruka tipa uzroka koji su u listi označeni rednim brojevima od 1 do 6, a tiču se nepravilnosti u strukturi dokumenta i sl.

Validacija usklađenosti CIM modela sa određenim CIM profilom se pokreće na zahtev korisnika. Algoritam procesa validacije prolazi kroz model, tj. kroz sve CIM objekte i njihove atribute, i upoređuje ih sa podacima profila. Ovakvom validacijom se identifikuju sve eventualne nepravilnosti CIM modela koje odgovaraju tipovima uzroka koji su u listi označeni brojevima od 5 do 15. CIM model se smatra validnim po profilu samo ukoliko validacijom proizvedena lista validacionih poruka ne sadrži ni jednu poruku čija ozbiljnost je greška.

## 4.3. Generisanje grafičkih dijagrama CIM modela

Najpogodniji način za analizu fizičke povezanosti provodne opreme CIM modela je putem grafičkog dijagrama. U većini slučajeva, CIM model ne sadrži podatak o geografskoj poziciji svih elemenata provodne opreme, te je pozicioniranje elemenata jedan od najvećih izazova prilikom generisanja dijagrama konektivnosti.

Kao čvorove grafa konektivnosti identifikujemo sve objekte klase **ConnectivityNode** i **PowerTransformer**, kao i svih klasa koje su specijalizacijom izvedene iz klase

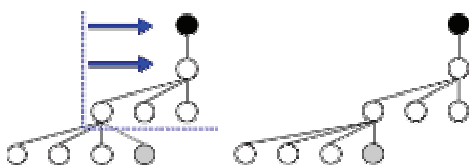
**ConductingEquipment.** Grane grafa konektivnosti predstavljaju svi objekti klase **Terminal**, jer svaki **Terminal** objekat spaja jedan **ConnectivityNode** čvor sa jednim **ConductingEquipment** čvorom. Specijalan slučaj grane je dat odnosom između objekata klase **PowerTransformer** i **TransformerWinding**. U nastavku se pod pojmom čvora grafa podrazumeva CIM objekat kojem je dodeljen grafički simbol i koji se pozicionira na određenu koordinatu dijagrama.

Kriterijum početnog čvora grafa konektivnosti glasi: početni čvor odgovara objektu klase **TransformerWinding** koji je sekundarni namotaj u okviru **PowerTransformer** objekta kom pripada, i ima napon sa vrednošću iz unapred definisanog opsega. Pretraga CIM modela za objektima koji zadovoljavaju ovaj uslov može da se završi bez rezultata (generisanje dijagrama neće biti izvršeno), odnosno sa pronalaženjem jednog ili više početnih čvorova.

Dijagram se posmatra kao retka matrica čije svako polje može da sadrži jedan ili više čvorova. Dalje, hijerarhijska struktura grafa konektivnosti se formira algoritmom pretrage stabla prvo u širinu, BFS (**Breadth-First Search**) [4], tako da se na nivou 0 nalaze pronađeni početni čvorovi, a svaki element formirane strukture ima podatak o svojoj dubini i svom roditelju.

Aplikacija generiše tri tipa dijagrama: dijagram unutrašnjosti pojedinačne podstanice, dijagram glavnih podstanica, kao i kompletni dijagram (konektivnost podstanica). Za generisanje prva dva tipa je korišćen algoritam 1 koji se fokusira na minimalnu širinu prikaza, dok je za kompletni dijagram korišćen algoritam 2 koji prednost daje brzini izvršavanja.

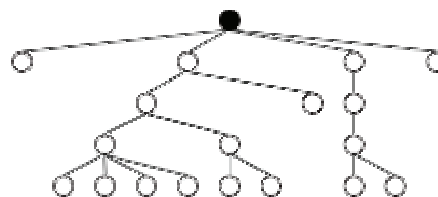
**Algoritam 1:** U prvom koraku se formira hijerarhijska struktura od onih čvorova grafa konektivnosti koji su unutar određene podstanice, odnosno unutar glavnih podstanica. U drugom koraku se prolazi kroz formiranu strukturu, nivo po nivo, i svaki čvor se pozicionira u red ispod njegovog roditelja, u kolonu roditelja, odnosno u kolonu pored svog rođaka (čvor na istom nivou, sa istim roditeljem). Ako pri tome u redu i koloni iznad čvora postoji čvor koji mu nije roditelj, čitav segment dijagrama počev od roditeljskog čvora, pa sve iznad i desno od njega, se pomeri za jednu kolonu u desno (ova situacija je ilustrovana na slici 3. gde je crni krug početni čvor na nivou 0, a sivi čvor je u procesu pozicioniranja). Kad se na ovaj način postavi i poslednji čvor, obilazeći čvorove od dna hijerarhije ka vrhu, algoritam svaki čvor horizontalno centrira u odnosu na pozicije njegove krajnje dece.



Slika 3. Pomeranje pri pozicioniranju čvora algoritmom 1

Na ovaj način se formira dijagram minimalne širine, ali koraci pomeranja segmenta i centriranja čvora, značajno usporavaju algoritam u slučaju velikog broja čvorova. Zato je za generisanje kompletnog dijagrama (koji potencijalno ima više desetina hiljada čvorova) razvijen algoritam koji eliminiše potrebu za naknadnim pomeranjem, tj. odmah izračunava poziciju čvora.

**Algoritam 2:** U prvom koraku se, od svih čvorova grafa konektivnosti, formira hijerarhijska struktura tako da se čvorovi koji su unutar podstanice zamenjuju jednim hibridnim čvorom-podstаницom, a početni čvor odgovara podstanci glavnog namotaja transformatora. Tokom ovog procesa svim čvorovima se dodeljuje širina 0 osim listovima hijerarhije (čvorovi bez dece) kojima se dodeljuje širina 1. Zatim algoritam, idući od dna hijerarhije ka vrhu, za svaki čvor pristupa njegovom roditelju i na širinu roditelja sabira širinu datog čvora. Time se za svaki čvor računa ukupna širina, potrebna za iscrtavanje njegovog podstabla. U koraku pozicioniranja se obrađuje nivo po nivo kao i u algoritmu 1, ali se za horizontalnu poziciju čvora uzima sredina njegove izračunate širine. Na slici 4. je ilustrovan rezultat koji se dobija ovakvim algoritmom.



Slika 4. Rezultat pozicioniranja čvorova algoritmom 2

Sa slike se vidi da dijagram nije širinski optimizovan, ali je izvršavanje ovog algoritma čak do 3 reda veličine brže od izvršavanja prvo opisanog algoritma.

## 5. ZAKLJUČAK

Rezultati koje realizovana CIM aplikacija postiže, su konkurentni, a u pojedinim aspektima i značajno bolji od rezultata drugih dostupnih CIM alata. Aplikacija **CIMspector** je već u upotrebi kao podrška u radu na komercijalnim projektima, i pruža dobrodošlu podršku u procesima analize i vizualizacije CIM podataka.

Dalji pravci razvoja aplikacije, osim unapređivanja korisničkog interfejsa, se tiču podržavanja drugih formata CIM podataka, kao što je OWL (**Web Ontology Language**) format za CIM šemu, kao i omogućavanje izmene i snimanja izmenjenih podataka.

## 6. LITERATURA

- [1] International Electrotechnical Commission. *Draft IEC 61970: EMS-API – Part 301: Common Information Model (CIM) Base*, 2nd edition. IEC, 2007.
- [2] Electric Power Research Institute. *The Common Information Model for Distribution: An Introduction to the CIM for Integrating Distribution Applications and System*. EPRI, Palo Alto, 2008.
- [3] International Electrotechnical Commission. *EMS-API – Part 501: Common Information Model Resource Description Framework (CIM RDF) Schem*. IEC, 2005.
- [4] Wikipedia – <http://en.wikipedia.org>

## Kratka biografija:



Stanislava Seleni je rođena 14.03.1985. godine u Novom Sadu. Gimnaziju „Jovan Jovanović Zmaj“ u Novom Sadu, matematički smer, završila je 2004. godine. Iste godine upisala se na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Ispunila je sve obaveze i položila je sve ispite predviđene studijskim programom.

## DETEKCIJA OTKAZA ASINHRONOG MOTORA PRIMENOM METODA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

### INDUCTION MOTOR FAULT DETECTION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

Miloš Petrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U okviru ovog rada prikazane su metode detekcije otkaza kod asinhronih motora, primenom analitičkih metoda i metoda veštačke inteligencije. Otkazi koji su predmet razmatranja su slomljena šipka rotora i pojava ekcentriciteta. Dat je uporedni prikaz rezultata dobijenih korišćenjem dva tipa neuronskih mreža: Feedforward Backpropagation i Radial Basis Function mreža.

**Abstract** – This paper presents induction motor fault detection techniques including analytical and artificial intelligence methods. Two induction motor faults are detected: broken rotor bar and air-gap eccentricity. Comparative view is presented using two types of neural networks: Feedforward Backpropagation and Radial Basis Function networks.

**Ključne reči:** asinhroni motor, slomljena šipka ekcentricitet, neuronska mreža.

#### 1. UVOD

Od njegovog nastanka pa sve do danas, asinhroni motor je najvažniji pogonski motor u industriji i drugim primenama u pogonima konstantne brzine. Naizmenični asinhroni motori se smatraju univerzalnim mašinama u proizvodnoj industriji. Glavna prednost asinhronih motora je njihova jednostavna i gruba struktura, jednostavno održavanje kao i ekonomičnost u radu. Procenjuje se da su asinhroni motori zastupljeni u sedamdeset do osamdeset procenata od svih industrijskih pogonskih aplikacija, iako se većina od njih koristi u aplikacijama sa nepromenljivom brzinom kao što su pumpe, ventilatori, itd. Uvođenjem mikroračunara poslednjih godina u regulacioni deo pogona postignuto je da dinamičke performanse AC elektromotornih pogona dostignu, a u nekim slučajevima i nadmaše, DC elektromotorne pogone u pogledu performansi, [1]. Problem detekcije grešaka u kompleksnim pogonima strateški je važno zbog svojih brojnih posledica, npr., izbegavanje velikih kvarova i katastrofa, bezbednosnih problema, brze i odgovarajuće reakcije na vanredne situacije kao i održavanje pogona. Obično, u procesnoj industriji, postoji potreba za preciznim proveravanjem i nadgledanjem opreme pošto je ona uglavnom izložena uticajima kao što su vibracija, toplota, trenje, prašina, itd.

#### NAPOMENA:

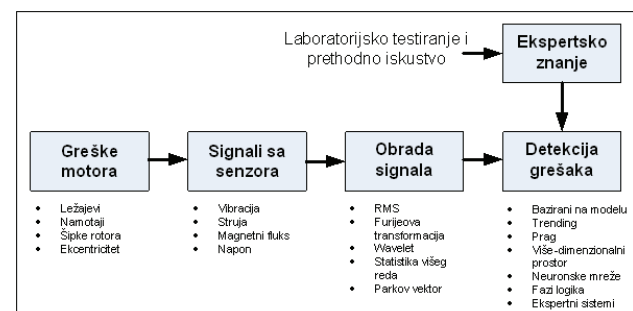
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Filip Kulić, vanr. prof.

Zbog toga, detekcija, identifikacija otkaza i dijagnoza opreme, mašina i sistema postao je veoma važan zadatak, [2].

#### 2. TIPOVI OTKAZA ASINHRONOG MOTORA

Praćenje stanja električnih mašina može značajno da smanji troškove održavanja i rizik od neočekivanih grešaka, omogućavajući ranu detekciju potencijalno katastrofalnih otkaza. Održavanje ovakvog tipa ne podrazumeva popravke i zamene mašina na osnovu rasporeda zasnovanog na prethodnim saznanjima i statističkim procenama. Ono podrazumeva analiziranje trenutnog stanja mašine i određenih parametara same mašine.

Na slici 1 prikazan je generalni pristup načinu detekcije otkaza.



Slika 1. Proces detektovanja otkaza

Istraživanje o nastajanju otkaza kod asinhronog motora dovelo je do podataka o najčešćim tipovima otkaza kod ovog motora. Ovde su one kategorizovane po mestu nastanka uzimajući u obzir glavne delove mašine. Otkazi koje se javljaju kod asinhronog motora, sa učestalošću njihovog pojavljivanja, su:

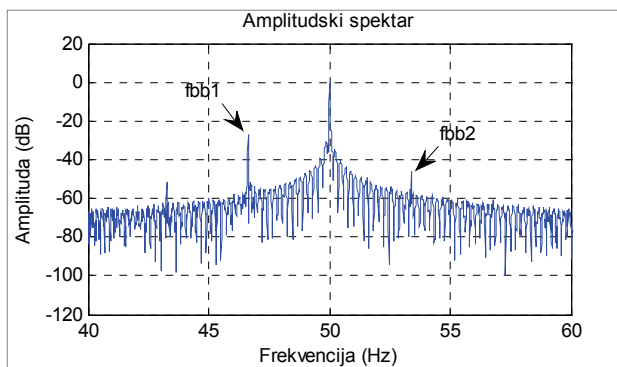
- ležajevi 40%,
- stator 38%,
- ekcentricitet 12%,
- rotor 10%.

#### 2.1. Slomljena šipka rotora

Kada postoji slomljena šipka na rotoru motora, na spektru struje motora oko frekvencije napajanja javljaju se izobličenja, i to na frekvencijama datim sa (1).

$$f_{rb} = (1 \pm 2ks)f_0, k = 1, 2, 3 \dots \quad (1)$$

gde je  $f_0$  frekvencija napajanja a  $s$  klizanje motora, slika 2.



Slika 2. Spektar struje motora sa slomljenom šipkom

Izobličenja prvog reda ( $k=1$ ) su od najvećeg interesa za detekciju slomljene šipke rotora. Levo izobličenje  $(1-2s)f_0$  se javlja usled električne ili magnetne nesimetrije nastale zbog slomljene šipke, dok se desno izobličenje  $(1+2s)f_0$  javlja usled promene brzine. Amplitude i pojava izobličenja zavise od fizičke pozicije slomljene šipke, brzine i opterećenja. Na primer, amplitude zavise od fizičke konfiguracije motora kao što su broj polova, broja šipki rotora kao i broja slomljenih šipki. Pozicija izobličenja se pomera dalje od frekvencije napajanja usled povećanja opterećenja. Takođe se zna da se izobličenja mogu pojaviti i kad motor nema slomljenih šipki, i to zbog nesavršenosti izrade koji mogu dovesti do asimetrije rotora. Međutim, amplitude izobličenja zdravog motora su mnogo manje od amplitude motora sa slomljenom šipkom, [3].

## 2.2. Ekcentricitet

Ekcentricitet se javlja kad rotor nije centriran sa statorom, stvarajući neuniformno rastojanje između statora i rotora. Ovo može nastati usled istrošenih ležajeva ili grešaka prilikom proizvodnje. Kada stepen ekcentriciteta postane veliki, rezultujuće radialne sile mogu dovesti do kontakta statora i rotora, usled čega može doći do njihovog oštećenja.

Postoje dva tipa ekcentriciteta: statički i dinamički ekcentricitet. Kod statičkog ekcentriciteta pozicija najmanjeg rastojanja između statora je fiksirana u prostoru. Do statičkog ekcentriciteta može doći usled ovalnosti jezgra statora ili usled lošeg pozicioniranja statora i rotora prilikom sklapanja mašine. Ako je osovin rotora dovoljno čvrsta, stepen ekcentriciteta se ne menja.

U slučaju dinamičkog ekcentriciteta, centar rotora nije u centru rotacije, a minimalni procep se okreće sa rotorom. Ova pojava može nastati usled nekoliko faktora kao što su iskrivljena osovin rotora, istrošeni ležajevi, mehanička rezonanca na kritičnoj brzini, itd. Ekcentricitet veličine do 10% je dopušten, mada proizvođači teže smanjenju ekcentriciteta, uglavnom zbog sprečavanja vibracija i buke.

U stvarnosti, zajedno postoje i statički i dinamički ekcentricitet. Određena vrednost statičkog ekcentriciteta postoji čak i kod novih mašina, i to usled načina izrade i načina montiranja mašine.

Prisustvo statičkog i dinamičkog ekcentriciteta može se detektovati pomoću spektra strujnog signala motora

(MCSA). Jednačina koja opisuje pojavu izobličenja na spektru usled ekcentriciteta data je sa:

$$f_{ecc} = f \left[ (kR \pm n_d) \frac{1-s}{p} \pm v \right] \quad (2)$$

gde je  $n_d=1,2,3...$  u slučaju dinamičkog ekcentriciteta a  $n_d=0$  u slučaju statičkog ekcentriciteta,  $f$  frekvencija napajanja,  $R$  broj šipki rotora,  $s$  klizanje,  $p$  broj pari polova,  $k$  bilo koji ceo broj, a  $v$  je red statorskog vremenskog harmonika koji je prisutan u izvoru napajanja motora ( $v=\pm 1, \pm 3, \pm 5$ , itd.).

Ako statički i dinamički ekcentricitet postoje u isto vreme, komponente na niskim frekvencijama u blizini frekvencije napajanja date su sa

$$f_1 = |f \pm k f_r|, k = 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

gde je  $f_r$  frekvencija obrtanja rotora u Hz, [3].

## 3. METODE DETEKCIJE OTKAZA

Poslednji, a verovatno i najteži korak u nadgledanju stanja mašine jeste ispitivanje osobina i parametara otkaza, i odlučivanje da li otkazi postoje, i ako postoje, koji su to otkazi. Trenutno se ovo često radi na taj način da se koristi iskustvo osobe koja poseduje ekspertsko znanje. Ipak, sada se trenutno radi na automatizaciji ovog procesa, koristeći metode klasifikacije kao što su veštačka inteligencija i prepoznavanje oblika

### 3.1. Analitičke metode

Naučnici su napravili više predviđanja o varijaciji amplituda izobličenja nastalih usled slomljene šipke na rotoru, u zavisnosti od broja slomljenih šipki.

Bellini je predložio vezu između amplitude pika izobličenja i broja slomljenih šipki:

$$\frac{I_{BB}}{I} \approx \frac{n}{N} \quad (4)$$

gde je  $I_{BB}$  amplituda izobličenja na frekvenciji  $(1-2s)f$ ,  $I$  amplituda glavnog pika na frekvenciji napajanja a  $N$  ukupan broj šipki na rotoru.

Thomson je predložio sledeću vezu:

$$\frac{I_{BB}}{I} = \frac{n}{2N - np} \quad (5)$$

Izuzev ovih predviđanja, postoje i pragovi amplituda dobijeni iz raznih ispitivanja, koja se mogu koristiti za razlikovanje zdravog motora od onog koji možda ima slomljenu šipku.

U prvoj pretpostavci Benbouzid [3] tvrdi da ako je amplituda komponente spektra na frekvenciji  $(1-2s)f$  manja od -50dB, može se reći da je motor zdrav.

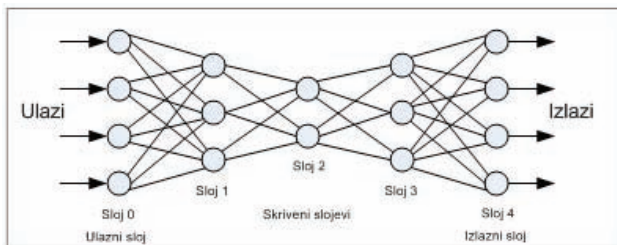
Drugo istraživanje obavljeno na motoru od 3.6MW pokazalo je da ako je amplituda komponente spektra na frekvenciji  $(1-2s)f$  manja od -45dB, radi se o zdravom motoru.

Pravilo 54-45 je bilo predstavljeno kao najbolje rešenje, [3], a ono kaže da ako je amplituda komponente spektra na frekvenciji  $(1-2s)f$  manja od -54dB može se reći da je motor zdrav, dok ako je amplituda veća od -45dB može se

reći da postoji slomljena šipka na rotoru. Amplitude između -54dB i -45dB se smatraju neodređenim.

### 3.2. Veštačke neuronske mreže

Veštačke neuronske mreže (VNM) modeluju veze između neurona ljudskog mozga, slika 3. Svaki veštački neuron, na slici predstavljen kao kružić, prima nekoliko ulaznih signala, množi ih sa njihovim težinama i kao izlaz generiše nelinearnu vrednost na osnovu rezultata. Neuroni su povezani u slojevima između ulaza i izlaza mreže.



Slika 3. Struktura neuronske mreže

Treniranje neuronske mreže se obavlja na taj način što se mreži predstavljaju skupovi podataka koji odgovaraju zdravoj mašini i mašini sa otkazom. Na osnovu obučavajućeg skupa, u procesu treniranja mreže, dolazi do menjanja težina između neurona kako bi se, po završetku obučavanja, na izlazu mreže dobijale željene vrednosti.

Pre dovođenja podataka na ulaz mreže, potrebno je izvršiti obradu ulaznih podataka. Ako se snimljeni podaci direktno šalju na ulaz mreže kao obučavajući skup, elementi skupa sa velikom vrednošću teže poništavanju uticaja elemenata sa manjom vrednošću. Takođe, ako se takvi podaci direktno dovode na ulaz mreže, postoji rizik da neuroni dođu u stanje zasićenja. Normalizacija podataka podrazumeva kompresovanje ulaznih podataka na određeni opseg vrednosti između, npr. [-1, 1], [2].

## 4. SIMULACIJA I DETEKTOVANJE OTKAZA NA MODELU ASINHRONOG MOTORA

Kao osnova za sprovođenje istraživanja u oblasti detekcije otkaza trofaznih asinhronih motora, konkretno detekcija slomljene šipke rotora, primenjen je model motora razvijen u softverskom paketu *MATLAB/Simulink*, korišćenjem biblioteke *SimPowerSystems*.

Modelovanje otkaza motora, konkretno slomljene šipke rotora, može se uraditi povećanjem jedne od tri fazne otpornosti rotora, [4]. U slučaju slomljene šipke, povećava se otpornost rotora, dok otpornost slomljene šipke teži beskonačnosti.

Ako se zanemari doprinos krajnjeg prstena, fazna ekvivalentna otpornost rotora, u odnosu na stator, može se izračunati kao:

$$R_r \cong \frac{(2N_s)^2}{z_r/2} R_b \quad (6)$$

gde je  $N_s$  broj faznih namotaja statora,  $z_r$  ukupan broj šipki a  $R_b$  otpornost jedne šipke rotora. U slučaju  $n$  slomljenih šipki, jedna od faznih otpornosti postaje:

$$R_{rf} \cong \frac{(2N_s)^2}{z_r/2 - n} R_b \quad (7)$$

na osnovu čega dolazimo do inkrementa otpornosti u slučaju  $n$  slomljenih šipki:

$$\Delta R = R_{rf} - R_r = \frac{n}{z_r/2 - n} R_r \quad (8)$$

sa pretpostavkom da su slomljene šipke susedne i da se one simuliraju dodavanjem eksternih otpornika vezanih u zvezdu. Vrednost fazne otpornosti se menja u vrednosti koja zavisi od tipa motora koji se koristi, a u ovom radu simulacije će se vršiti samo u slučaju jedne slomljene šipke.

### 4.1. Rezultati testiranja

Testiranja su obavljena na modelima tri motora, i to od 4kW, 7.5kW i 15kW. Testiranjem pretpostavki datih jednačinama (4) i (5) dobijeni su sledeći rezultati, tabela 1:

Tabela 1. Rezultati testiranja u slučaju jedne slomljene šipke

|                    | Motor 4kW | Motor 7.5kW | Motor 15kW |
|--------------------|-----------|-------------|------------|
| Broj sl. šipki (4) | 0,5       | 0,75        | 0,65       |
| Broj sl. šipki (5) | 0,99      | 1,42        | 1,24       |

Testiranjem tri pretpostavke, koje na osnovu amplitude pika određuju da li postoji otkaz ili ne, dati su u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati dobijeni testiranjem tri pretpostavke

|                        | Uspešnost detekcije |
|------------------------|---------------------|
| Pretpostavka 1 (<-45)  | 91,67%              |
| Pretpostavka 2 (<-50)  | 100%                |
| Pretpostavka 3 (54-45) | 75%                 |

Dva tipa neuronske mreže su obučena sa podacima iz amplitudskog spektra struje motora, i rezultati su prikazani u tabeli 3. Testiranje i obučavanje obavljeno je sa normalizovanim podacima.

Tabela 3: Rezultati dobijeni testiranjem VNM

|                 | Uspešnost detekcije |
|-----------------|---------------------|
| Backpropagation | 85,00%              |
| Radial Basis    | 95,00%              |

## 5. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

U ovom poglavlju dati su rezultati testiranja metoda detekcije otkaza kod asinhronog motora obavljenih na realnim motorima. Dva tipa otkaza su obrađena i to detekcija slomljene šipke na rotoru i detekcija ekcentriciteta. Svi eksperimenti su obavljeni sa 50% i 100% nominalnog opterećenja, a opterećenje je bilo konstantno tokom akvizicije podataka. Sva testiranja obavljena su sa signalima dobijenim sa tri motora, snage od 4kW, 7.5kW i 15kW.

### 5.1. Detekcija slomljene šipke

Ono što je zajedničko za sve metode detekcije jeste da je potrebno znati trenutnu brzinu obrtanja motora, kako bi se mogao odrediti položaj izobličenja na spektru struje. Testiranjem dve pretpostavke date jednačinama (4) i (5) dobijeni su sledeći rezultati, tabela 4:

Tabela 4. Rezultati testiranja u slučaju jedne slomljene šipke

|                    | Motor 4kW | Motor 7.5kW | Motor 15kW |
|--------------------|-----------|-------------|------------|
| Broj sl. šipki (4) | 1,37      | 1,29        | 1,27       |
| Broj sl. šipki (5) | 2,49      | 2,37        | 2,33       |

Testiranjem tri pretpostavke koje na osnovu amplitude pika određuju da li postoji otkaz ili ne, dati su tabeli 5.

Tabela 5. Rezultati dobijeni testiranjem tri pretpostavke

|                           | Procenat pogodaka |
|---------------------------|-------------------|
| Pretpostavka 1 ( $<-45$ ) | 100,00%           |
| Pretpostavka 2 ( $<-50$ ) | 75,00%            |
| Pretpostavka 3 (54-45)    | 66,67%            |

Dva tipa neuronske mreže su obučena sa podacima iz amplitudskog spektra struje motora, i rezultati su prikazani u tabeli 6. Testiranje i obučavanje je obavljeno sa normalizovanim podacima.

Tabela 6: Rezultati dobijeni testiranjem VNM

|                 | Procenat pogodaka |
|-----------------|-------------------|
| Backpropagation | 96,67%            |
| Radial Basis    | 100,00%           |

## 5.2. Detekcija ekcentriciteta

Što se tiče pojave ekcentriciteta i metoda njihove detekcije, još uvek ne postoje analitičke metode koje bi mogle, na osnovu prethodnog iskustva, dati informaciju o tome da li postoji otkaz kod motora ili ne. Zbog toga, veštačke neuronske mreže predstavlja jednu od metoda koje mogu naći svoju primenu u ovoj oblasti.

Obe neuronske mreže obučene su istim obučavajućim skupom. Obučavajući skup se sastoji od 24 para ulaza-izlaza, a svaki ulazni podatak je niz od 5 elemenata. Niz od 5 elemenata predstavlja amplitude harmonika karakterističnih za pojavu ekcentriciteta. Prva dva elementa su dobijena iz jednačine (3) za  $k=1$  i  $k=-1$  i to su amplitude harmonika vezanih za kombinovani (*mixed*) ekcentricitet. Druga dva elementa su dobijena iz jednačine (2) i to za  $n_d=0$  i  $v=\pm 1$  i to su amplitude harmonika vezanih za statički ekcentricitet. Poslednji element obučavajućeg skupa dobijen je iz jednačine (2) za  $n_d=1$ ,  $v=-1$  i to je amplituda harmonika koja odgovara dinamičkom ekcentricitetu.

Testiranje neuronske mreže obavljeno je test skupom od 12 elemenata (po 4 elementa sa svakog motora koji je učestvovao u obučavanju). U tabeli 7 prikazani su rezultati testiranja *Backpropagation* i *Radial Basis* neuronske mreže sa običnim i normalizovanim podacima.

Tabela 7: Rezultati dobijeni testiranjem VNM

|                 | Procenat pogodaka |
|-----------------|-------------------|
| Backpropagation | 100,00%           |
| Radial Basis    | 100,00%           |

Ova dva tipa mreže testirana su i sa podacima sa motora koji nije učestvovao u obučavanju. Na motoru snage 4kW veštački je izazvan ekcentricitet, i to 30% statički i 30% dinamički ekcentricitet. U tabeli 8 prikazani su rezultati testiranja *Backpropagation* i *Radial Basis* mreže sa normalizovanim ulaznim podacima.

Tabela 8: Rezultati dobijeni testiranjem VNM

|           | Feedforward backpropagation | Radial Basis  |
|-----------|-----------------------------|---------------|
| Izlaz HE  | 0,1807                      | 0,1061        |
| Izlaz ECC | <b>1,1238</b>               | <b>0,8939</b> |

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisane su neke od metoda detekcije otkaza kod asinhronih motora. Asinhroni motor, kao jedan od najzastupljenijih uređaja u industriji, podložan je otkazima, i zbog toga, potrebno je izvršiti ranu detekciju otkaza kako bi se predupredili zastoji u radu. Otkazi tipa slomljene šipke rotora i ekcentriciteta opisani su u ovom radu.

Iz literature se jasno može videti da je neinvazivna analiza statorske struje motora (MCSA) jedna od najzastupljenijih metoda za dobijanje odgovarajućih podataka sa vezanih za otkaze motora. Kombinovanjem MCSA sa veštačkim neuronskim mrežama, može se kreirati koristan alat za detekciju otkaza kod asinhronih motora. Dva tipa neuronskih mreža su korišćena u ovom radu, *Feedforward Backpropagation* i *Radial Basis Function*.

Neuronske mreže su obučene podacima sa modela motora i sa realnih motora, u ispravnom stanju i stanju otkaza. Oba tipa neuronskih mreža su pokazale dobre rezultate, s tim što *Radial Basis Function* mreža daje nešto bolje rezultate.

## 7. LITERATURA

- [1] V. Vučković, *Električni pogoni*. Beograd: Elektrotehnički Fakultet, Beograd, 1997, ISBN 86-7225-019-2.
- [2] S. Rajakarunakaran, P. Venkumar, D. Devaraj, and K. Surya Prakasa Rao, "Artificial neural network approach for fault detection in rotary system," in *Applied Soft Computing* 8, 2008, pp. 740-748.
- [3] M. E. H. Benbouzid, "A review of induction motor signature analysis as a medium for faults detection," in *IEEE transactions on industrial electronics*, Aachen, Germany, 2000, pp. 984-993.
- [4] S. Chen and R. Živanović, "Modeling and simulation of stator and rotor fault conditions in induction machines for testing fault diagnostic techniques," in *European transactions on electrical power*, DOI: 10.1002/etep.342, 2009.

## Kratka biografija



**Miloš Petrović** rođen je 5. februara 1986. godine u Vrbasu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - detekcija otkaza odbranio je 2010. godine.

## ПРОЈЕКАТ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ ОБЈЕКТА ПАТОЛОГИЈЕ У БАЊОЈ ЛУЦИ RECONSTRUCTION PROJECT OF PATHOLOGY IN BANJA LUKA

Петар Игњатић, Мирјана Малешев, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

### Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

**Кратак садржај** – У раду су приказани дефекти и оштећења који су регистровани приликом визуелног прегледа објекта. На основу анализе уочених оштећења и контролног прорачуна конструкције, дата је оцена стања и предлог санационих радова ради продужетка животног века конструкције.

**Abstract** – This paper shows defects and damages registered during visual inspection of object. Based on the analysis of detected damages and control structural design, the assessment of current condition is given together with the suggestion for the repair in purpose of prolonging the structure lifetime.

**Кључне речи:** дефекти, оштећења, санација, термоизолациони материјали

### УВОД

Рад се састоји од две међусобно независне целине. Први део рада представља теоријско-истраживачки део са темом „Топлотна заштита грађевинских објеката“, а други је у вези са практичним делом тј. процена стања и реконструкција објекта патологије у Бањој Луци.

## 1. ТОПЛОТНА ЗАШТИТА ГРАЂЕВИНСКИХ ОБЈЕКТА

### 1.1. Основна начела и физичке величине

Преношење топлоте из загрејане просторије у спољашњи простор, кроз грађевинске елементе, одвија се из ваздуха просторије на унутрашњу површину грађевинског елемента путем конвекције и кондукциом кроз грађевински елемент, као и са његове спољне површине напоље, путем конвекције и зрачења. Уз то се може додати, зрачење од загрејаних површина уређаја за загревање на бочне површине грађевинских елемената просторије. У унутрашњости грађевинских елемената провођење се врши уколико у тим елементима не постоји ваздушни простор. Ако постоји, у тим ваздушним просторима улогу игра конвекција, а између чврстих површина – зрачење.

### Провођење топлоте кроз чврсте материјале

Провођење топлоте, кроз раван зид од неког грађевинског материјала у стању равнотеже поделе

### НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из дипломског- мастер рада чији ментор је проф. др Мирјана Малешев.

температуре, тј. после довољно дугог времена код сталних температуре са обе стране плоче, догађа се према једначини (I Фуријеов закон):

$$Q = \lambda/d \cdot S \cdot (t_1 - t_2) \cdot \tau$$

$Q$  [J] је количина топлоте која проструји за  $\tau$  [s] кроз површину  $S$  [m<sup>2</sup>] зида дебљине  $d$  [m], када су температуре површина плоче  $t_1$  и  $t_2$  [°C] и коефицијент топлотне проводљивости грађевинских материјала од којег је направљен зид  $\lambda$  [W/(mK)].

### Прелаз топлоте

Размена топлоте између ваздуха и неке чврсте површине (нпр. површине зида), може да се искаже следећом једначином:

$$Q = h \cdot S \cdot (t_L - t_0) \cdot \tau$$

$Q$ ,  $S$  и  $\tau$  имају исто значење као и у претходној једначини,  $t_L$  је средња температура ваздуха на довољном одстојању од површине зида,  $t_0$  температура површине зида и  $h$  [W/m<sup>2</sup> K] је коефицијент прелаза топлоте.

### Размена топлоте зрачења

Размена топлоте путем зрачења, између паралелних, равних зидова, изражава се једначином сличном изразу за провођење и прелаз топлоте:

$$Q = \alpha_s \cdot S \cdot (t_1 - t_2) \cdot \tau$$
$$\alpha_s = \alpha \cdot \frac{1}{1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_s}$$

“Коефицијент пролаза топлоте зрачењем”  $\alpha_s$  [W/m<sup>2</sup> K] одређен је температурама површине  $t_1$  и  $t_2$ , коефицијентима зрачења  $C_1$  и  $C_2$  обе површине, коефицијентом зрачења  $C_s$  “апсолутно црне боје” и топлотним фактором  $\alpha$ .

### Пролаз топлоте кроз грађевинске елементе у стационарном стању

Пролаз топлоте кроз хомогене грађевинске елементе састоји се од прелаза топлоте ваздуха на једну страну чврстог материјала (нпр. површине зида), провођења кроз материјал, и најзад, прелаза топлоте са друге површине на ваздух.

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{h_i} + R + \frac{1}{h_e}} = \frac{t_1 - t_2}{R_i + R + R_e} = \frac{t_1 - t_2}{R_k}$$

$q$  [W/m<sup>2</sup>] је специјалан топлотни флуks који представља толотни флуks на јединицу површине,  $t_1$  је унутрашња температура ваздуха а  $t_e$  је спољашња

температура ваздуха,  $h_i$  је коефицијент пролаза топлоте за унутрашњу страну елемента, а  $h_e$  је коефицијент прелаза топлоте за спољашњу страну елемента, и  $R$  [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] је отпор провођењу топлоте. Код вишеслојног грађевинског елемента, састављеног од више слојева положених један за другим (нпр. зид са слојем малтера, изолације и сл.), пролаз топлоте израчунава се као код хомогених слојева, само што на место вредности  $R$  у претходној једначини, која представља отпор пропуштања топлоте слоја, долази збир отпора пропустљивости топлоте  $R_1, R_2 \dots R_n$  слојева поређаних у смеру тока топлоте, дебљине  $d_1, d_2 \dots d_n$ .

$$q = \frac{t_i - t_e}{\frac{1}{h_i} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \frac{1}{h_e}} = \frac{t_i - t_e}{R_i + R + R_e} = \frac{t_i - t_e}{R_k}$$

## 1.2. Одредбе техничке регулативе из области топлотне заштите

Стандарди о топлотној техници у грађевинарству могу се сврстати у три групе:

- стандарди који садрже методу прорачуна као што су: *Метода прорачуна коефицијента пролаза топлоте у згради, Прорачун дифузије водене паре у зградама, Прорачун фактора пригушења и кашњења осцилације температуре кроз спољашње грађевинске преграде зграда у летњем раздобљу, Топлотни мостови у грађевинским конструкцијама и линијски топлотни мостови – Прорачун топлотних протока и површинских температура,*
- стандарди којима су прописане методе мерења појединих параметара и
- стандарди којима су прописани услови за пројектовање и грађење зграда.

Приликом прорачуна појединих параметара топлотне заштите подразумева се стационарно стање, отуда добијене вредности нису тачне, али се могу сматрати довољним за ову намену. Узимање у обзир промена појединих параметара утицаја захтевали би веома сложене математичке моделе.

## 1.3. Термоизолациони материјали

Проблем топлотне изолације је изузетно актуелан и комплексан у савременом грађевинарству, поготово у области зградарства. Актуелност произилази из потребе за све већим уштедама енергије, а комплексност из великог броја захтева које треба задовољити да би толотна изолација у потпуности остварила своју улогу. Термоизолациони материјали се могу класификовати на основу различитих критеријума: према пореклу сировина за производњу, према вредности коефицијента топлотне проводљивости, према вредности запреминске масе и према месту и начину примене. У овом раду су термоизолациони материјали класификовани на основу порекла сировине за њихову производњу у следеће групе:

- термоизолациони материјали на бази минералних (неорганских) материјала,
- термоизолациони материјали на бази органских материјала и
- термоизолациони малтери и бетони.

Термоизолациони материјали, који су анализирали у овом раду, приказани су у наредном блок-дијаграму.



## Примена термоизолационих плоча на бази дрвета и минералних везива

Примењује се за топлотну изолацију зидова, кровова, плафона и подова. Могу се користити и као “изгубљена” оплата при извођењу бетонских радова. У пракси се примењују и комбиноване слојевите плоче у којима је један од слојева стиропор (сл. 1.), чиме се постиже неколико предности:

- боља термоизолациона својства од обичних плоча на бази дрвета и минералних везива,
- већа чврстоћа при притиску у односу на обичне плоче од стиропора и
- могућност малтерисања.



Слика 1. Изглед узорка слојевите термоизолационе плоче (“Tarolit” + “Stiropor” + “Tarolit”)

Термоизолационе плоче на бази дрвета и минералних везива се лако механички обрађују (секу, буше и причвршћују за подлогу), а имају и одличну адхезију за малтер. У случају кад је превише влажан ваздух (купатило, перионица итд.) или температура ваздуха изнад  $70^{\circ}\text{C}$  не препоручује се примена ових термоизолационих материјала. У циљу повећања могућности за примену и трајност ових термоизолационих плоча, у новије време, врши се њихова импрегнација.

## 2. РЕКОНСТРУКЦИЈА ПАТОЛОГИЈЕ У БАЊОЈ ЛУЦИ

### 2.1. Увод

Објект Патологије је лоциран у улици Боре Станковића у склопу комплекса Клиничког центра Бања Лука. Изградња објекта је започета 1984. године, међутим, објект до данас није завршен (слика 2.).



Слика 2. Објект патологије

Планирана спратност објекта је Pr+P+1 колико је и изграђено.

Основа приземља приказана је на слици 3.



Слика 3. Основа приземља

Објект је скелетног конструктивног система и састоји се од: армиранобетонских темеља самаца, пуних армиранобетонских плоча, АБ греда, АБ стубова и армиранобетонских зидова за укрућење.

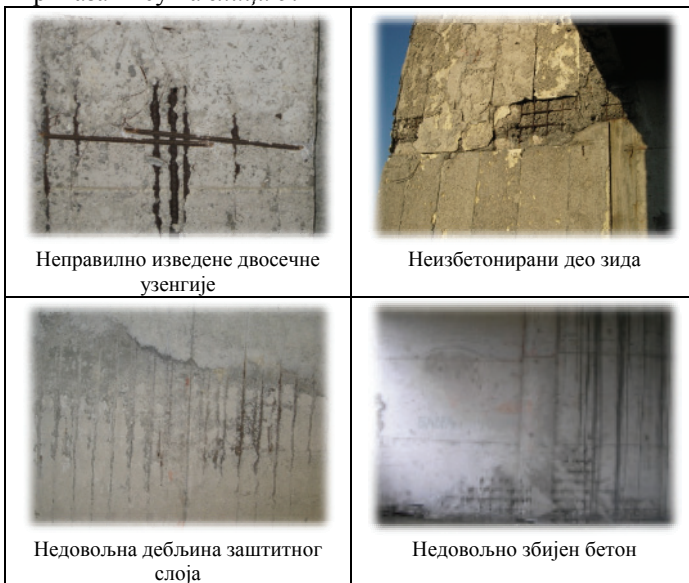
### 2.2. Процена стања конструкције

Видљива оштећења: карактеристична оштећења приказана су на слици 4.



Слика 4. Видљива оштећења

Видљиви дефекти: карактеристични дефекти приказани су на слици 5.



Слика 5. Видљиви дефекти

Накнадним провером димензија објекта и карактеристичних елемената конструкције утврђено је да је носећа конструкција објекта изведена у складу са доступном пројектно-техничком документациом.

### 2.2. Неструктивне методе испитивања

Испитивање дубине карбонизације бетон колориметријском методом обављено је на два стуба на првом спрату и на по једном зиду на приземљу и крову (табела 2.).

Табела 2.- Резултати испитивања колориметријском методом (фенолфталеин тест)

| Елемент конс.             | Z <sub>9</sub> | S <sub>3M</sub> | S <sub>4R</sub> | Z <sub>1</sub> |
|---------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Спрат                     | приземље       | I сп.           | I сп.           | кров           |
| Дубина карбонизације [mm] | 15             | 10              | 15              | 15             |

Карбонизација бетона је делимична и присутна је до дубине од 15mm.

### 2.3. Деструктивне методе испитивања

Испитивање очврслог бетона деструктивном методом, односно вађење бетонских цилиндара (кернова) према стандарду SRPS U.M1.049, извршили су представници Института за грађевинарство Бања Лука дана 22.08.2008. године. Бетонски цилиндри Ø50mm извађени су из АБ зидова у подруму, приземљу, првом спрату и крову, као и из АБ плоча на приземљу, првом спрату и крову.

Испитивањем је утврђено да су марке бетона на дан ипитувања у свим зидовима MB35, у плочама између подрума и приземља и у плочи између приземља и првог спрата MB40 и корвној плочи MB25.

### 2.4. Статички прорачун

Статички прорачун конструкције је рађен у програмском пакету "Tower 5.5", у коме су искоришћени помоћни алати за прављење базе података пројекта. Програм "Tower 5.5" служи за статичку и динамичку анализу раванских и просторних конструкција. Прорачун се спроводи методом коначних елемената, а геометрија модела се

дефинише графички, исцртавањем само контуре конструктивних елемената и оптерећења. Стално оптерећење кровне плоче је узето од  $16,3\text{kN/m}^2$ , оптерећење снегом од  $1\text{kN/m}^2$ , стално оптерећење међуспратних АБ плоча је  $9,5\text{kN/m}^2$  и корисно оптерећење на међуспратним АБ плочама је  $3\text{kN/m}^2$ .

## 2.5. Оцена стања објекта

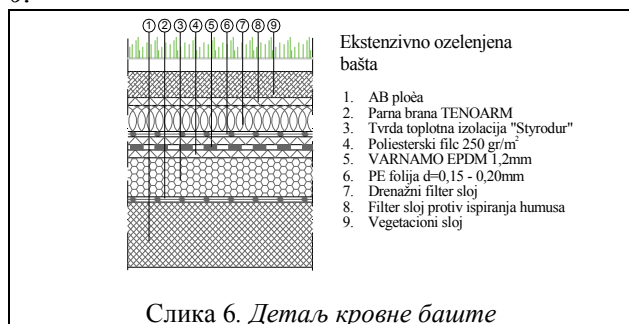
На основу процене стања конструкције и статичког прорачуна закључак је да глобална стабилност није нарушена, носивост конструкције је смањена, а трајност и функционалност је нарушена.

## 2.6. Предлог санационих мера

На носећој АБ конструкторији Rт+P+1 предвиђене су следеће санационе мере:

- санација бетонских гнезда и лоше изведених прекида и наставака бетонирања,
- санација недовољне дебљине заштитног слоја,
- санација кородираних арматуре,
- санација зоне процуривања,
- санација АБ плоча од биолошког растања и прелина,
- санација неправилно обликованих узенгија АБ греда и
- смањење сталног оптерећења од кровне баште на АБ плочу.

Пошто је контролним прорачуном утврђено да у кровној АБ плочи недостаје око 20% арматуре неопходно је обавити ојачање ове плоче или смањити пројектовано оптерећење. Пошто на кровној плочи нису изведени изолациони слојеви, проблем мањка арматуре може се решити смањењем оптерећења од кровне баште. Детаљ кровне баште којом се смањује оптерећење на кровној АБ плочи приказан је на слици 6.



Слика 6. Детаљ кровне баште

- Санација неправилно обликованих узенгија АБ греда односи се на све греде попречног пресека 60/70см. Како је статичким прорачуном утврђено да се осигурање од смичућих напона треба обезбедити само изнад ослонаца, а не и у пољу, санација овог дефекта се врши лепљењем карбонске тканине "SikaWrap Hex-230C" на делу 0,2L (1,44m) од ослонаца. Дебљина карбонске тканине прорачуната је помоћу програмског пакета "FRP - Analysis", а на основу статичких утицаја добијених из статичког прорачуна, и износи 0,22mm. Пример постављања карбонске тканине за осигурање смичућих напона приказан је на слици 7.



Слика 7. Ојачање греда за пријем косих главних напона затезања

## 3. ЛИТЕРАТУРА

1. Група аутора: *Бетон и армирани бетон према БАБ87, књига 1 – Основни прорачуни и конструисање*, Универзитетска штампа, Београд, 2000.
2. Група аутора: *Бетон и армирани бетон према БАБ87, књига 2 – Примери и прилози*, Универзитетска штампа, Београд, 2000.
3. М. Малешев, В. Радоњанин: *скрипта са предавања Материјали и технике санација и заштите*, Факултет техничких наука, Нови Сад.
4. М. Малешев, В. Радоњанин: *скрипта са предавања Праћење, процена стања и одржавање грађевинских објеката*, Факултет техничких наука, Нови Сад.
5. Ж. Радосављевић, Д. Бајић: *Армирани бетон, књига 3, Елементи армирано-бетонских конструкција*, Грађевинска књига, Београд, 2007.
6. А. Флашар: *Звук, топлота, влага, Основе, искуства и практична упутства за високоградњу*, Грађевинска књига, Београд, 1979.
7. Група аутора: *Грађевинска физика и материјали, монографија-зборник радова са научно-стручног скупа*, Београд, 2003.

## Кратка биографија:



**Петар Игњатић**, рођен у Скопљу (Р. Македонија) 1981. године. Дипломски--мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Процена стања, одржавање и санација грађевинских објеката одбранио је 2010. године.



**Мирјана Малешев** рођена је у Змајеу 1958. год. До-кторирала је на Грађевинском факултету у Београду 2003. године, а од 2008. године је ванредни професор на ФТН. Област интересовања су материјали у грађевинарству, технологија бетона, процена стања и санација бетонских конструкција.

**ORGANIZACIJA IZGRADNJE POSLOVNOG OBJEKTA I ANALIZA INVESTICIONOG PROGRAMA****ORGANISATION OF CONSTRUCTION OF A COMMERCIAL BUILDING AND THE INVESTMENT PLAN ANALYSIS**

Zoran Maksimović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je, u cilju dokaza opravdanosti i isplativosti investicije, urađena ekonomsko-finansijska analiza projekta izgradnje poslovno-prodajnog centra keramike i sanitarne opreme. Finansijska (komercijalna) ocena, odnosno odluka o tome da li da se krene u planiranu investiciju ili ne, urađena je metodom Neto Sadašnje Vrednosti (NSV). Konačnom odgovoru o opravdanosti, odnosno roku povraćaja uložених sredstava u projekat primenom metode NSV, prethodi niz aktivnosti kojima se definiše cena koštanja izgradnje objekta.

**Abstract** – In this paper, in order to prove the viability and profitability of the investment, the economic and financial analysis was performed for the project of building a commercial retail centre for ceramics and sanitary equipment. Financial (commercial) appraisal, i.e. the decision to start the planned investment or not, was conducted using the Net Present Value (NPV) method. The final proof of feasibility, or the deadline for the return on investment of the project, specified by using the NPV method, is preceded by a series of activities, which define the price of the construction.

**Ključne reči:** Organizacija, analiza cena, troškovi, investicioni plan, diskontna stopa, neto sadašnja vrednost.

**1. UVOD**

Želja investitora je izgradnja poslovno-prodajnog objekta namenjenog izlaganju i prodaji keramike, sanitarija, prateće opreme i materijala. Objekat je lociran u Veterniku. Spratnost objekta je Po+P+1+Pk. Etaže su projektovane kao smaknute po vertikali, a potkrovlje kao etaža pune visine.

Budući da se realizacija ovog objekta sastoji iz velikog broja aktivnosti, to se i ukupna cena objekta dobija zbirom cena svih tih aktivnosti. Neke od tih aktivnosti nisu proizvodne, ali iziskuju određene troškove (npr. administrativne takse na dobijanje različitih saglasnosti). Kao osnova i ulazni podatak za ovaj rad korišćen je idejni projekat, koji se sastoji od grafičke dokumentacije i predmera radova sa dokaznicom mera.

Predmer radova je urađen za građevinske, građevinsko-instalaterske i radove na uređenju partera, za koje je u ovom radu detaljno urađena analiza troškova, dok je predmer elektro, mašinskih i vodovodnih radova urađen zasebno. Analiza troškova za te radove takođe je urađena zasebno, a vrednosti tih troškova su usvojene i nisu posebno analizirane ovim radom.

**2. TEHNOLOGIJA GRAĐENJA I ORGANIZACIJA GRADILIŠTA**

Za uspešnu realizaciju ovog projekta u obzir se moraju uzeti okolnosti i delatnosti koje obuhvata tehnologija i organizacija građenja. Detaljnom analizom projekta potrebno je usvojiti adekvatan tehnološki proces izgradnje i organizacije građenja i odrediti troškove vezane za taj izbor.

Pre početka analize dinamičkog i finansijskog plana potrebno je definisati tehnologiju i organizaciju građenja, jer rokovi i troškovi izgradnje, a samim tim i cela investicija, direktno zavise od izabrane tehnologije i organizacije građenja. Tek po usvojenom tehnološkom i organizacionom procesu izgradnje objekta, mogu se definisati i troškovi koji su vezani za taj proces.

Analizom lokacije, položaja i konstruktivnog sklopa objekta, definisana je potrebna mehanizacija i njen moguć raspored na lokaciji, raspored i položaj privremenih gradilišnih objekata, instalacija i deponija za smeštaj oplate, armaturnih sklopova i građevinskog materijala. Transport betona vršiće se kamionima mikserima, a ugradnja pumpom za beton. Gradilišna saobraćajnica omogućava prilaz i manevrisanje miksera, pumpe i ostale mehanizacije. Vertikalni transport na gradilištu vršiće se kranskom dizalicom sa radnim radijusom od 27 m. Gradilišna saobraćajnica urađena je na trasi buduće saobraćajnice za unutrašnju komunikaciju kompleksa, čime je izvršena ušteda u vremenu i novcu.

Tek po izvršenoj organizacionoj šemi gradilišta, mogu se definisati i troškovi koji su vezani za tu fazu projekta. Fiksni troškovi na nivou projekta vezani za opremanje gradilišta su troškovi privremenih objekata, instalacija, protivpožarne opreme, obezbeđenja gradilišta i table sa podacima.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red.prof.

**3. ANALIZA CENA IZGRADNJE OBJEKTA**

Kalkulacija cena za građevinske radove obavlja se detaljnom analizom koštanja radnih operacija, materijala i opreme potrebnih da se izvede određena pozicija

građevinskog objekta. Analize se baziraju na građevinskim normama koje definišu:

- broj i kvalifikacionu strukturu izvršilaca za izradu jedinice mere određene pozicije,
- prosečno potrebno vreme po svakom izvršiocu, odnosno po svakoj mašini, za izradu jedinice mere određene pozicije,
- potreban materijal za izradu jedinice mere određene pozicije.

U skladu sa uvođenjem savremenih informacionih sistema uz podršku računara, građevinske norme je moguće šifrirati i prilagoditi elektronskoj obradi podataka. Radi bržeg i efikasnijeg rešenja ovog zadatka, koji se po svojoj prirodi može tipizirati, a uz automatizaciju obrade podataka i bolji kvalitet izlazne informacije korišćen je program „MODUL“.

U program su uneti kompletni „NORMATIVI I STANDARDI U GRAĐEVINARSTVU“. Pored standardnih normativa, program ostavlja mogućnost formiranja nove baze podataka ili dopune postojeće baze, koja se time prilagođava potrebama konkretnog projekta bez remećenja osnovnog sadržaja. Ta mogućnost je korišćena i pri izradi ovog rada, jer je zbog upotrebe savremenih materijala i kompleksnih radova bilo potrebno u bazu podataka uneti velik broj materijala i radova, pa je postojeća baza podataka materijala proširena za stotinak novih.

Obračun cene građenja vrši se na osnovu aktuelnog cenovnika jedinice mere građevinskih materijala, bruto sata rada radnika i sata rada građevinske mašine.

Svaka analiza cene sadrži: naziv pozicije, jedinicu mere pozicije za koju se vrši obračun, količinu radova, oznaku (broj građevinske norme), vrstu i količinu potrebnog materijala i opreme sa jediničnim cenama i ukupnim iznosom i opisom radnih operacija, norma sate po kvalifikacionoj strukturi radnika sa jediničnim bruto cenama i ukupnim cenama.

Analiza cene svake pozicije sadrži i fiksne troškove pozicije, koji su srazmerno dobijeni iz fiksnih troškova projekta. Na kraju svake analize cene prikazani su ukupni troškovi pozicije, obračunate i usvojene jedinične cene.

U tabeli 1. dat je primer sračunavanja troškova jedne pozicije radova u kojoj su sadržana tri normativa, koji su posebno analizirani i sračunati i čijim su sabiranjem dobijeni ukupni troškovi pozicije. Na nivou celog projekta figurišu fiksni troškovi, nezavisno od pojedinačnih pozicija, u kojima su sadržani troškovi profita izvođača radova, troškovi tehničkog osoblja gradilišta, geodetske službe, čuvara gradilišta i ostalih fiksnih troškova.

U konačnu cenu koštanja izgradnje objekta, fiksni troškovi, uvršteni su preko pozicija radova srazmerno vrednosti svake pozicije, a primenom programa „MODUL“.

#### 4. INVESTICIONI PROGRAM

Pored obrađenih i definisanih troškova projektovanih građevinskih radova poznati su i troškovi:

- projektovanih radova termo-mašinske instalacije,
- projektovanih radova vodovodno-kanalizacione instalacije,
- projektovanih radova elektro-energetske instalacije.

(Tabela 1. Primer analize cene pozicije)

ZEMLJANI RADovi

|                                                                                                                           |                          |                                                                                                     |       |       |          |           |           |            |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| Mašinsko skidanje sloja humusa debljine d=25 cm<br>sa utovarom u vozilo, odvoz na deponiju do 5 km.      Količina: 211 m3 |                          |                                                                                                     |       |       |          |           |           |            |           |
| FIKSNi TROŠKOVI POZICIJE                                                                                                  |                          |                                                                                                     |       |       |          |           |           | Ukupno     | Po stavci |
|                                                                                                                           |                          | Na nivou projekta                                                                                   |       |       |          |           | 11.975,00 | 21.639,76  |           |
|                                                                                                                           |                          | Na nivou grupe                                                                                      |       |       |          |           | 0         | 0          |           |
|                                                                                                                           |                          | Na nivou pozicije                                                                                   |       |       |          |           | 0         | 0          |           |
| Ukupno fiksni troškovi pozicije                                                                                           |                          |                                                                                                     |       |       |          |           |           | 21.639,76  |           |
| ZAVISNI TROŠKOVI POZICIJE                                                                                                 |                          |                                                                                                     |       |       |          |           |           |            |           |
| Normativ                                                                                                                  |                          | 25007                                                                                               |       |       |          |           |           |            |           |
| Jed.mere                                                                                                                  |                          | m3    Otkop humusa buldozerom TG-90                                                                 |       |       |          |           |           |            |           |
| Količina                                                                                                                  |                          | 211                                                                                                 |       |       |          |           |           |            |           |
| Šifra                                                                                                                     | Opis                     | JM                                                                                                  | Nor.  | Uk.   | J.cena   | Rad*fakt  | Oprema    | Materijal  | Ukupno    |
| M6                                                                                                                        | Mašinist                 | NS                                                                                                  | 0,028 | 5,95  | 200      | 1.190,00  | 1.190,00  |            |           |
| 11011                                                                                                                     | Buldozer guseničar       | ns                                                                                                  | 0,028 | 5,95  | 3.800,00 | 22.610,00 | 22.610,00 |            |           |
| Ukupno zavisni troškovi normativa                                                                                         |                          |                                                                                                     |       |       |          | 1.190,00  | 22.610,00 |            | 23.800,00 |
| Normativ                                                                                                                  |                          | 25007                                                                                               |       |       |          |           |           |            |           |
| Jed.mere                                                                                                                  |                          | m3    Utovar zemlje I i II kat kašikom zapremine 1,90                                               |       |       |          |           |           |            |           |
| Količina                                                                                                                  |                          | 211                                                                                                 |       |       |          |           |           |            |           |
| Šifra                                                                                                                     | Opis                     | JM                                                                                                  | Nor.  | Uk.   | J.cena   | Rad*fakt  | Oprema    | Materijal  | Ukupno    |
| M6                                                                                                                        | Mašinist                 | NS                                                                                                  | 0,025 | 5,17  | 200      | 1.034,00  | 1.034,00  |            |           |
| 15022                                                                                                                     | Utovarivač točkaš kašika | ns                                                                                                  | 0,025 | 5,17  | 3.800,00 | 19.646,00 | 19.646,00 |            |           |
| Ukupno zavisni troškovi normativa                                                                                         |                          |                                                                                                     |       |       |          | 1.034,00  | 19.646,00 |            | 20.680,00 |
| Normativ                                                                                                                  |                          | 430045                                                                                              |       |       |          |           |           |            |           |
| Jed.mere                                                                                                                  |                          | m3    Prevoz tereta i povratak na utovar kamionom nosivosti 11,5 tona, snage 200 ks, daljina 5,0 km |       |       |          |           |           |            |           |
| Količina                                                                                                                  |                          | 211                                                                                                 |       |       |          |           |           |            |           |
| Šifra                                                                                                                     | Opis                     | JM                                                                                                  | Nor.  | Uk.   | J.cena   | Rad*fakt  | Oprema    | Materijal  | Ukupno    |
| M7                                                                                                                        | Mašinist                 | NS                                                                                                  | 0,079 | 16,69 | 220      | 3.671,80  | 3.671,80  |            |           |
| 17020                                                                                                                     | Kam.kip.11,5t snage 200  | ns                                                                                                  | 0,079 | 16,69 | 3.000,00 | 50.070,00 | 50.070,00 |            |           |
| Ukupno zavisni troškovi normativa                                                                                         |                          |                                                                                                     |       |       |          | 3.671,80  | 50.070,00 |            | 53.741,80 |
| Ukupno zavisni troškovi pozicije                                                                                          |                          |                                                                                                     |       |       |          | 5.895,80  | 92.326,00 |            | 98.221,80 |
| UKUPNO TROŠKOVI POZICIJE                                                                                                  |                          |                                                                                                     |       |       |          |           |           | 119.861,56 |           |
| Obračunata jedinična cena                                                                                                 |                          |                                                                                                     |       |       |          |           |           | 568,06     |           |
| Usvojena jedinična cena                                                                                                   |                          |                                                                                                     |       |       |          |           |           | 568,06     |           |

Poznavanjem svih ovih troškova, određeni su ukupni troškovi izgradnje objekta u smislu izvođenja svih radova, utroška svog potrebnog materijala i opreme za izgradnju. Osim cene izvođenja radova, u cenu izgrađenog objekta ulaze i troškovi:

- naknade za uređenje gradskog građevinskog zemljišta,
- naknade za obezbeđenje električne energije, daljinskog grejanja i telefonskog saobraćaja,
- troškovi pripremanja lokacije,
- troškovi izrade i overe tehničke dokumentacije i
- ostali troškovi.

Investicionim programom se analizira i sračunava cena jednog objekta. To je ključni dokument za upravljanje investicijom u finansijskom pogledu. Struktura investicionog programa je u potpunosti prilagođena tehničko-tehnološkim karakteristikama objekta, lokaciji na kojoj se gradi i propisima koji obavezuju na regulisanje naknada. Vrednosti pojedinih naknada zavise od tržišnih uslova i iznosa participacija koje propisuje lokalna uprava, a definisane su na osnovu dostupnosti informacija javnih preduzeća.

#### 5. EKONOMSKO-FINANSIJSKA ANALIZA

Iz sopstvenih sredstava projekat se finansira sa 60% ukupne vrednosti, a sredstvima iz komercijalnoig kredita sa 40%.

Rezultati budućeg poslovanja firme prikazani su u vidu planiranih prihoda od prodaje materijalnih i nematerijalnih troškova i troškova amortizacije.

Bilans uspeha projekta definisan je poznatim ukupnim prihodima i rashodima, a prikazan je u tabeli 2.

Vrednost bruto dobitka dobijena je umanjjenjem vrednosti prihoda vrednošću rashoda. Umanjenjem bruto dobitka za vrednost od 10% na ime poreza i doprinosa iz dobitka,

dobijena je vrednost neto dobitka. Bilans uspeha dat je po godinama i veku eksploatacije projekta.

(Tabela 2. Bilans uspeha projekta.)

| OPIS                          | PERIOD EKSPLOATACIJE |               |               |
|-------------------------------|----------------------|---------------|---------------|
|                               | 1                    | 2             | 3             |
| UKUPNI PRIHODI                | 96.960.000,00        | 96.960.000,00 | 96.960.000,00 |
| UKUPNI RASHODI                | 75.991.277,00        | 75.991.277,00 | 75.991.277,00 |
| BRUTO DOBITAK                 | 20.968.723,00        | 20.968.723,00 | 20.968.723,00 |
| POREZI I DOPRINOSI IZ DOBITKA | 2.096.872,30         | 2.096.872,30  | 2.096.872,30  |
| NETO DOBITAK                  | 18.871.850,70        | 18.871.850,70 | 18.871.850,70 |

### 5.1. Finansijska (komercijalna) ocena

Analiza početnih ulaganja ignoriše tekuće troškove, a analiza ukupnih ulaganja precenjuje njihov efekat. Za balansiranje efekata početnih i tekućih troškova mora se uzeti u obzir vremenski faktor, što se postiže korišćenjem interesnih stopa. Interesne (diskontne) stope predstavljaju troškove kapitala, odnosno interes koji se plaća na pozajmljeni kapital. Može se reći i da je to stopa po kojoj centralna banka odobrava kredite poslovnim bankama. Diskontna stopa se izražava u procentima i malim slovom  $p$ .

Da bi investitor doneo odluku o ulaganju sopstvenih sredstava i zaključivanju ugovora sa drugim ulagačima mora sprovesti finansijsku analizu. Na osnovu dobijenih rezultata investitor će sagledati da li treba da krene sa realizacijom projekta.

Jedna od metoda koje daje odgovor na to pitanje je metoda Neto Sadašnje Vrednosti (NSV). Metoda NSV sve troškove i prihode svodi na prilive i odlive novca, odnosno novčanih tokova u predviđenom periodu eksploatacije. Kod investicija je NSV razlika između diskontovanog neto priliva u ekonomskom veku projekta i inicijalnog ulaganja. Jednačina NSV glasi:

$$NSV = \sum_{i=0}^n \frac{Npi}{(1+p)^i}$$

gde su:

$Npi$  -neto primitak u  $i$ -toj godini eksploatacije objekta  
Kriterijum za odlučivanje je da  $NSV \geq 0$  za nezavisne projekte kojima ovaj projekat pripada.  
Proračun vrednosti NSV dat je tabelarno. Proračun je sproveden za različite vrednosti diskontne stope u opsegu od 5% do 9.5% sa korakom rasta od 0.5%.

(Tabela 3. Proračun NSV za diskontnu stopu od 6%.)

| God. Dis.stopa<br>(i) | (p) | (1+p) <sup>i</sup> | Neto primitak<br>(Npi) | Neto sad. vrednost<br>NSV=Npi/(1+p) <sup>i</sup> | Kumulativni zbir NSV |
|-----------------------|-----|--------------------|------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|
| 0                     | 6%  | 1,00000            | -112.014.773,41        | -112.014.773,41                                  | -112.014.773,41      |
| 1                     | 6%  | 1,06000            | 18.871.850,70          | 17.803.632,74                                    | -94.211.140,68       |
| 2                     | 6%  | 1,12360            | 18.871.850,70          | 16.795.879,94                                    | -77.415.260,74       |
| 3                     | 6%  | 1,19102            | 18.871.850,70          | 15.845.169,75                                    | -61.570.090,98       |
| 4                     | 6%  | 1,26248            | 18.871.850,70          | 14.948.273,35                                    | -46.621.817,63       |
| 5                     | 6%  | 1,33823            | 18.871.850,70          | 14.102.144,67                                    | -32.519.672,96       |
| 6                     | 6%  | 1,41852            | 18.871.850,70          | 13.303.910,07                                    | -19.215.762,89       |
| 7                     | 6%  | 1,50363            | 18.871.850,70          | 12.550.858,56                                    | -6.664.904,33        |
| 8                     | 6%  | 1,59385            | 18.871.850,70          | 11.840.432,60                                    | 5.175.528,27         |
| 9                     | 6%  | 1,68948            | 18.871.850,70          | 11.170.219,43                                    | 16.345.747,70        |

Za svaku vrednost diskontne stope, sračunata je tačna vrednost povraćaja uložених sredstava. Na primeru tabele 3. tj. za vrednost diskontne stope od 6% vreme povraćaja sredstava se nalazi na sledeći način:

- Za godine se usvaja broj godina za koje je kumulativni zbir NSV najveći negativan.

- Za mesece se usvaja pozitivna vrednost prve decimale iz proizvoda odnosa najveće negativne vrednosti kumulativnog zbira NSV i pojedinačne godišnje neto sadašnje vrednosti naredne godine i broja meseci u godini:

$$\frac{-6.664.904,33}{11.840.432,6} \times 12 = \underline{6,755}$$

- Za dane se usvaja broj dobijen proizvodom:

$$0,755 \times 30 = \underline{22,65},$$

Može se reći da će se u ovom primeru povraćaj uložених sredstava ostvariti nakon 7 godina 6 meseci i 23 dana.

Evidentno je da se sa povećanjem diskontnog faktora vreme povraćaja investiranih sredstava povećava.

U tabeli 4. urađena je varijanta za NSV koja se odnosi samo na sredstva planirana proizvodnim kreditom, sa rokom otplate od 5 godina i godišnjom kamatom od 12%.

(Tabela 4. Proračun NSV za diskontnu stopu od 12%, sredstvima iz proizvodnog kredita.)

| God. Dis.stopa<br>(i) | (p)   | (1+p) <sup>i</sup> | Neto primitak<br>(Npi) | Neto sad. vrednost<br>NSV=Npi/(1+p) <sup>i</sup> | Kumulativni zbir NSV |
|-----------------------|-------|--------------------|------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|
| 0                     | 12,0% | 1,00000            | -44.805.909,36         | -44.805.909,36                                   | -44.805.909,36       |
| 1                     | 12,0% | 1,12000            | 18.871.850,70          | 16.849.866,70                                    | -27.956.042,67       |
| 2                     | 12,0% | 1,25440            | 18.871.850,70          | 15.044.523,84                                    | -12.911.518,83       |
| 3                     | 12,0% | 1,40493            | 18.871.850,70          | 13.432.610,57                                    | 521.091,74           |
| 4                     | 12,0% | 1,57352            | 18.871.850,70          | 11.993.402,29                                    | 12.514.494,03        |
| 5                     | 12,0% | 1,76234            | 18.871.850,70          | 10.708.394,90                                    | 23.222.888,93        |

Povraćaj uložених sredstava tj. povraćaj sredstava iz kreditnog zaduženja ostvariće se nakon približno tri (3) godine, što svakako ispunjava ugovorom predviđeni rok od pet (5) godina i pri tom ostavlja vremensku rezervu u slučaju nepovoljnog odstupanja od planiranog pozitivnog poslovanja.

U prikazanim primerima proračuna NSV, za svaku vrednost diskontne stope, vreme koje je potrebno da se uložena sredstva vrata je različito. Povećanjem vrednosti diskontne stope produžiće se i vreme povraćaja uložених sredstava. Tako na primer, za vrednost diskontne stope od 5% vreme povraćaja uložених sredstava iznosi 7 godina, 2 meseca i 19 dana, dok za vrednost diskontne stope od 9,5% ono iznosi 9 godina, 1 mesec i 24 dana. Razlika između ova dva intervala je približno dve godine. Odavde se može zaključiti da je diskontna stopa bitan faktor za određivanje vremena potrebnog za ostvarenje povraćaja uložених sredstava. Na ovom nivou razmatranja, diskontna stopa može se suštinski usvojiti i posmatrati kao referentna kamatna stopa. Referentnu kamatnu stopu svake države određuje njena centralna banka, u zavisnosti od njene ekonomske snage, stabilnosti, opštih ekonomskih i makroekonomskih pokazatelja. U Srbiji ona iznosi 9%, a određuje je monetarni odbor Narodne banke Srbije. Posmatrajući tu vrednost može se reći da će se povraćaj uložених sredstava u ovaj projekat ostvariti nakon nešto manje od 9 godina.

## 6. DINAMIČKI I FINANSIJSKI PLAN

Dinamički planovi, kao vizuelni prikaz (tekstualno ili grafički) procesa planiranja, prikazuju vremenski raspored resursa iz statičkih planova i logički raspored aktivnosti kojima ti resursi pripadaju u vremenu. Za izradu

dinamičkih planova koriste se razne metode i tehnike pomoću kojih se, na osnovu poznatih matematičkih disciplina i modela, definisanih kriterijuma i skupa ograničenja dobijaju najverovatniji rasporedi aktivnosti i resursa projekta u nekom budućem vremenu. U stručnoj literaturi mogu se sresti razne podele dinamičkih planova, međutim u graditeljskoj praksi uglavnom se koriste dve osnovne vrste, a to su linijski i mrežni planovi.

Mrežni plan je model čitavog procesa (investicije), postavljen na osnovu definisanog obima investicije – projekta. U ovom radu, mrežni plan je orijentisan na izgradnju objekta, pri čemu su detaljnije razrađeni građevinski radovi, dok su ostali, instalaterski, radovi grupisani po vrstama i kao takvi inkorporirani u globalni mrežni plan izgradnje. U toku analize strukture mrežnog plana ne razmatraju se vremenski odnosi aktivnosti, unutar projekta, nego samo međusobna uslovljenost – logička veza, redosled i odnos aktivnosti.

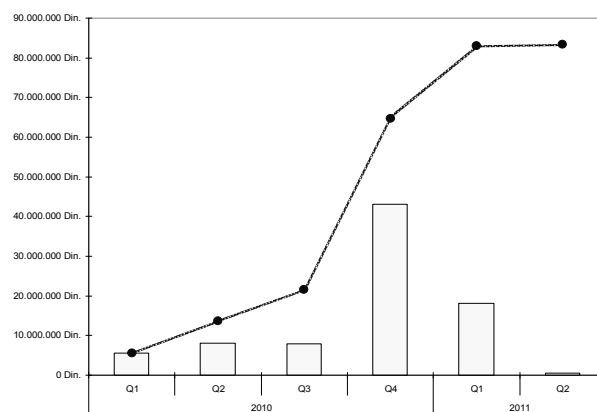
Kao linijski dinamički plan, u radu, korišćen je gantogram. Gantogram pripada klasičnoj tehnici grafičke prezentacije dinamičkih planova, koja se i danas veoma često primenjuje, jer je jednostavan i pregledan i daje bitan odgovor o ukupnom vremenu potrebnom za realizaciju objekta. Metoda gantograma ne daje tehnološke i organizacione veze među aktivnostima, što je karakteristika mrežnog plana. Gantogram je urađen u programu MS Project, na osnovu mrežnog plana i sadrži kritičan put i vremenske zapore pojedinih aktivnosti.

Dinamički plan finansijskih sredstava projekta je završna faza izrade dinamičkih planova i radi se kada su jasno definisani svi statički i dinamički planovi. On prezentuje raspored finansijskih sredstava u toku vremena trajanja projekta, a njegova grafička interpretacija poznata je pod nazivom „Cash flow“ ( tok novca ).

Važno je da dinamika ulaganja finansijskih sredstava prati dinamiku izgradnje objekta. Finansijski plan se zasniva na dinamičkom planu napredovanja radova (mrežnom planu) koji je urađen na osnovu vrednosti pojedinačnih aktivnosti. Da bi se pristupilo izradi ovog plana neophodno je, pre svega, utvrditi cene koštanja svih vrsta radova na izgradnji objekta. To se postiže proračunom potreba u radnoj snazi, materijalu i mehanizaciji, na osnovu čega se dobijaju cene koštanja pojedinih vrsta radova. Cene svih aktivnosti u toku meseca ili kvartala daju mesečne ili kvartalne iznose. Ti novčani iznosi formiraju dinamički plan finansijskih sredstava. On se može predstaviti histogramom, a kumulativni zbir tih vrednosti određuje krivu ulaganja novčanih sredstava. Ova kriva ima najčešće oblik latiničnog slova „S“, pa se naziva i „S“ kriva i prikazana je na slici 1.

„Cash Flow“ analiza prikazuje prihode i troškove i određuje da li su sredstva u „kešu“ dovoljna za planirano ulaganje ili mora da se traži pozajmica ili kredit. Radi sticanja informacije o mogućnosti ulaganja u investicije, potrebno je klasifikovati periodične (kvartalne) troškove da bi se sagledalo da li je trošenje finansijskih sredstava veće nego sticanje tih sredstava u predmetnom periodu.

Na slici 1. prikazan je *cash flow*/tok novca – dijagram radnog kapitala kroz vreme u odnosu na troškove, a pri poznatim i definisanim prilivima.



Slika 1. Cash Flow, „S“ kriva.

## 7. ZAKLJUČAK

Tokom svake faze realizacije projekta - investicije, bez unapred definisanih troškova, ne bi se moglo doći do finansijskog plana, do ocene o isplativosti i roku povraćaja uloženi sredstava u projekat, a samom tim ni do odluke investitora da li da pokrene samu investiciju.

Izborom tehnologije građenja i pristupima organizaciji gradilišta dobijaju se i različiti troškovi vezani za taj izbor. Način ugradnje materijala, mehanizacija primenjena za izgradnju, radna snaga i primenjeni materijal direktno utiču na ukupne troškove objekta, koji u zavisnosti od usvojenog izbora, mogu imati manje ili veće vrednosti. Stoga je potrebno, pogodnim izborom tehnologije i organizacije, troškove koji zavise od njih svesti na minimum, a pri tome ispoštovati rokove kao i dobar kvalitet gradnje.

Troškovi vezani za izgradnju objekta su dominantni u ukupnoj vrednosti investicije i iznose 72% svih ulaganja. Sa datim odgovorima na pitanja o vremenskom i novčanom toku investicije, investitoru je omogućeno da lakše donese odluku o pokretanju investicije, odustajanju od nje ili pak o redukciji i izmeni nekih njenih delova.

## 8. LITERATURA

- [1] Goran Ćirović, Ognjan Luković, „Građevinska ekonomija“, šesto izdanje, Beograd, 2009.
- [2] Goran Ćirović, „Upravljanje investicijama“, četvrto izdanje, Beograd, 2009.
- [3] Kazimir Kurij, „Metode i tehnike izrade planova u graditeljstvu“, Beograd, 2007.
- [4] Milan Trivunić, Zoran Matijević, „Upravljanje projektima“, skripta I, Novi Sad, 2004.

### Kratka biografija:



**Zoran Maksimović** rođen je u Zemunu 1980. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo–Građevinski menadžment odbranio je 2010.god.

**ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ИЗГРАДЊЕ ГЛАВНОГ КОЛЕКТОРА  
КАНАЛИЗАЦИОНОГ СИСТЕМА БИЈЕЉИНЕ****TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF CONSTRUCTION OF THE MAIN  
WASTE WATER COLLECTOR OF BIJELJINA SEWAGE SYSTEM**Јелена Тешић, Душко Ђурић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У раду је приказана техно-економска анализа изградње главног фекалног колектора од ГФПС „Дашница“ до ГФПС „Шећерана“. Анализиране су четири варијанте у циљу оптимизације трошкова изградње и експлоатације, уз обезбеђење сигурног транспорта употребљених вода до локације постројења за пречишћавање.

**Abstract** – This paper shows technic and economic analysis of construction of main waste water collector starting from main sewage pump station „Dasnica“ with end point at main sewage pump station „Secerana“. There are four analysed variants with aim of optimisation of construction and exploitation expenses, while ensuring safe transport of waste waters to the waste water purification capacity.

**Кључне ријечи:** варијантна рјешења главног фекалног колектора, хидраулички прорачун, техно-економска анализа

**1. УВОД**

Питање прикупљања, пречишћавања и испуштања употребљених вода насеља и индустрије на подручју општине Бијељина, до 2005. године није било систематски ријешено.

Општинска управа Бијељине је у току 2004./2005. године донијела Одлуку о изградњи канализационог система на подручју града Бијељина. Том одлуком усвојен је сепаратни канализациони систем са изградњом постројења за пречишћавање.

Идејним рјешењима фекалне и кишне канализације у Бијељини, утврђене су трасе главних и секундарних колектора за цијело подручје града, као и траса главног фекалног колектора (ГФК) од главне фекалне пумпне станице ГФПС „Дашница“, до планираног постројења за пречишћавање отпадних вода ППОВ „Шећерана“.

У овом раду обрадиће се главни фекални колектор (ГФК) од ГФПС „Дашница“ до ППОВ „Шећерана“, односно његова техно-економска анализа.

Техно-економска анализа подразумева одређивање оптималног пречника и дубине укопавања главног фекалног колектора, односно одређивање оптималног висинског положаја ГФК, на дионици од ГФПС „Дашница“ до постојећег ППОВ „Шећерана“, поређењем свих трошкова изградње и експлоатације канализационог система за плански период од 2010. до 2050. године, имајући при томе у виду веома специфичне услове изградње при релативно високим нивоима подземних вода на цијелом подручју канализационог система Бијељине.

**2. МЈЕРОДАВНЕ КОЛИЧИНЕ ОТПАДНЕ ВОДЕ**

У оквиру Идејног рјешења канализационог система Бијељине извршен је биланс свих отпадних вода на подручју општине Бијељина, са одговарајућом пројекцијом броја становника до 2050. године. Овде ће бити дат кратак извод из Идејног рјешења канализационог система Бијељине, као образложење за преузете мјеродавне количине употребљених вода и усвојених прорачунских параметара потребних за израду техно-економске анализе.

У табели 1 приказан је потребни капацитет ППОВ „Шећерана“, а имајући у виду и тренутну изграђеност канализационог система града Бијељине, потребно вријеме и потребна финансијска средства за потпуну изградњу канализационог система, извршена је и процјена реалних карактеристичних дотока отпадних вода на ППОВ „Шећерана“.

Табела 1: Доток отпадних вода на ППОВ „Шећерана“

| Година експлоатације канализације | Потребни (планирани) капацитет ППОВ $Q_{\max, \text{cas}}$ (l/s) | Прогнозирани (реални) развој канал. система и капацитета ППОВ $Q_{\max, \text{cas}}$ (l/s) | Прогнозирани (реални) развој канал. система и капацитета ППОВ $Q_{\text{sr}, \text{dn}}$ (l/s) |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2010.                             | 580.0                                                            | 377.0                                                                                      | 217.9                                                                                          |
| 2015.                             | 713.3                                                            | 490.0                                                                                      | 283.2                                                                                          |
| 2020.                             | 820.0                                                            | 600.0                                                                                      | 346.8                                                                                          |
| 2025.                             | 920.0                                                            | 700.0                                                                                      | 404.6                                                                                          |
| 2030.                             | 997.7                                                            | 800.0                                                                                      | 462.4                                                                                          |
| 2035.                             | 1,050.0                                                          | 900.0                                                                                      | 520.2                                                                                          |
| 2040.                             | 1,100.0                                                          | 1000.0                                                                                     | 578.0                                                                                          |
| 2045.                             | 1,140.0                                                          | 1070.0                                                                                     | 618.5                                                                                          |
| 2050.                             | 1,169.10                                                         | 1111.5                                                                                     | 642.5                                                                                          |

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је био др Душко Ђурић, ред. проф.

Пошто је предмет пројекта изградња ГФК на дионици од постојеће ГФПС „Дашница“ до ППОВ „Шећерана“, потребно је анализирати и укупни

међудоток у планском периоду. У табели 2 је приказан укупан међудоток на предметној дионици ГФК. Из Табеле 2 се види да је укупан међудоток на предметној дионици ГФК 168 l/s, што је свега 14,4% од максималне транспортне количине отпадних вода.

Табела 2: Укупни међудоток у ГФК

| Назив пумпне станице | Макс. часовни проток ПС (l/s) |
|----------------------|-------------------------------|
| ПС - Шећерана        | 1,170.0                       |
| ПС - Велика Обарска  | 42.0                          |
| ПС – Буцак           | 4.0                           |
| ПС - Љељенча         | 11.0                          |
| ПС – ИНД 2           | 85.0                          |
| ПС - Ковиљуше        | 26.0                          |
| ГФПС - Дашница       | 1,002.0                       |

### 3. ОПИС ВАРИЈАНТНИХ РЈЕШЕЊА

Траса ГФК је вођена дијелом поред канала Дашница, до Т158. Одатле је постојећим пољским путевима траса вођена сјеверно од насеља Ковиљуше и Индустријске зоне ИНД-2 све до Т132, гдје пролази испод градске обилазнице за путни правац Београд-Брчко, те поново пољским путевима до Т82. Одатле наставља појасом Мајевичког ободног канала све до локације ППОВ „Шећерана“. Траса пролази испод Мајевичког ободног канала на локацији Мост Велика Обарска, а од Т10 се удваја од канала и улази на локацију ППОВ „Шећерана“. Пројектни задатак захтијева одређивање најповољнијег цјевовода на одабраној траси, што подразумева анализу неколико варијанти цјевовода са различитим унутрашњим пречницима цијеви и подужним падовима. На основу те анализе усвојиће се једна варијанта као коначно рјешење.

Разматрани начин транспорта отпадне воде је гравитациони са слободним течењем. У случају гравитационог одвођења отпадне воде, течење је са слободном површином уз изградњу потребног броја препумпних станица (за поједине анализиране варијанте).

У случају гравитационог колектора са слободним течењем, анализиране су четири варијанте:

- варијанта **V1**, унутрашњег пречника цијеви 1300 mm са подужним падом  $I=1,0$  m/km, што је уједно и минимални препоручени пад за дати пречник
- варијанта **V2**, унутрашњег пречника цијеви 1200 mm са подужним падом  $I=1,2$  m/km
- варијанта **V3**, унутрашњег пречника цијеви 1100 mm са подужним падом  $I=1,8$  m/km, и
- варијанта **V4**, унутрашњег пречника цијеви 1000 mm са подужним падом  $I=3,0$  m/km.

#### 3.1 Варијанта V1

Према првој анализираној варијанти главног фекалног колектора, разматрана је цијев унутрашњег пречника DN 1300 mm, што је и највећи анализирани пречник колектора. Пројектован минимални подужни пад је  $I=1,00$  m/km, и он обезбјеђује слободно течење за дати пречник колектора. За довод воде до постројења за пречишћавање пројектоване су следеће пумпне станице:

- постојећа ГФПС „Дашница“ (6+404,05 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=60$  kW, са висином дизања  $H_p=3,40$  m,
- ПС „1“ (2+372,06 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=70$  kW, и висине дизања  $H_p=3,81$  m, и
- ГФПС „Шећерана“ (0+147,09 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=120$  kW, са висином дизања  $H_p=6,69$  m.

#### 3.2 Варијанта V2

Друга анализирана варијанта главног фекалног колектора је цијев DN 1200 mm, са подужним падом  $I=1,2$  m/km. за довод воде до постројења за пречишћавање пројектоване су следеће пумпне станице:

- постојећа ГФПС „Дашница“ (6+404,05 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=60$  kW, са висином дизања  $H_p=3,30$  m,
- ПС „1“, на стационожи 2 km +372,06 m, потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=80$  kW, и висине дизања  $H_p=4,55$  m, и
- ГФПС „Шећерана“ (0+147,09 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=130$  kW, са висином дизања  $H_p=7,16$  m.

#### 3.3 Варијанта V3

Према трећој анализираној варијанти, главни колектор је цијев унутрашњег пречника DN 1100 mm. Пројектовани пад од  $I=1,8$  m/km обезбјеђује слободно течење за дати пречник колектора. за довод воде до постројења за пречишћавање пројектоване су следеће пумпне станице:

- постојећа ГФПС „Дашница“ (6+404,05 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=60$  kW, са висином дизања  $H_p=3,20$  m,
- ПС „1“ (4+930,41 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=80$  kW, и висине дизања  $H_p=4,52$  m,
- ПС „2“ (2+372,06 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=65$  kW, и висине дизања  $H_p=3,71$  m, и
- ГФПС „Шећерана“ (0+147,09 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=140$  kW, са висином дизања  $H_p=7,93$  m.

#### 3.4 Варијанта V4

Према овој варијанти, анализиран је колектор унутрашњег пречника DN 1000 mm, са подужним падом од 3 m/km, који обезбјеђује слободно течење за дати пречник. за довод воде до постројења за пречишћавање пројектоване су следеће пумпне станице:

- постојећа ГФПС „Дашница“ (6+404,05 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=55$  kW, са висином дизања  $H_p=3,10$  m,
- ПС „1“ (5+125,97 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=85$  kW, и висине дизања  $H_p=4,87$  m,
- ПС „2“ (3+303,93 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=95$  kW, и висине дизања  $H_p=5,40$  m,
- ПС „3“ (1+619,26 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=95$  kW, и висине дизања  $H_p=5,42$  m, и
- ГФПС „Шећерана“ (0+147,09 m), потребне инсталисане снаге  $N_{pi}=150$  kW, са висином дизања  $H_p=8,55$  m.

## 4. ПРОРАЧУНИ

### 4.1 Хидраулички прорачун

Прорачун је извршен на основу пројектованог максималног часовног протицаја, који износи 1170 l/s. Прорачун је извршен уз помоћ Табела за хидраулички прорачун канализационе мреже [1]. Препоручени минимални подужни пад цијевовода у литератури је 1 m/km, те се и о томе водило рачуна код избора подужног пада и пречника. Осим ограничења у избору подужног пада, морало се водити рачуна и о томе да се за изабрани пад и пречник цијеви обезбиједи минимална брзина течења при максималном пуњењу канала. Минимална брзина за максимално пуњење канала дата је у зависности од пречника цијеви у Табели 3.

Табела 3: Минимална брзина за максимално пуњење

| Пречник канала (mm) | Минимална брзина (m/s) | Максимално пуњење |
|---------------------|------------------------|-------------------|
| 150-250             | 0,7                    | 0,6 h/D           |
| 300-400             | 0,8                    | 0,7 h/D           |
| 450-500             | 0,9                    | 0,75 h/D          |
| 600-800             | 1,00                   | 0,75 h/D          |
| 900-1200            | 1,15                   | 0,80 h/D          |
| 1500                | 1,3                    | 0,80 h/D          |
| преко 1500          | 1,5                    | 0,80 h/D          |

### 4.2 Прорачун снаге пумпних станица

У циљу добијања адекватних трошкова електричне енергије код пумпања отпадне воде, који представљају и најзначајнију ставку од свих експлоатационих трошкова, неопходно је познавати снагу пумпи. Образац за израчунавање снаге пумпе:

$$N_p = \frac{Q_p \cdot H_p \cdot \gamma \cdot 1,15}{\eta} \quad (1)$$

Након израчунате висине дизања пумпе, и познатог протицаја, израчунате су потребне снаге за све пумпе посебно, и збирно за све варијанте.

Укупна потребна инсталисана снага пумпи за довод отпадне воде до постројења за пречишћавање, према варијанти V1, износи  $N_{uk}=250$  kW, са укупном висином дизања  $H_{uk}=13,90$  m.

Укупна потребна инсталисана снага пумпи за довод отпадне воде до постројења за пречишћавање, према варијанти V2, износи  $N_{uk}=270$  kW, са укупном висином дизања  $H_{uk}=15,01$  m.

Укупна потребна инсталисана снага пумпи за довод отпадне воде до постројења за пречишћавање, према варијанти V3, износи  $N_{uk}=345$  kW, са укупном висином дизања  $H_{uk}=19,36$  m.

Укупна потребна инсталисана снага пумпи за довод отпадне воде до постројења за пречишћавање, према варијанти V3, износи  $N_{uk}=480$  kW, са укупном висином дизања  $H_{uk}=27,34$  m.

## 5. ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ВАРИЈАНТНИХ РЈЕШЕЊА

### 5.1 Врсте трошкова

За оцјену свих варијантних рјешења исказани су следећи трошкови: инвестициони трошкови, трошкови текућег и инвестиционог одржавања, трошкови амортизације система, и трошкови

електричне енергије. Трошкови текућег и инвестиционог одржавања, трошкови амортизације система и трошкови електричне енергије зову се заједничким именом експлоатациони трошкови.

У инвестиционе трошкове су обухваћени земљани радови, монтажни радови, уређење трасе са трошковима накнаде за земљиште у приватном власништву, трошкови изградње објеката пумпних станица или њихових реконструкција (са укљученим трошковима довода и трансформације електричне енергије, као и трошковима набавке и уградње опреме). Извршен је предмјер и предрачун радова са потребним доказницама количина за све анализиране варијанте, што је послужило као основ за процјену инвестиционих трошкова објекта. У табели 4 дат је преглед инвестиционих трошкова:

Табела 4: Преглед инвестиционих трошкова

| Варијанта       | Укупни инвестициони трошкови (KM) |
|-----------------|-----------------------------------|
| V1 – DN 1300 mm | 9.786.774,00                      |
| V2 – DN 1200 mm | 8.011.383,00                      |
| V3 – DN 1100 mm | 6.465.803,00                      |
| V4 – DN 1000 mm | 6.628.714,00                      |

Трошкови текућег и инвестиционог одржавања подразумијевају трошкове инспекција и отклањања евентуалних зачепљења колектора, трошкове контроле и мјерења на објектима пумпних станица, трошкове ремонта опреме ПС, трошкове замјене дотрајале опреме ПС или дијелова опреме, као и трошкове управљања канализационим системом. Трошкови текућег и инвестиционог одржавања су исказани на годишњем нивоу као проценат од укупне инвестиционе вриједности објекта у износу 0,1-0,35 % за објекат колектора (конкретно је узето 0,2 %), односно 4,5 % за објекте пумпних станица.

Трошкови амортизације система подразумијевају резервацију средстава за потпуну реконструкцију (поновну изградњу) свих објеката система у току њиховог вијека трајања. Трошкови амортизације су исказани на годишњем нивоу као проценат од инвестиционе вриједности објекта у износу 2 % за колекторе и 2,5 % за објекте пумпних станица.

Збир свих трошкова текућег и инвестиционог одржавања колектора и пумпних станица, и трошкова амортизације система за колектор и пумпне станице даје укупне трошкове одржавања, који су израчунати на годишњем нивоу и укупно за плански период. У табели 5 дат је преглед трошкова одржавања:

Табела 5: Преглед трошкова одржавања

| Варијанта       | Укупни трошкови одржавања (KM) |
|-----------------|--------------------------------|
| V1 – DN 1300 mm | 11.189.270,15                  |
| V2 – DN 1200 mm | 9.587.867,47                   |
| V3 – DN 1100 mm | 8.980.954,31                   |
| V4 – DN 1000 mm | 9.915.100,03                   |

Трошкови електричне енергије подразумијевају трошкове утрошене електричне енергије и трошкове накнаде за ангажовану снагу и реактивну енергију. Исказани су као годишњи трошкови за реалне ангажоване снаге по варијантама на бази цијене електричне енергије од 0,06 KM/kWh (просјечна цијена) и доприноса за ангажовану снагу од 6,3

KM/kW. У табели 6 дат је преглед трошкова електричне енергије по варијантама:

Табела 6: Преглед трошкова ел. енергије

| Варијанта       | Укупни трошак ел. енергије (KM) |
|-----------------|---------------------------------|
| V1 – DN 1300 mm | 2.684.808,08                    |
| V2 – DN 1200 mm | 2.899.206,42                    |
| V3 – DN 1100 mm | 3.739.416,14                    |
| V4 – DN 1000 mm | 5.280.766,39                    |

## 5.2 Свођење трошкова на садашњу вриједност

Техно-економско поређење варијантних рјешења урађено је Методом свођења на садашњу вриједност. Код овог поступка полази се од става да финансијска средства која би се данас уложила у неки инвестициони објекат нису једнако вриједна, ако се она улажу након одређеног времена. Неуложена средства у неки објекат (нпр. канализациони објекат у овом случају) могла би се истовремено уложити у неки други привредни објекат, тако да би се на та средства у исто вријеме остварила одређена добит. Због тога, онај дио средстава који би требало улагати у изградњу објеката или у трошкове погона након  $n$  година, ради поређења са средствима улаганим данас, треба умањити. Пошто се у том случају сви трошкови фиктивно свде на почетно вријеме, овај метод обрачуна се зове и **метод садашњих вриједности**.

Прорачун сведених трошкова извршен је за период од 40 година, по формули:

$$T_{g,sv} = f_{sv} \cdot T_g, \quad (2)$$

гдје су:

$$f_{sv} = 1/(1+DS/100)^n \quad (3)$$

$f_{sv}$  – фактор свођења на садашњу вриједност,

$T_{g,sv}$  – сведени годишњи трошак,

$T_g$  – реални будући годишњи трошак,

$n$  – број година за који је трошак одгођен,

$DS$  – дисконтна стопа (6, 8, 10 или 12).

Анализа је извршена за 4 дисконтне стопе (6, 8, 10 и 12). Дисконтна стопа (енгл. discount rate) је стопа дисконтовања, мјера временске вриједности новца, односно свођења будућих новчаних износа (трошкова или прихода) на садашњу вриједност. Међутим, у нашим привредним условима, најреалнија за примјену је  $DS=8\%$ , па ће бити тумачена оптимална варијанта добијена Методом свођења на садашњу вриједност за ову дисконту стопу.

На садашњу вриједност се свде (дисконтују) сви трошкови који се не остварују у почетној години (тзв. одгођени трошкови). Дакле, инвестициони трошкови се не дисконтују, док се трошкови експлоатације, као одгођени трошкови, дисконтују. У табели 7 дат је преглед резултата техно-економске анализе:

Табела 7: Резултати техно-економске анализе

| Варијанта  | Укупни инвестиц. трошкови (KM) | Укупни сведени трошкови експлоат. (KM) | Укупни сведени трошкови ИТ+ЕТ (KM) |
|------------|--------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|
| V1 DN 1300 | 9.786.774,00                   | 4.167.278,97                           | 13.954.052,97                      |
| V2 DN 1200 | 8.011.383,00                   | 3.713.572,37                           | 11.724.955,37                      |
| V3 DN 1100 | 6.465.803,00                   | 3.722.551,24                           | 10.188.354,24                      |
| V4 DN 1000 | 6.628.714,00                   | 4.384.470,91                           | 11.013.184,91                      |

## 5.3 Одабир оптималне варијанте

Имајући у виду све горе изложено, може се закључити да у техничком смислу нема неких пресудних разлика између свих анализираних варијанти, с обзиром на то да сва анализирана рјешења садрже неопходан број додатних пумпних станица. Према томе, економски фактор у овој анализи је од пресудне важности, а како је ова техно-економска анализа показала, коришћењем методе садашњих вриједности са дисконтном стопом 8, варијанта са најмањим укупним сведеним трошковима (инвестициони + експлоатациони) је варијанта V3, те се она предлаже за даље разматрање, односно усваја се као најповољнија.

## 6. ЗАКЉУЧАК

Проведене је анализа могућих варијантних рјешења главног фекалног колектора, и извршено је њихово техно-економско поређење. Дакле, анализирани су четири варијанте, и за њих је извршен оријентациони прорачун укупних инвестиционих и експлоатационих трошкова. Након тога, извршено је свођење експлоатационих трошкова на садашњу вриједност за дисконтну стопу 8%, и извршено је међусобно поређење укупних сведених трошкова.

На основу до сада изложеног, долази се до следећег закључка:

Економски најповољнија варијанта је варијанта V3 (DN 1100 mm и  $I=1,80$  m/km), па се она предлаже за даљу разраду на нивоу Главног пројекта.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Душко Ђурић „Снабдевање водом за пиће“
- [2] Душан Ђузовић „Канализација, Табеле – за хидраулички прорачун канализационе мреже“
- [3] Бранислав Кујунџић „Урбани системи за одвођење отпадних вода“
- [4] Александар Ћоровић „Снабдијевање водом“

### Кратка биографија:



**Јелена Тешћ** рођена је у Бијељини (БиХ) 1984. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Хидротехника – Комунална хидротехника, одбранила је 2010. године.



**Душко Ђурић** рођен је у Лађевинама (БиХ) 1949. године. Докторирао је на Грађевинском факултету у Београду 1999. год., а од 2005. год. је доцент на Факултету техничких наука. Област интересовања је комунална хидротехника.

## PROJEKAT VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE ZGRADE I PRORAČUN VITKIH AB ELEMENATA I KONSTRUKCIJA

### DESIGN PROJECT OF MULTISTORY REINFORCED CONCRETE BUILDING AND THE ANALYSIS OF SLENDER RC ELEMENTS AND CONSTRUCTIONS

Vanja Tomašev, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

#### Oblast – GRAĐEVINARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazan projekat konstrukcije AB stambeno-poslovne zgrade Pod+P+6 i problemi koji se javljaju pri projektovanju takvog objekta. U drugom delu rada dat je prikaz metoda proračuna vitkih armiranobetonskih elemenata i konstrukcija prema graničnom stanju loma po važećim propisima.

**Abstract** – The paper gives the description of the project of a RC residential and business building (basement +ground floor+6 floors) and the problems that may occur in the design. Second part of the paper gives the description of the design of slender RC elements and structures according to the current regulations.

**Ključne reči:** armirani beton, zgrada, skeletni sistem, vitkost, vitki elementi

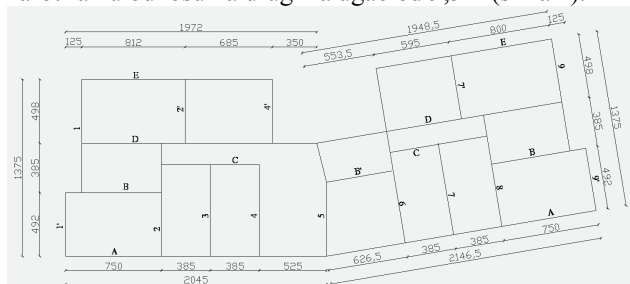
#### 1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje višespratne armiranobetonske stambeno-poslovne zgrade Pod+P+6, osnove prikazane na slici 1. Definisani su gabariti, rasteri stubova, namena površina, lokacija zgrade i konstruktivni sistem. Objekat se nalazi u novom Sadu.

#### 2. OPIS PROJEKTA

##### 2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje

Konstrukcija zgrade se izvodi kao armiranobetonski skeletni sistem sa zidovima za ukrućenje. Skelet čine ramovi u dva pravca, s tim da je jedan deo zgrade zarotiran u odnosu na drugi za ugao od  $9,52^\circ$  (slika 1).



Slika 1. Šema ramova

U podrumu zgrade predviđeno je sklonište, ostave i magacini za prodavnice. U prizemlju su predviđene prodavnice i 5 stanova, a na spratovima po 10 stanova. Spratna visina podruma je 2,60m, prizemlja 3,40m, a spratova 2,90m, osim poslednjeg sprata čija je visina 2,80m.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio doc. dr Zoran Brujić.

Za vertikalnu komunikaciju su predviđeni lift i jednokrako stepenište.

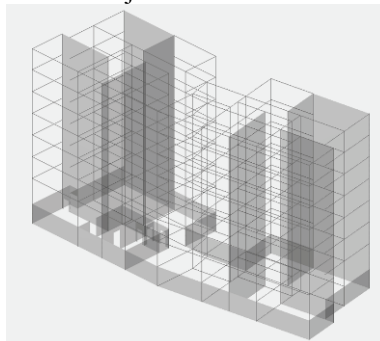
Podovi su u stanovima obloženi parketom i keramičkim pločicama. Podovi hodnika se obrađuju cementom košuljicom i keramičkim pločicama. U podrumu i skloništu izvodi se pod u vidu cementne košuljice, a zidovi se samo malterišu bez dodatne obrade. Zidovi i plafoni se u stanovima malterišu i završno obrađuju poludisperzivnom bojom, dok se u sanitarnim prostorijama postavljaju keramičke pločice do plafona, a u kuhinjama do visine od 1,5m.

Fasadni zidovi se izvode kao „sendvič“ zidovi 12+5+25cm. Sa spoljašnje strane zida nanosi se malter i fasada određene boje. Unutrašnji zidovi su od šuplje opeke debljina 12 i 25cm.

#### 2.2. Konstruktivni sistem zgrade

Glavni konstruktivni sistem objekta je skeletni sistem koji se sastoji od AB ramova postavljenih u međusobno normalnim pravcima i AB zidova za ukrućenje. Međuspratna konstrukcija je projektovana kao kontinualna krstasto armirana ploča debljine 15cm, osim na delu iznad skloništa gde je debljine 30cm. Stepeništa se sastoje od po jedne kose ploče debljine 15cm uklještene u dve međuspratne ploče. Sve grede su preseka 40/50cm. Dimenzije stubova su 55x55cm u podrumu, prizemlju i prvom spratu, a 40x40cm na ostalim spratovima, osim stuba A5 čiji je presek 55x55cm po celoj visini.

Raspored zidova za ukrućenje u osnovi obezbeđuje ukrućenje zgrade u svim pravcima (slika 2). Uloga ovih elemenata je da prime horizontalna opterećenja i prenesu ih na temelje i da doprinesu celokupnoj krutosti zgrade. Svi zidovi za ukrućenje su debljine 20cm. U podrumu su projektovani AB zidovi po obodu debljine takođe 20cm koji sa temeljnom pločom i pločom prizemlja formiraju kruti podzemni deo objekta.



Slika 2. Raspored zidova za ukrućenje i zidova podruma

Fundiranje objekta projektovano je na temeljnoj ploči sa kontragredama. Ploča je od armiranog betona debljine 35cm, i prepuštena je za 60cm izvan zidova podruma. Ispod temeljne ploče nasipa se tampon sloj šljunka debljine 10cm i sloj mršavog betona debljine 5cm. Preko sloja mršavog betona postavlja se hidroizolacija. Na temeljnoj ploči, između stubova, nalaze se kontragrede dimenzija 55x70cm. Dozvoljeni napon u tlu je dobijen geomehničkim elaboratom na datom lokalitetu i iznosi  $270\text{kN/m}^2$ .

Krovna konstrukcija je ravan krov na AB ploči debljine 15cm.

U podrumu je projektovano sklonište za 100 osoba. Debljina zidova skloništa je 30cm, a tavanice takođe 30cm. Predviđen je pomoćni izlaz iz skloništa veličine otvora 60x80cm.

Svi elementi AB konstrukcije su projektovani u betonu marke MB40 i armirani su rebrastom armaturom.

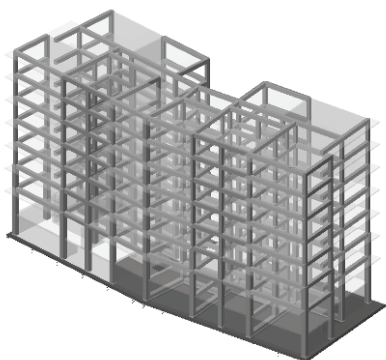
### 2.3. Analiza opterećenja

Analizirani su sledeći slučajevi opterećenja: stalno, korisno, opterećenje snegom, opterećenje vetrom, incidentno i seizmičko opterećenje.

Stalno opterećenje čine težine same konstrukcije, nekonstruktivnih elemenata i obloga i pritisak zemljišta. Korisno opterećenje je definisano standardom JUS U.C7.121/1988 [2] u funkciji namene prostora. Opterećenje snegom je definisano Privremenim tehničkim propisima za opterećenje zgrada [2] i iznosi  $0,75\text{kN/m}^2$  osnove krova. Dejstvo vetra je sračunato prema Pravilniku [7] (zgrada spada u velike krute zgrade). Incidentno opterećenje je definisano Pravilnikom o tehničkim normativima za skloništa [2], a seizmičko opterećenje je sračunato statički ekvivalentnom metodom, prema Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima [2] (II kategorija objekta, II kategorija tla, VIII seizmička zona).

### 2.4. Proračun konstrukcije

Konstrukcija je modelirana prostornim modelom u programskom paketu Tower 6.0 (slika 3), korišćenjem linijskih i površinskih elemenata. Korišćeni su konačni elementi veličine do 50x50cm.



Slika 3. Izgled modela konstrukcije u izometriji

Tlo je modelirano Vinklerovom podlogom sa koeficijentom posteljice  $20\text{MN/m}^2$ .

Sopstvena težina konstrukcije i seizmičko opterećenje generisani su softverski, pri tome koristeći vrednosti sopstvenih perioda oscilovanja dobijenih modalnom analizom koja je takođe izvršena pomoću softvera. Ostala

opterećenja su aplicirana kao linijski i površinski raspodeljena, saglasno analizi opterećenja, posebno za svaki slučaj opterećenja.

Nakon nanošenja opterećenja, izvršen je proračun konstrukcije koristeći Tower 6.0, čime su dobijene veličine svih statičkih uticaja u elementima konstrukcije, pomeranja tačaka konstrukcije i dr.

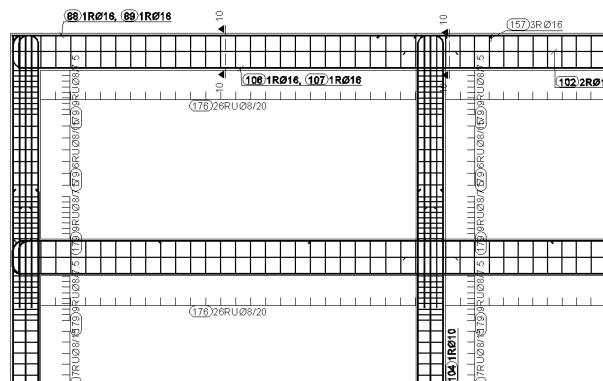
### 2.5. Dimenzionisanje i armiranje

Elementi konstrukcije dimenzionisani su prema dobijenim veličinama presečnih sila i važećim propisima, koristeći merodavne granične kombinacije opterećenja definisane Pravilnikom [1].

Grede su dimenzionisane kao jednostruko, a po potrebi i dvostruko armirane, dok su stubovi dimenzionisani kao koso savijani, obostrano simetrično armirani. Zidovi za ukrućenje su dimenzionisani kao visoke konzolne grede. U njima nije dobijena potreba za proračunskom armaturom.

U stubovima i zidovima za ukrućenje je izvršena kontrola dopuštenih normalnih napona definisanih Pravilnikom [2]. Sprovedena je i kontrola dopuštenih napona u tlu definisanih geomehničkim elaboratom. Kontrolisan je ugib greda na kritičnim mestima. Ugib je sračunat pomoću softvera i dobijena je manja vrednost ugiba od one koja je dopuštena Pravilnikom [1].

Na osnovu potrebe za armaturom dobijene dimenzionisanjem, usvojena je armatura i napravljeni su planovi armiranja, u skladu sa pravilima armiranja (slika 4).



Slika 4. Detalj plana armiranja rama

## 3. PRORAČUN VITKIH AB ELEMENATA

Postupci proračuna vitkih elemenata i konstrukcija izdvajaju se posebno. Dok se većina konstrukcija može sa zadovoljavajućom inženjerskom tačnošću proračunati primenom tzv. teorije I reda, to se kod vitkih konstrukcija ne može dozvoliti. Kod njih aksijalne sile mogu izazvati znatne momente savijanja koji ne bi bili uzeti u obzir pri proračunu po teoriji I reda. Prema tome, proračun vitkih elemenata i konstrukcija zasnovan je na teoriji II reda, gde se jednačine ravnoteže postavljaju na deformisanom sistemu i gde se u proračun uvode efekti materijalne nelinearnosti, kao i promena krutosti usled pojave prslina i tečenja betona.

### 3.1. Klasifikacija konstrukcija

Da bismo znali koje konstrukcije i elementi spadaju u vitke, to jest da li je potrebno proračunati ih po teoriji II reda, izvršena je klasifikacija konstrukcija i njihovih elemenata.

Sve konstrukcije trpe horizontalna pomeranja, ali ako se ona mogu zanemariti, konstrukcija se klasifikuje kao *nepomerljiva*. U suprotnom se klasifikuje kao *pomerljiva*. Konstrukcija se može smatrati nepomerljivom ako sadrži elemente koji je ukružuju u horizontalnom pravcu. Kod ovakve konstrukcije je uticaj geometrijske i materijalne nelinearnosti manji, pa kod nje nema potrebe za analizom cele konstrukcije po teoriji II reda, već se njeni vitki elementi (stubovi) mogu izdvojiti i analizirati nezavisno od ostatka konstrukcije.

Izdvojeni elementi se mogu klasifikovati u *vitke*, kod kojih je uticaj II reda značajan, i na *kratke*, kod kojih se taj uticaj može zanemariti. Ova klasifikacija se vrši prema *vitkosti*. Za vitkost AB elementa  $\lambda_i$  usvaja se veličina:

$$\lambda_i = \frac{h_i}{i_b}, \quad i_b = \sqrt{\frac{I_b}{A_b}}, \quad (1)$$

gde je  $h_i$  dužina izvijanja elementa,  $i_b$  poluprečnik inercije preseka, a  $I_b$  i  $A_b$  su moment inercije i površina homogenog betonskog preseka. Pravilnik [2] daje uslove pod kojima se stub može smatrati kratkim – ukoliko je zadovoljen jedan od sledećih kriterijuma:

$$\lambda_i < 25, \quad (2)$$

$$\frac{e_i}{d} \geq 3,5 \text{ za } \lambda_i \leq 75, \quad (3)$$

$$\frac{e_i}{d} \geq 3,5 \cdot \frac{\lambda_i}{75} \text{ za } \lambda_i > 75, \quad (4)$$

gde je  $e_i$  maksimalni ekscentricitet prvog reda usled eksploatacionih kombinacija opterećenja, a  $d$  širina elementa. U slučaju stuba nepomerljivih krajeva i linearno promenljivog momenta, prvi kriterijum se zamenjuje sledećim:

$$\lambda_i \leq 50 - 25 \cdot \frac{M_1}{M_2}, \quad (5)$$

gde su  $M_1$  i  $M_2$  eksploatacioni momenti I reda na krajevima stuba. Ako nije ispunjen nijedan od kriterijuma, stub je vitak i proračun se mora izvesti uzimajući u obzir efekte II reda. Pravilnik [1] definiše i slučaj kada se stub smatra *umereno vitkim*, pa se proračun II reda može izvesti *približnim postupkom dopunske ekscentričnosti*:

$$25 < \lambda_i \leq 75. \quad (6)$$

Ukoliko je vitkost veća od 75, stub je *izrazito vitak* i proračun II reda se mora sprovesti po jednom od tačnijih postupaka.

### 3.2. Proračun izdvojenih stubova

Postupci proračuna izdvojenih stubova mogu se podeliti na dimenzionisanje kritičnog preseka i postupke koji analiziraju ceo stub.

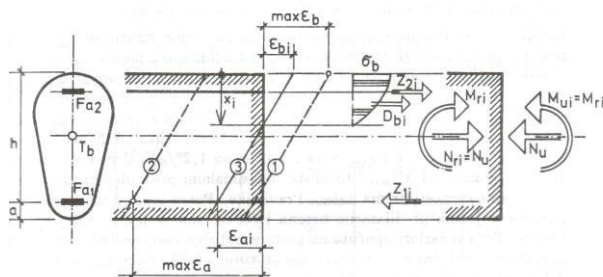
Metoda dopunske ekscentričnosti spada u prvu grupu postupaka. Može biti tačnija (za izrazito vitke stubove) ili približna (za umereno vitke). Kod ove metode, ukupni granični uticaj u preseku se izražava preko ekscentriciteta normalne sile i dobija se kao zbir parcijalnih ekscentriciteta usled: I reda ( $e_I = M/N$ ), odstupanja ose elementa od projektovane nastalog greškom u izvođenju ( $e_0$ ), razvoja dodatnih deformacija usled tečenja betona ( $e_\phi$ ), i sile pritiska, to jest uticaja II reda ( $e_2$ ).

U drugu grupu postupaka spadaju postupci zasnovani na primeni veze  $M-N-\kappa$ , koji uvode i efekte materijalne

nelinearnosti. Ove postupke možemo objasniti na primeru konzolnog stuba opterećenog horizontalnom silom  $H$  u vrhu. Da bi se dobilo pomeranje vrha konzole, treba rešiti integral:

$$a = \int_0^l \frac{\overline{MM}}{EI} dx = \int_0^l \overline{M} \cdot \kappa \cdot dx. \quad (7)$$

Ovaj problem je materijalno nelinearan jer modul elastičnosti  $E$ , pa time i krivina  $\kappa$ , nisu linearno promenljivi. Ako bismo znali zakon promene krivine  $\kappa$  u funkciji momenta savijanja  $M$ , normalne sile  $N$  i količine i rasporeda armature, tada su sve veličine u (7) poznate, pa pomeranje možemo izračunati primenom Morove analogije. Ovaj postupak je iterativan jer svakoj novoj vrednosti pomeranja odgovara nova vrednost momenta savijanja. Kao što se vidi, za rešavanje granične nosivosti stuba mora se poznavati veza moment–normalna sila–krivina ( $M-N-\kappa$ ) za dati presek i armaturu u njemu. Ova veza je data tabelarno u [1] u obliku  $M=M(\kappa)$  za određenu veličinu normalne sile  $N$  i koeficijenta armiranja  $\mu$ . Veza  $M=M(\kappa)$  je dobijena na sledeći način: Za presek poznatih karakteristika i za poznatu vrednost spoljašnje granične normalne sile  $N_u$  (slika 5) moguće je odrediti maksimalnu nosivost preseka na savijanje  $\max M_u$  i maksimalnu, njoj odgovarajuću, krivinu  $\max \kappa$ . Svakoj krivini  $\kappa_i$  odgovara jedinstveno stanje dilatacija betona i armature  $\varepsilon_b$  i  $\varepsilon_a$  i moment unutrašnjih sila  $M_{ri}$  pri kom ostaje očuvana ravnoteža spoljašnjih i unutrašnjih sila. Njemu mora biti jednak spoljašnji momenat savijanja  $M_u$  čime je definisan momenat koji će uz datu normalnu silu  $N_u$  u preseku izazvati pretpostavljenu krivinu  $\kappa_i$ . Ovim je određena tačka sa koordinatama  $(\kappa_i, M_{ui})$  na dijagramu  $M=M(\kappa)$ . U praksi se umesto veze  $M-N-\kappa$  koristi njen bezdimenzionalni oblik  $m-n-k$ .



Slika 5. Spoljašnje i unutrašnje sile pri krivini  $\kappa_i$

Ukoliko je ova veza poznata (a za to mora biti poznata armatura u stubu), iterativnim postupkom se za izdvojeni stub određuje finalno stanje deformacija na sledeći način: Početnom ekscentricitetu  $e_I + e_0 + e_\phi$  odgovara deformaciona linija elementa (to je prva iteracija). Deformaciona linija se dobija integracijom krivine duž elementa, a krivina se dobija iz  $m-n-k$  veze znajući moment savijanja u preseku. Sada se koristeći dobijenu vrednost deformacije dobija nova vrednost momenta, a na isti način i nova deformaciona linija (to je druga iteracija). Iterativni postupak se nastavlja dok se ne postigne potrebna tačnost. Ako želimo da dimenzionišemo stub ovim postupkom, to zahteva još jedan nivo iteracija, jer se onda mora varirati i količina armature u stubu.

Postupci zasnovani na primeni veze  $M-N-\kappa$  dele se na:

1) Iterativne postupke koji poštuju  $M-N-\kappa$  vezu i računaju stvarni oblik deformacione linije (npr. metoda Engeser-Vianelo). Ovi postupci zahtevaju primenu računara.

2) Iterativne postupke koji uvode realnu aproksimaciju dijagrama  $M-N-\kappa$  (npr. pojednostavljena metoda Engeser-Vianelo bez upotrebe računara).

3) Postupke koji strogo poštuju vezu  $M-N-\kappa$ , ali aproksimiraju konačan oblik deformacione linije bez iteracija (npr. „model-stub“ metoda).

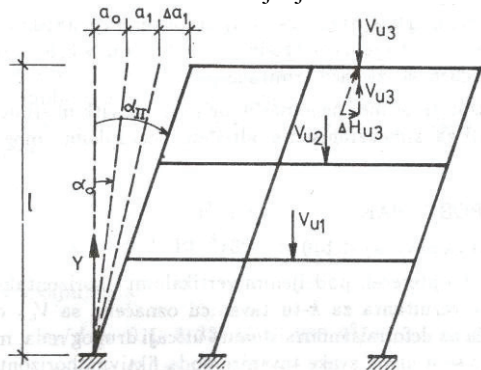
4) Postupke koji aproksimiraju i vezu  $M-N-\kappa$  i konačan oblik deformacione linije (uprošćenje prethodne dve).

### 3.3. Proračun pomerljivih konstrukcija

Kod horizontalno pomerljivih konstrukcija, prethodne metode su uglavnom neprimjenjive. Kod njih se zato koriste sledeće dve grupe metoda:

- 1) metode koje uticaje II reda, prslina i tečenja uvode povećanjem momenata I reda, i
- 2) metode koje se zasnivaju na redukciji krutosti preseka.

Prva grupa metoda odgovara proračunu izdvojenog stuba metodom dopunske ekscentričnosti. Primenjuje se na jednospratne i pravilne višespratne ramove umerene vitkosti. Osnovna razlika između ovog proračuna i proračuna izdvojenog stuba je što se ovde cela dužina stuba nalazi unutar dužine izvijanja.



Slika 6. Proračun rama približnim  $P-\Delta$  postupkom

Druga grupa metoda predstavlja metode zasnovane na uvođenju efekata II reda preko redukcije krutosti betonskog preseka. U ovu grupu spada, na primer, približni  $P-\Delta$  postupak. Ovaj postupak sastoji se u tome da se ram opterećen vertikalnim ( $V_{uk}$ ) i horizontalnim ( $H_{uk}$ ) opterećenjem proračunava tako što se na svaku tavanicu doda još i fiktivna horizontalna sila  $\Delta H_{uk} = \alpha_{II} V_{uk}$ . Konstrukcija se onda računa primenom teorije I reda koristeći horizontalnu silu  $H_{ukm} = H_{uk} + \Delta H_{uk}$ . Za ovo nam je potrebno da odredimo vrednost nepoznate veličine  $\alpha_{II}$  (slika 6) koja predstavlja ugao konačnog odstupanja rama od vertikale usled uticaja I i II reda, imperfekcija izvođenja i tečenja. Ako se odredi  $a_1$ , odnosno pomeranje vrha rama usled uticaja sila  $H_{uk}$ , tada pomeranje  $\Delta a_1$  usled sile  $\Delta H_{uk}$  može da se odredi kao:

$$\Delta a_1 = a_1 \cdot \frac{\sum_k \Delta H_{uk} \cdot y_k}{\sum_k H_{uk} \cdot y_k} = a_1 \cdot \frac{\alpha_{II} \cdot \sum_k V_{uk} \cdot y_k}{\sum_k H_{uk} \cdot y_k}, \quad (8)$$

gde je  $y_k$  vertikalna koordinata tavanice. Ukupan nagib  $\alpha_{II}$  može da se dobije kao zbir parcijalnih odstupanja ose:

$$\alpha_{II} = \alpha_0 + a_1 / l + \Delta a_1 / l. \quad (9)$$

Zamenom vrednosti za  $\Delta a_1$ , posle sređivanja, dobija se konačan izraz za  $\alpha_{II}$ :

$$\alpha_{II} = \frac{\alpha_0 + a_1 / l}{1 - \frac{a_1}{l} \cdot \frac{\sum_k V_{uk} \cdot y_k}{\sum_k H_{uk} \cdot y_k}}. \quad (10)$$

Pri proračunu vitkih konstrukcija, u [1] se preporučuje redukcija, odnosno ocena realnih krutosti elemenata.

### 4. ZAKLJUČAK

Projektovanje AB zgrade iziskuje iskustvo, kao i poznavanje metoda rada i propisa. Ne može se dati precizan algoritam za ovakav posao, već se on razlikuje od slučaja do slučaja. Postupak je iterativan, što znači da se mnogi parametri usvajaju iskustveno, a kasnije se menjaju u skladu sa dobijenim rezultatima kako bi se dobila što povoljnija rešenja sa konstruktivnog, ali i ekonomskog aspekta.

Pri proračunu betonskih konstrukcija, proračun vitkih elemenata i konstrukcija je oblast kojoj treba posvetiti posebnu pažnju. U vitkim konstrukcijama javljaju se uticaji koji se ne mogu obuhvatiti uobičajenim proračunom po teoriji I reda koji se primenjuje na ostale konstrukcije. Domaći Pravilnik BAB87 [1] pokriva detaljno ovu oblast u delu koji se odnosi na vitke elemente i daje način njihovog proračuna koji se ne razlikuje suštinski od onog koji propisuje Eurocode 2 [6]. U delu koji se odnosi na pomerljive konstrukcije, Pravilnik [1] je dosta neodređen, daje samo približan postupak proračuna i ne određuje način na koji se vrši ocena realnih krutosti elemenata.

### 5. LITERATURA

- [1] Grupa autora, „Beton i armirani beton prema BAB87“, knjige 1 - 2, Beograd, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1995.
- [2] „Tehnički propisi '86, 2. knjiga“, Beograd, Centar za radničko samoupravljanje, 1986.
- [3] Ž. Radosavljević, D. Bajić, „Armirani beton 3“, Beograd, IRO Građevinska knjiga, 1988.
- [4] Z. Brujić, „Granična nosivost vitkih armirano-betonskih stubova“, Magistarski rad, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, 2001.
- [5] Grupa autora, „EC2: Evrokod 2 – proračun betonskih konstrukcija, deo 1: opšta pravila za proračun zgrada“, Beograd, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1994.
- [6] „Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1: General rules and rules for buildings“, European Standard prEN 1992-1 (Final draft), Brussels, European Committee for Standardization, 2001.
- [7] „JUS U.C.7.110-113 (Pravilnik br. 15/01-149/116 od 1991-08-07)“, Savezni zavod za standardizaciju, Službeni list SFRJ, br. 70/91

### Kratka biografija:



**Vanja Tomašev** rođen je u Kikindi 1985. god. Studirao na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na departmanu za građevinarstvo, usmerenje za procenu stanja, održavanje i sanaciju građevinskih konstrukcija. Diplomski-master rad iz predmeta betonske konstrukcije odbranio je 2010. god.

**PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE STAMBENO-POSLOVNE ZGRADE U NOVOM SADU****DESIGN PROJECT OF STRUCTURE OF MULTISTORY RC RESIDENTIAL-BUSINESS BUILDING IN NOVI SAD**

Bojana Miletić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast- GRAĐEVINARSTVO**

**Sadržaj** - U delu rada je prikazan projekat konstrukcije višespratne armiranobetonske zgrade Su+Pr+6+Pk. U drugom delu je analiziran uticaj krutosti Vinklerove podloge na ponašanje konstrukcije višespratne zgrade.

**Abstract** - The project of structure of multistory reinforced concrete residential-business building, basement + ground floor + 6 floor+attic. In the second part, an analysis of effects rigidity Winklers foundation on behaviour of structure of multistory building.

**Ključne reči:** armiranobetonska zgrada, skeletni sistem, Vinklerova podloga.

**1. UVOD**

Projektnim zadatkom je predviđeno projektovanje višespratne armiranobetonske stambeno-poslovne zgrade Su+Pr+6+Pk, skeletnog tipa sa platnim za ukrućenje. Objekat je lociran u Novom Sadu, u osmoj seizmičkoj zoni. Osnova objekta je pravougaona, dimenzija cca 46,8x15m. Konstruisanje elemenata i detalja mora biti takvo da konstrukcija u eksploatacionom veku ispuni propisanu pouzdanost, tj. da ima odgovarajuću nosivost, upotrebljivost i trajnost.

**2. OPIS PROJEKTA****2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje**

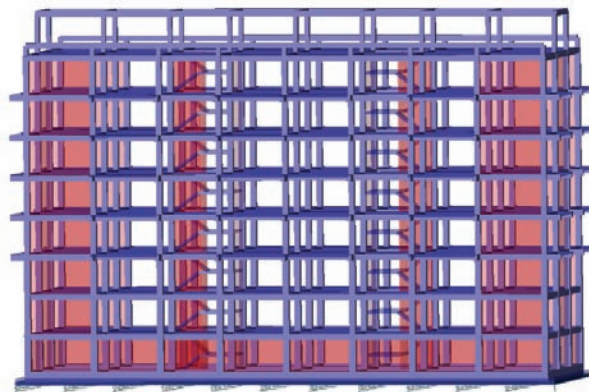
Glavni konstruktivni sistem zgrade je AB višebrodni, višespratni, prostorni skelet ojačan AB zidnim platnima za prijem horizontalnih sila. Prostorni sistem u podužnom pravcu sastoji se od devet poprečnih ramova sa rasterima stubova od 5m, a u poprečnom pravcu od četiri podužna rama sa rasterima stubova na 6m i 5.4m. Namena objekta je stambeno-poslovni prostor. Prizemlje i I sprat će se koristiti za poslovni prostor dok su ostale etaže namenjene stambenom prostoru. U suterenu su predviđeni magacini za sve lokale a potkrovlje je predviđeno za šupe. Glavni ulaz u objekat je na koti 0,00. Spratna visina suterena je 2,8m a svih ostalih etaža je 3,00m. Iz suterena je omogućena vertikalna komunikacija i liftom i stepeništem.

Podovi u stanovima obloženi su parketom i keramičkim pločicama koje se u sanitarnim prostorijama postavljaju do plafona a u kuhinjama do visine od 1.45m. U hodnicima, na balkonima i na stepenišnim krakovima po-

dovi su obloženi teraco pločicama, dok su u lokalima postavljene mermerne ploče. Zidovi objekta između stanova izvede se od blokova, debljine  $d=20\text{cm}$  a pregradni zidovi unutar stanova su debljine  $d=12\text{cm}$ , malterisani sa obe strane i obojeni poludisperzivnim bojama. Spoljni zidovi se oblažu stiroporom debljine  $d=5\text{cm}$  zbog dodatne termičke zaštite. Tavanice prema krovu se izvede takođe sa termoizolacionim slojem debljine  $d=5\text{cm}$  koji se zaštiti slojem cementne košuljice debljine  $d=4\text{cm}$ .

Krovnna konstrukcija objekta je na dve vode, i izvodi se od četinara II klase maksimalne vlažnosti 18%. Nagib krovne ravni je oko  $30^\circ$ .

Objekat se fundira na temeljnoj ploči ojačanoj armiranobetonskim nosačima koji se izvede ispod stubova u dva ortogonalna pravca. Ravan pod u podrumskim prostorijama se obezbeđuje tako što se prazan prostor nasipa zemljom. Ispod temeljne ploče nasipa se tampon sloj šljunka debljine  $d=10\text{cm}$  i sloj mršavog betona debljine  $d=15\text{cm}$ . Preko sloja mršavog betona postavlja se hidroizolacija koja je sa gornje strane zaštićena slojem nearmiranog betona debljine  $d=5\text{cm}$ .



Slika 1: 3D proračunski model konstrukcije

**2.2. Konstruktivni sistem zgrade**

Konstruktivni sistem zgrade, koji je ukrućeni skeletni sistem, čine AB ramovi postavljeni u dva ortogonalna pravca. Dimenzije greda skeleta koje su postavljene u dva ortogonalna pravca, zavisno od njihovog položaja u konstrukciji, su  $b/d=40/45\text{cm}$  na svim etažama i  $b/d=40/40\text{cm}$  u AB portalu. U suterenu su grede dimenzija  $b/d=60/100\text{cm}$ . Dimenzije stubova su promenljive po visini objekta, u suterenu su dimenzija  $b/d=60/60\text{cm}$ , u prizemlju i na I spratu su dimenzija  $b/d=55/55\text{cm}$ , na ostalim etažama su dimenzija

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Zoran Brujić.

b/d=50/50cm, a dimenzije stubova AB portala su b/d=40/40cm.

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao sistem kontinualnih krstasto armiranih ploča u dva ortogonalna pravca. Debljina ploče je d=16cm. Njena uloga je da prima gravitaciono opterećenje i da ga prenosi na grede i stubove rama, međuspratna konstrukcija ukružuje sistem ramova i horizontalne seizmičke sile i sile od vetra prenosi na stubove i zidove za ukrućenje.

Stepenište u objektu je dvokrako, stepenišne ploče su debljine d=20cm i oslonjene na međuspratne tavanice i na ploču podesta čija je debljine d=20cm.

Zidovi za ukrućenje postavljeni su takođe u dva ortogonalna pravca i njihova uloga je da prime i prenesu na temelje horizontalna seizmička opterećenja i doprinesu celokupnoj krutosti zgrade. Zidna platna su i u poprečnom i u podužnom pravcu debljine d=20cm, kao i zidovi liftovskog okna.

U suterenu zgrade po obodu projektovani su armiranobetonski zidovi debljine 20cm. Njihova uloga je da prime opterećenje od tla i vertikalno opterećenje, kao i da, zajedno sa pločama i gredama, formiraju nedeformabilni podzemni deo konstrukcije.

Opterećenje sa glavnog konstruktivnog sistema se na tlo prenosi preko temeljne ploče ojačane temeljnim gredama, debljina ploče je d=50cm. Temeljna ploča je modelirana kao tanka izotropna ploča, proširena sa svih strana od osa stuba za 1m. Naponi koji se javljaju u tlu su u granicama dopuštenih.

Opterećenje od krovne ravni preuzimaju drveni rogovi postavljeni na osovinskom razmaku od 90cm, veze se ostvaruju ekserima. Dalje se opterećenje sa rogova prenosi na rožnjače i venčanice a potom na betonsku konstrukciju i drvene stubove.

### 2.3. Analiza opterećenja

Objekat je proračunat na normativne vrednosti opterećenja propisane trenutno važećim pravilnikom. Potrebno je odrediti uticaje u konstrukciji od stalnog, korisnog opterećenja, dejstva vetra, seizmičkih sila i opterećenja snegom. Sopstvena težina elemenata je programski obračunata, u zavisnosti od dimenzije elementa i zapreminske težine materijala (za beton je  $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$ ), a dodatno stalno opterećenje je modelirano kao površinsko.

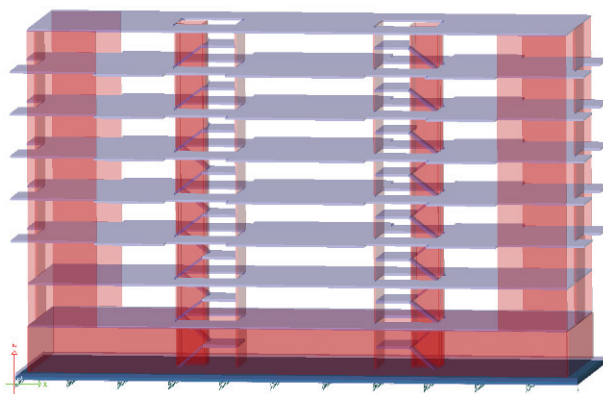
Korisno opterećenje za stambeni prostor iznosi  $1,5 \text{ kN/m}^2$ , za balkone  $3,0 \text{ kN/m}^2$ , za stepenišni prostor  $3,0 \text{ kN/m}^2$ . Opterećenje snegom uzeto je sa minimalnom vrednošću s obzirom na lokaciju objekta i iznosi  $0,75 \text{ kN/m}^2$  osnove krova. Opterećenje vetrom je naneto kao linijsko raspodeljeno opterećenje po stubovima u dva ortogonalna pravca. Seizmičko opterećenje je analizirano metodom statički ekvivalentnog opterećenja koju propisuje naš pravilnik.

### 2.4. Statički i dinamički proračun

Konstrukcija je modelirana kao prostorni model u programskom paketu Tower 6.0. Model se sastoji iz linijskih (grede, stubovi) i površinskih (ploče, zidovi) konačnih elemenata. Opterećenja na model aplicirana su kao linijska i površinska, saglasno analizi opterećenja, posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja. Pri formiranju proračunskog modela korišćena je mreža

konačnih elemenata (stranica elementa 0.5m). Programski je omogućeno modeliranje interakcije konstrukcije i podloge putem Vinklerovog modela tla. Tlo je zamenjeno elastičnim oprugama postavljenim u čvorove mreže konačnih elemenata. Usvojena vrednost koeficijenta posteljice je  $20000 \text{ kN/m}^3$ . Analiza dejstva horizontalnih opterećenja, kao i modalna analiza, pretpostavlja nedeformabilnost tavanice konstrukcije u svojoj ravni.

Kao rezultat linearno-elastične analize, sračunate su presečne sile u elementima (momenti savijanja, transversalne i normalne sile) na osnovu kojih se pristupa daljem dimenzionisanju konstrukcije. Određeni su periodi oscilovanja konstrukcije na osnovu modalne analize. Na slici 2 je prikazan položaj zidova za ukrućenje i podrumski zidovi.



Slika 2: Položaj zidova za ukrućenje

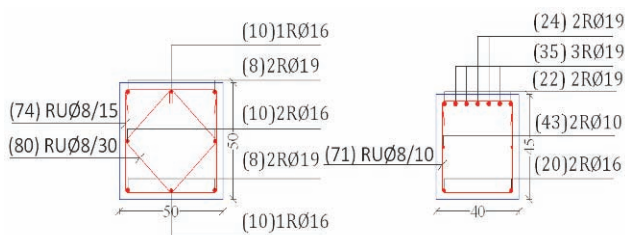
### 2.5. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Dimenzionisanje elemenata vršeno je prema PBAB'87 i poštujući specifične zahteve za aseizmičko projektovanje. Programski je određena potrebna količina armature na osnovu merodavne granične kombinacije uticaja, koju program sam pronalazi. Na osnovu toga usvojena je armatura u presecima vodeći računa o minimalnim procentima armiranja za svaku vrstu elementa. Grede su dimenzionisane prema graničnim momentima savijanja i transversalnim silama. Momenti savijanja daju podužnu armaturu u zategnutoj zoni preseka a na osnovu transversalnih sila određena je poprečna armatura-uzengije. Količina pritisnute armature usvojena je kao polovina potrebne površine zategnute armature, u cilju povećanja duktilnosti pritisnute zone preseka. Razmak uzengija na dužini od 0,2 raspona grede je sa 20cm smanjen na 10cm. Nastavljanje, sirenje i oblikovanje armature rađeno je u svemu prema pravilniku.

Stubovi su sračunati i dimenzionisani kao simetrično armirani elementi prema graničnim momentima, transversalnim i normalnim silama. Minimalni procenat armiranja stubova je oko 0,8%. Uzengije su progušćene u zoni potencijalnih plastičnih zglobova na razmaku od 7,5cm i propuštene kroz čvorove okvira. Kontrolisan je i nivo aksijalnog naprezanja u stubovima, koji prema seizmičkim zahtevima treba da zadovolji izraz  $N/A \leq 0,35\beta_k$ , gde je N aksijalna sila usled eksploatacionog opterećenja, A površina poprečnog preseka a  $\beta_k$  karakteristična čvrstoća betonske prizme na pritisak. Armatura je vođena tako da se polovina armature vodi kroz dve etaže neprekidno a druga polovina se nastavlja preklapanjem iznad tavanice.

Zidna platna su dimenzionisana na osnovu graničnih momenata savijanja, transversalnih i normalnih sila u kritičnim preseccima. Gde nije potrebna proračunska armatura usvojena je minimalna količina armature na osnovu minimalnog procenta armiranja koji iznosi 0,45%. I ovde je kontrolisan nivo aksijalnog naprežanja po kriterijumu  $N/A \leq 0,20\beta_k$ .

Krstasto armirane ploče su dimenzionisane su na osnovu graničnih momenata savijanja u dva ortogonalna pravca. U sklopu dimenzionisanja provereni su naponi u tlu i pomeranje konstrukcije usled vetra i seizmičkih sila pri čemu su te vrednosti ostale u dozvoljenim granicama. Za sve elemente u objektu korišćen je kvalitet betona MB35 i rebrasta armatura RA400/500. Na slici 3 prikazani su detalji armiranja stuba i grede.



Slika 3: Poprečni presek grede i stuba sa armaturom

### 3. UTICAJ KRUTOSTI VINKLEROVE PODLOGE NA PONAŠANJE KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ZGRADE

#### 3.1. Opšte

Danas, računarska tehnika i razvijenost i dostupnost specijalizovanih softvera omogućuje da se konstrukcija objekta modelira i analizira u celini koja obuhvata i temeljnu konstrukciju i konstrukciju tla. Kako god da je proračun organizovan, uticaj tla, koji se manifestuje distribucijom kontaktnih naprežanja, se određuje usvajanjem modela tla-idealizacije tla. Zavisno od stepena idealizacije, uobičajeno korišćeni modeli tla mogu se podeliti na model kojim se pretpostavlja linearna distribucija kontaktnog naprežanja, Vinklerova podloga ili elastični i izotropni homogeni poluprostor. Pretpostavka prema kojoj se podloga tretira kao homogen, elastičan i izotropan poluprostor pod određenim uslovima dovoljno dobro odražava fizičke osobine prirodne podloge na koju se oslanjaju temelji ali metode proračuna zasnovane na ovoj hipotezi su veoma složene i njihova primena za praktične proračune je ograničena. Veoma rasprostranjena metoda proračuna je na bazi Vinklerove hipoteze, prema kojoj elastičnu podlogu čini sistem posebnih međusobno nezavisnih elastičnih opruga, i omogućava relativno jednostavan proračun. Međutim, treba naglasiti da često rezultati dobijeni po ovoj metodi ne odgovaraju stvarnosti. Nedostaci proračuna prema Vinklerovoj hipotezi su:

1. Pritisak temeljnog nosača na tlo nije proporcionalan sleganju tla u toj tački, jer sleganje neke tačke ne zavisi samo od opterećenja u toj tački već i od opterećenja u susednim tačkama.
2. Tlo se ne sleže samo ispod temeljnog nosača već i izvan njega.
3. Pri proračunu elastičnih temelja pretpostavlja se da se na tlo može preneti kako pritisak tako i zatezanje, što nije

ostvarljivo jer tlo u kontaktnoj površini ne može da primi zatezanje.

4. Koeficijent krutosti nije konstanta tla.

Ali, i pored svih navedenih nedostataka, Vinklerov model se pokazao kao vrlo pogodan, zbog svoje jednostavnosti, u sklopu računarskih aplikacija za strukturnu analizu.

#### 3.2. Proračun temeljnih nosača na elastičnoj podlozi prema Vinklerovoj hipotezi

Vinklerova hipoteza (1876) zasnovana je na proporcionalnosti između pritiska i sleganja u svakoj tački kontaktne površi temelja. Ponašanje opterećenog tla definiše se uvođenjem koeficijenta krutosti podloge na bazi Vinklerove hipoteze i prema tome taj postupak za proračun nosača na elastičnoj podlozi zasnovan je na sledećim pretpostavkama:

1. Pritisak u svakoj tački kontaktne površi temelja proporcionalan je elastičnom sleganju tla u toj tački

$$p(x) = k \cdot \omega(x) \quad (1)$$

$p(x)$ - pritisak na tlo u posmatranoj tački

$\omega(x)$ -vertikalno elastično sleganje tla u toj tački

$k$ - koeficijent krutosti podloge

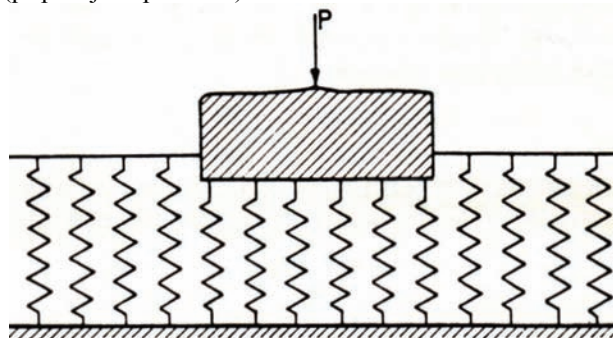
2. Pritisak u posmatranoj tački podloge izaziva sleganje samo te tačke

3. Na tlo se može preneti kako pritisak tako i zatezanje

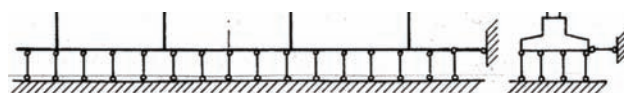
4. U kontaktnoj površi temelja nema trenja

Prema navedenim pretpostavkama podloga se može prikazati u vidu modela u kome granularni skelet tla zamenjuje serija elastičnih međusobno nezavisnih opruga (sl. 4).

Za pojedine slučajeve Vinklerov model je moguće koristiti u analitičkom obliku, rešavanjem diferencijalne jednačine četvrtog reda po ugibu temelja, u praksi se koristi deskretizovan model, u kome se opruge ispod temelja modeliraju na relativno malom rastojanju (pripadajuća površina) sl.5.



Slika 4: Vinklerov model



Slika 5: Diskretizovan model

Terzaghi (1955) je proučavao vrednosti koeficijenta krutosti podloge, za razne vrste tla i pri različitoj zbijenosti.

U tabeli se nalaze vrednosti tog koeficijenta za opterećenje pločom dimenzija 30x30cm.

Tabela 1. Koeficijent krutosti podloge  $10^4 \text{ kN/m}^3$  [1]

| Pijesak            | Rahli,  | Srednje<br>zbijen | Jako<br>zbijen |
|--------------------|---------|-------------------|----------------|
| Suh ili vlažan     | 0,6—1,9 | 1,9—9,6           | 9,6—3,2        |
| Predloženo srednje | 1,3     | 4,2               | 16,0           |
| Isto potopljeno    | 0,8     | 2,6               | 9,6            |

| Glina                 | Konzistencija |            |        |
|-----------------------|---------------|------------|--------|
|                       | kruta         | vrlo kruta | čvrsta |
| $q_a (\text{kN/m}^2)$ | 100—200       | 200—400    | 400    |
| Granične vrijednosti  | 1,6—3,2       | 3,2—6,4    | 6,4    |
| Predloženo srednje    | 2,4           | 4,8        | 9,6    |

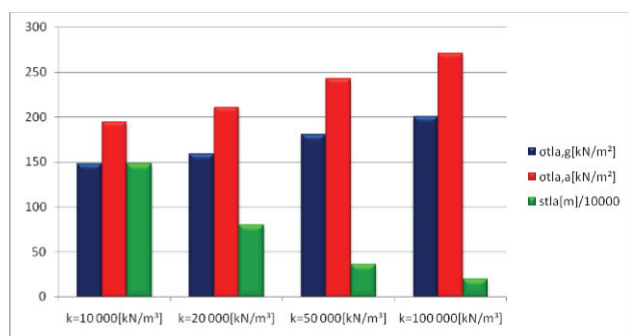
Za opterećenje ploče drugih dimenzija treba izvršiti redukciju koeficijenta jer jedinično opterećenje jednakog intenziteta izaziva veće sleganje ako deluje na većoj površini, prema formulama koje je predložio Terzagi.

### 3.3. Upoređivanje rezultata dobijenih za različite vrednosti koeficijenta krutosti podloge u proračunu višespratne zgrade

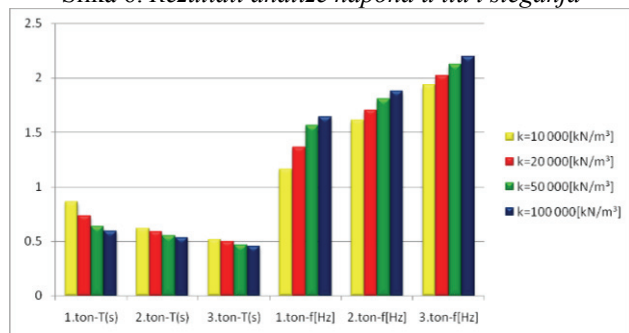
U radu je prikazana uporedna analiza rezultata dobijenih za različite vrednosti koeficijenta krutosti podloge  $k=10000, 50000, 100000 \text{ kN/m}^3$ . Analizirani su i upoređivani rezultati modalne analize-perid oscilovanja i frekvencija, naponi u tlu i količina potrebne armature u temeljnoj ploči i temeljnim gredama.

Rezultati analize prikazani su na sledećim slikama, sa kojih se može primetiti da se sa povećanjem koeficijenta krutosti podloge vrednosti napona u tlu povećavaju do 30% a sleganje tla smanjuje i do 70%, period oscilovanja se takođe smanjuje i najveće razlike se primeće kod prvog tona oscilovanja.

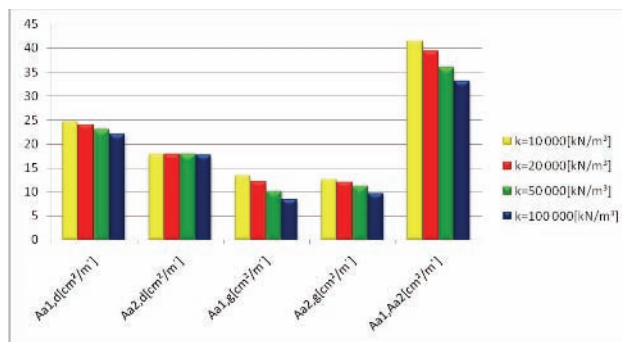
Razlika u rezultatima za potrebnu količinu armature u temeljnoj ploči je najizraženije za armaturu u gornjoj zoni ploče, dok su kod temeljnih greda te razlike nešto veće.



Slika 6. Rezultati analize napona u tlu i sleganja



Slika 7. Rezultati modalne analize



Slika 8. Rezultati analize potrebne količine armature

## 4. ZAKLJUČAK

Kako je koeficijent krutosti podloge jednak količniku napona i sleganja koje taj napon izaziva, usvajanjem različitih vrednosti tog koeficijenta najviše utičemo na vrednosti napona u tlu i na sleganja ali i na neke druge rezultate koji se dobijaju proračunom konstrukcije, što se vidi iz predhodne analize. Vrednost koeficijenta krutosti podloge treba usvojiti tako da se dobije što realnija slika sleganja u tlu, za neku orijentacionu vrednost može se uzeti od  $10000-20000 \text{ kN/m}^3$ .

## 5. LITERATURA

- [1] ZBIRKA JUGOSLOVENSKIH PRAVILNIKA I STANDARDA ZA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE: Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1988 - stalna opterećenja građevinskih konstrukcija (JUS U.C7.123) Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1988 - korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada (JUS U.C7.121) Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1992 - opterećenje vetrom (JUS U.C7.110-112) Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima
- [2] Grupa autora: BETON I ARMIRANI BETON prema BAB 87, knjiga 1, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [3] Grupa autora: BETON I ARMIRANI BETON prema BAB 87, knjiga 2, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [4] Ž. Radosavljević, D. Bajić: ARMIRANI BETON 3, Građevinska knjiga, Beograd, 2007.
- [5] D. Najdanović: BETONSKE KONSTRUKCIJE, Orion Art, Beograd, 2004.
- [6] S. Stevanović: FUNDIRANJE I, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [7] K. Terzagi: MEHANIKA TLA, Građevinska knjiga, Beograd, 1951.

## Kratka biografija:



**Bojana Miletić** rođena je u Jagodini 1982. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz Građevinske oblasti odbranila je 2010. godine.

**PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ARMIRANOBETONSKE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU****DESIGN PROJECT OF STRUCTURE OF MULTISTORY RC RESIDENTIAL BUILDING IN NOVI SAD***Zdravko Tešić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast- GRAĐEVINARSTVO**

**Sadržaj-** U radu je prikazan projekat konstrukcije višespratne armiranobetonske stambene zgrade S+Pr+6+Pk kao i analiza izbora temelja u zavisnosti od spratnosti objekta.

**Abstract-** The project of structure of multistory reinforced concrete residential building basement + ground floor + 6 stories + attic, and as well selection of foundation type based on the number of stories.

**Ključne reči:** armiranobetonska zgrada, skeletni sistem, temelji.

**1. UVOD**

Projektnim zadatkom je predviđeno projektovanje višespratne stambene zgrade spratnosti suteran + prizemlje + šest spratova + potkrovlje. Zgrada je projektovana kao skeletna sa potrebnim platnima za ukrućenje. Objekat je u osnovi pravougaon dimenzija 35,4x14,4m i simetričan u poprečnom pravcu. Nalazi se u Novom Sadu i samim tim u osmoj seizmičkoj zoni. Definisane su namene pojedinih prostora u objektu, prizemlje je predviđeno za poslovni prostor, dok su na svim spratovima predviđene stambene jedinice. Konstrukcija elemenata i detalja je takva da objekat u eksploatacionom veku ispuni propisanu pouzdanost, tj. da ima odgovarajuću nosivost, upotrebljivost i trajnost.

**2. OPIS PROJEKTA****2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje**

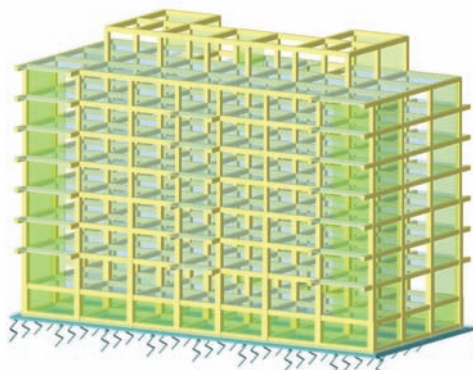
Zgrada se izvodi kao skeletni sistem sa platnima za ukrućenje. Položaj konstruktivnih elemenata definisan je sa osam poprečnih i četiri podužna rama, s tim da je objekat simetričan u poprečnom pravcu. U X-pravcu pružaju se ramovi čiji su međusobni rasteri 4.80m. Ramovi koji se pružaju u Y-pravcu su na međusobnim rasterima od 4.20, 4.80 i 5.40m. U podrumu objekta je predviđen prostor za ostave prodavnica i ugostiteljskog objekta, koje se nalaze u prizemlju. Pored ovoga, u podrumu je predviđen i deo prostora za upotrebu od strane stanara zgrade. Na svakom spratu se nalazi po pet stanova, a u potkrovlju je zajednički prostor stanara. Spratna visina podruma je 2.69m, prizemlja 3.515m i svih spratova 2.96m. Za vertikalnu komunikaciju se koriste dva lifta i dva dvokraka stepeništa sa međupodestom.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Zoran Brujić.

Podovi su obloženi parketom i keramičkim pločicama. Keramičke pločice se u sanitarnim prostorijama postavljaju do plafona, a u kuhinji do visine 150cm. Zidovi i plafoni u stanovima se malterišu i završno obrađuju polu-disperzivnom bojom.

Podovi u sobama, trpezarijama i hodnicima su od klasičnog parketa  $d=2.2\text{cm}$ , a u kupatilima, wc-ima, ostavama, kuhinjama od keramičkih pločica. Podovi hodnika se obrađuju cementnom košuljicom i teraco pločicama. Zidove stepenišnog prostora potrebno je omalterisati i završno obraditi dekorativnim malterom, dok se fasadni zidovi izvode tipa sendvič, ukupne debljine 42cm (opeka 12cm + termoizolacija 5cm + zid od opeke 25cm). Sa spoljašne strane zida se nanosi malter, a na malter fasada određene boje. Unutrašnji zidovi su od pune opeke debljina 25cm i 12cm.



Slika 1: 3D izgled konstrukcije

**2.2. Konstruktivni sistem zgrade**

Objekat je projektovan u klasičnom sistemu skeletne armirano-betonske konstrukcije, kombinacijom AB stubova i AB ploča, sa AB platnima za ukrućenje.

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao sistem kontinualnih krstasto armiranih ploča u oba pravca. Međuspratne konstrukcije su debljine 16cm, primaju gravitaciono opterećenje jednog sprata i prenose ga na stubove objekta. Pored toga međuspratna konstrukcija ukrućuje sistem u horizontalnom pravcu i prima horizontalne sile i prenosi ih dalje na vertikalne elemente (stubove i zidove za ukrućenje). Oba stepeništa u objektu se sastoje iz dve kose ploče i horizontalnog međupodesta. Stepenište je uklešteno u dve međuspratne tavanice. Korišćena je marka betona MB 35. Rasponi greda u podužnom pravcu su 4.20, 4.80, 5.40m, a u poprečnom 4,80m. Ovo, kao i nivo opterećenja, je uslovalo njihove

dimenzije: u podužnom pravcu 40/50, a u poprečnom pravcu 40/45cm. Grede se betoniraju betonom marke MB35 i armiraju armaturom RA 400/500. Dimenzije stubova su: u podrumu 60/60, u prizemlju 55/55, I i II sprat 50/50 i od trećeg sprata pa do vrha 40/40cm. Stubovi su projektovani tako da zadovoljavaju propisane uslove iz pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju u seizmički aktivnim područjima. Betoniraju se betonom MB 35. Armiranje stubova vrši se armaturom RA 400/500 i izvršeno je prema PBAB i pravilniku za seizmiku. Raspored zidova u osnovi je približno simetričan i obezbeđuje ukrućenje zgrade u oba ortogonalna pravca. Uloga ovih elemenata je da redukuju horizontalna pomeranja objekta, kao i da prime i prenesu na temelje horizontalna seizmička opterećenja. Zidna platna su u podužnom pravcu dimenzija 20/420 i 20/540, a u poprečnom pravcu je 20/480cm, s tim da su pojedini zidovi oslabljeni otvorom za vrata. Zidovi za ukrućenje su projektovani tako da zadovoljavaju propisane uslove iz Pravilnika [1]. U podrumu su projektovani AB zidovi debljine  $d=20\text{cm}$ . Njihova uloga je da prime opterećenje od tla i vertikalno opterećenje, kao i da, zajedno sa pločama, formiraju nedeformabilni podzemni deo konstrukcije. Korišćena je marka betona MB 35. Armiranje zidova vrši se armaturom RA 400/500 i izvršeno je prema PBAB i pravilniku za seizmiku. Fundiranje objekta je izvršeno na temeljnoj ploči ukrućenoj u oba ortogonalna pravca temeljnim gredama. Temeljna ploča je modelirana kao tanka izotropna ploča debljine  $d=50\text{cm}$ . Ispod temeljne ploče nasipa se tampon sloj šljunka debljine 10cm i sloj mršavog betona debljine 5cm. Preko sloja mršavog betona se postavlja hidroizolacija koja je sa gornje strane zaštićena slojem nearmiranog betona debljine 5cm. Korišćena je marka betona MB 35, a armatura RA 400/500. Naponi koji se javljaju u tlu su manji od dopuštenih.

Krovnna konstrukcija je prosta drvena. Pored uticaja od sopstvene težine konstrukcija je proračunata i na dejstvo vetra, snega i pokretnog opterećenja (čovek). Opterećenje od krovne ravni preuzimaju drveni rogovi dimenzija 12/14cm na osovinskom razmaku od 90cm. Opterećenje se sa rogova prenosi na venčaniće, dimenzija preseka 12/12cm, i dalje na betonsku konstrukciju ili drvene stubove. Stubovi su dimenzija 12/12 cm, a klešta 2x5/15cm. Celokupnu drvenu krovnu konstrukciju treba izvesti od četinara II klase maksimalne vlažnosti 18%.

### 2.3. Analiza opterećenja

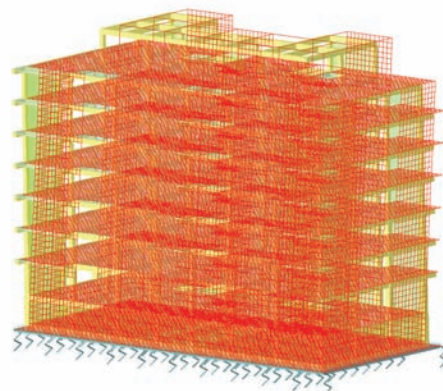
Objekat je proračunat na normativne vrednosti opterećenja propisane trenutno važećim pravilnikom. Potrebno je odrediti uticaje u konstrukciji od stalnog i korisnog opterećenja, dejstva vetra, seizmičkih sila i opterećenja snegom. Sopstvena težina elemenata je programski obračunata, u zavisnosti od dimenzije elementa i zapreminske težine materijala (za beton je  $\gamma=25\text{ kN/m}^3$ ), a dodatno stalno opterećenje je modelirano kao površinsko.

Korisno opterećenje za stambeni prostor iznosi  $1,5\text{ kN/m}^2$ , za balkone  $3,0\text{ kN/m}^2$ , za stepenišni prostor  $3,0\text{ kN/m}^2$ . Opterećenje snegom uzeto je sa minimalnom vrednošću s obzirom na lokaciju objekta i iznosi  $0,75\text{ kN/m}^2$  osnove krova. Opterećenje vetrom je naneto kao linijsko raspodeljeno opterećenje po stubovima u dva

ortogonalna pravca. Seizmičko opterećenje je analizirano metodom statički ekvivalentnog opterećenja koju propisuje naš pravilnik.

### 2.4. Statički i dinamički proračun

Konstrukcija je modelirana prostorno u programskom paketu Tower 6.0, korišćenjem linijskih i površinskih konačnih elemenata. Korišćena su dva modela, model krovne konstrukcije i model armiranobetonske konstrukcije. Razlog ovome leži u većem odstupanju rezultata dinamičke analize unificiranog modela (i drvena i betonska konstrukcija modelirani zajedno) od realnih očekivanih rezultata.



Slika 2: prikaz prvog tona oscilovanja

Opterećenja na model su aplicirana kao linijska i površinska, saglasno analizi opterećenja, a posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja. Pri formiranju proračunskog modela korišćena je gusta mreža konačnih elemenata (stranica elementa  $0,5\text{m}$ ). Tlo je modelirano pomoću Vinklerovog (Winkler) modela podloge – elastične opruge koje odgovaraju koeficijentu posteljice od  $20\text{MN/m}^3$ .

Analiza dejstva horizontalnih opterećenja, kao i modalna analiza, pretpostavlja nedeformabilnost tavanične konstrukcije u svojoj ravni. Statički i dinamički proračun sproveden je na modelu kod koga su kombinovani linijski i površinski elementi. Modalna analiza je sprovedena sa realnim rasporedom masa bez redukovanja faktora krutosti i modula elastičnosti seizmičkih zidova što omogućuje realniji prikaz sadejstva ploča i seizmičkih zidova.

### 2.5. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

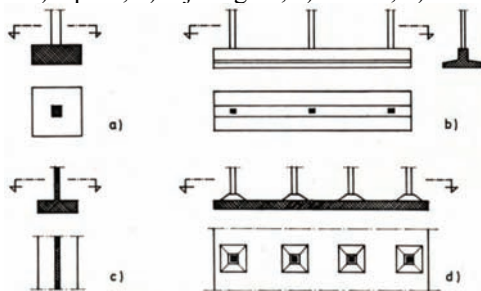
Za sve elemente konstrukcije korišćen je beton MB35. Pri dimenzionisanju elemenata, i za podužnu i za poprečnu armaturu, usvojena je rebrasta RA 400/500. Svi elementi su dimenzionisani saglasno važećim propisima [1], [2], prema uticajima merodavnih graničnih kombinacija opterećenja, za šta je iskorišćena opcija korišćenog softvera. Naknadno, neke veličine su korigovane, u zavisnosti od vrste korekcije, u samom programu ili prilikom iscrtavanja planova armiranja. Grede su dimenzionisane kao jednostruko ili dvostruko armirane, dok su stubovi dimenzionisani kao koso savijani, jednostrano ili obostrano simetrično armirani. AB zidovi su dimenzionisani saglasno Pravilniku [1] i [2]. Dimenzionisanje svih krovnih pozicija je izvršeno

metodom dozvoljenih napona. Kontrola napona pritiska u stubovima i zidovima je sprovedena, kao i kontrola napona u tlu i kontrola pomeranja vrha zgrade.

### 3. IZBOR TEMELJA U ZAVISNOSTI OD SPRATNOSTI OBJEKTA

#### 3.1. Opšte

Preko temelja se opterećenje od objekta prenosi na tlo, pri čemu se mora obezbediti stabilnost tla, a deformacija temelja treba da bude u dozvoljenim granicama u zavisnosti od naponskog stanja u konstrukciji objekta i eksploatacionih potreba objekta. Osnovna podela vrste fundiranja je na plitke i duboke temelje. Plitki temelji se primenjuju ako se na relativno maloj dubini ispod površi terena nalazi tlo dovoljne otpornosti i male deformabilnosti. Opterećenje od konstrukcije iznad temelja se prenosi na tlo preko njegove kontaktne površi. U ovu grupu temelja spadaju: a) pojedinačni temelji - temelji samci (projektuju se uobičajeno ispod jednog stuba); b) temeljne trake (ispod zidova); c) temeljne grede i temeljni roštilji (ispod niza stubova); d) temeljne ploče (velika opterećenja i/ili loše tlo). Duboki temelji prenose opterećenje objekta na tlo preko kontaktne površine između temelja i tla, kao i preko bočnih strana temelja. Kod ovih temelja odnos visine  $H$  prema širini temelja  $B$  je jednak ili veći od četiri ( $H/B \geq 4$ ). U ovu grupu temelja spadaju: a) šipovi; b) dijafragme; c) bunari; d) kesoni.



Slika 3. Vrste fundamenata

Vinklerovim modelom, tlo se tretira kao elastična podloga, a zasniva se na proporcionalnosti između pritiska ( $q$ ) i sleganja ( $y$ ) u svakoj tački kontaktne površine:  $q = k \times y$ .

Veličina  $k$  se naziva koeficijent krutosti podloge i izražava se u jedinicama  $\text{kN/m}^2/\text{m}$  (po metru kvadratnom površine, po metru pomeranja). Dakle, ovim modelom, tlo je predstavljeno jednim parametrom (koeficijentom krutosti podloge). Podloga se može prikazati u vidu modela u kome je tlo zamenjeno beskonačnom serijom elastičnih međusobno nezavisnih opruga. Vinklerov model tla je veoma rasprostranjena metoda proračuna i pored nedostataka koje ima. Osnovni nedostaci su da pritisak temeljnog nosača na tlo nije proporcionalan sleganju tla samo u toj tački, jer sleganje te tačke zavisi i od opterećenja susednih tačaka, a ne samo od opterećenja te tačke. Dalje, tlo se ne sleže samo ispod temeljnog nosača već i izvan njega kako je prikazano na slici 4).



Slika 4. Vinklerov i elastični model tla

Pri proračunu elastičnih temelja pretpostavljamo da tlo može preneti kako sile pritiska tako i sile zatezanja, što nije ostvarljivo jer tlo u kontaktnoj površini ne može da primi zatezanje. Takođe koeficijent krutosti podloge  $k$  nije konstanta tla.

Iz ovog proizilazi da su često rezultati dobijeni po ovoj metodi u određenoj meri različiti od stvarnosti. Međutim, i pored ovih, vrlo krupnih nedostataka, u odsustvu dovoljno jednostavnih metoda za primenu, Vinklerov model se pokazao izuzetno pogodnom metodom za rešavanje primenom računara. Iako je jedno vreme ova metoda bila napuštena, danas se u velikoj meri primenjuje u uobičajenim objektima visokogradnje.

#### 3.2 Analiza

U posmatranom predmetu istraživanja koristile su se pretpostavke koje nalaže Vinklerov model idealizovanog tla. Postupak istraživanja se sastojao od 3 modela i 2 tipa fundamenata. Od zadatog objekta spratnosti:  $S + Pr + 6 + Pk$  napravljena su još dva modela, spratnosti:  $S + Pr + 3 + Pk$  i spratnosti:  $S + Pr + 9 + Pk$ . U sva tri slučaja posmatrali su se merodavni uticaji u temeljnoj punoj ploči i temeljnoj ploči ojačanoj gredama. I u sva tri slučaja su opterećenja nanošena istih vrednosti kao u predmetnom zadatku. Takođe pri fundiranju sva tri objekta, usvojena je, kao i u predmetnom zadatku temeljna ploča debljine  $d=50\text{cm}$  koja je modelirana kao tanka izotropna ploča. Grede su usvojene takođe kao u predmetnom zadatku dimenzija:  $b/d = 50/80\text{cm}$ . Korišćena je marka betona MB35. Temeljna ploča se oslanja površinskim osloncem na tlo. Tlo je modelirano Vinklerovim modelom, a krutosti tla su date u sledećoj tabeli (vrednosti su u  $\text{KN/m}^3$ ):

| Set | K,R1      | K,R2      | K,R3     |
|-----|-----------|-----------|----------|
| 1   | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 2.000e+4 |

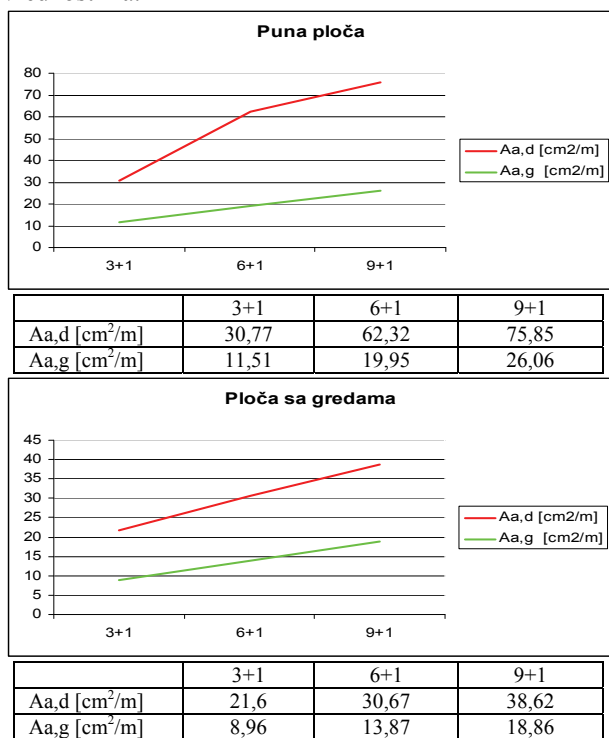
Izvršena je samo statička analiza za gravitaciona opterećenja: stalno i korisno. S obzirom da je za temeljnu ploču kao merodavna kombinacija opterećenja za momente savijanja (pri dimenzionisanju) utvrđena kombinacija  $1.6 \cdot g + 1.8 \cdot p$ , priloženi su rezultati samo za ovu kombinaciju. Provera kontrole ploča na probijanje prema PBAB87 se sprovodi za slučajeve oslanjanja ploče direktno na stubove i izvršena je za eksploataciona opterećenja. U programskom paketu Tower 6.0 izvršeno je dimenzionisanje temeljne ploče po pravilniku za beton i armirani beton (PBAB 87). Usvojena marka betona je MB 35 i rebrasta armatura RA 400/500. Usvojeno rastojanje armature od ivice betona, odnosno zaštitni sloj betona je  $a=4,0\text{cm}$ . Programski paket Tower 6.0 je pri dimenzionisanju dao vrednosti potrebne količine armature posebno za donju i gornju zonu armiranja.

Uticaji koji su se dobili su prikazani tabelarno posebno za temeljnu punu ploču i posebno za temeljnu ploču koja je ojačana gredama.

| Puna ploča       | $\max \sigma_{tla}$<br>[ $\text{kN/m}^2$ ] | $\max M_x$<br>[ $\text{kNm/m}$ ] | $\max M_y$<br>[ $\text{kNm/m}$ ] |
|------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 3+1              | 187,61                                     | 729,84                           | 703,68                           |
| 6+1              | 308,51                                     | 1177,65                          | 1135,86                          |
| 9+1              | 416,59                                     | 1398,26                          | 1344,05                          |
| Ploča sa gredama | $\max \sigma_{tla}$<br>[ $\text{kN/m}^2$ ] | $\max M_x$<br>[ $\text{kNm/m}$ ] | $\max M_y$<br>[ $\text{kNm/m}$ ] |
| 3+1              | 201,96                                     | 457,66                           | 424,09                           |
| 6+1              | 308,03                                     | 644,40                           | 595,65                           |
| 9+1              | 419,51                                     | 799,31                           | 735,37                           |

Iz datih tabela se vidi da sa povećanjem spratnosti objekta dolazi i do povećanja uticaja maksimalnih vrednosti momenata u oba pravca. Za slučaj pune ploče ovo povećanje iznosi 40% pri prvom povećanju spratnosti, a čak 50% pri drugom. Uticaji za slučaj ploče ojačane gredama se takođe povećavaju, ali je to povećanje nešto manje i iznosi 30% pri prvom, odnosno 45% pri drugom povećanju spratnosti.

Analiza je takođe izvršena i za potrebnu količinu armature koja se dobija u zavisnosti od povećanja spratnosti. Na sledećim dijagramima je dat prikaz ovog povećanja sa vrednostima.



Slika 5. Potrebna količina armature u zavisnosti od spratnosti objekta

Iz datih dijagrama i tabela koji su prikazani na slici 5), može se uočiti da se potrebna količina armature povećava kako povećavamo spratnost objekta. Kada je reč o temeljnoj punoj ploči ovo povećanje potrebne količine armature u donjoj zoni, u odnosu na najnižu spratnost, iznosi 50% za prvo povećanje spratnosti, a 60% za drugo dok je to povećanje u gornjoj zoni nešto manje i iznosi 40% odnosno 55%. Kada je reč o temeljnoj ploči ojačanoj gredama povećanje potrebne količine armature u donjoj zoni je nešto manje od slučaja kada se posmatra puna ploča, i za donju zonu ono iznosi 30% za prvo povećanje spratnosti, odnosno 45% za drugo. U gornjoj zoni je ovo povećanje nešto veće i iznosi 35% za prvo povećanje spratnosti, odnosno 55% za drugo.

#### 4. ZAKLJUČAK

Analizom svih posmatranih rezultata dolazi se do zaključka da se povećavanjem spratnosti objekta javljaju veći statički uticaji kako u temeljnoj ploči tako i u ploči ojačanoj gredama, što je i razumljivo s obzirom na činjenicu da je dominantno opterećenje temelja od stalnog i dela povremenog opterećenja i samim tim direktno srazmerno sopstvenoj težini objekta i korisnom

opterećenju koji se nalazi u njemu. Međutim može se primetiti da povećanje spratnosti u konkretnim posmatranim slučajevima utiče u većoj meri na temeljnu konstrukciju koju čini puna ploča nego na temeljnu konstrukciju ojačanu gredama. Iako nije urađena detaljna ekonomska analiza može se zaključiti da se za slučaj najniže spratnosti dobijaju minimalna povećanja vrednosti posmatranih uticaja i da bi bilo neracionalno ojačavanje ploče gredama. Za slučaj većih spratnosti, u slučaju pune ploče, dolazi do značajnog povećanja svih uticaja (preko 50%) i tada je potrebno ili povećati debljinu ploče ili je ojačati gredama. U ovom zadatku racionalnije bi bilo izvođenje temeljne ploče sa ojačanjima pomoću greda nego povećanje debljine ploče, jer i pored nešto većih troškova u pogledu izrade oplata dolazi do značajne uštede u betonu.

#### 5. LITERATURA

- [1] *Zbirka Jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije:* Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1988 - stalna opterećenja građevinskih konstrukcija (JUS U.C7.123)  
Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1988 - korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada (JUS U.C7.121)  
Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1992 - opterećenje vetrom (JUS U.C7.110-112)  
Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima
- [2] Grupa autora: *Beton i armirani beton* prema BAB 87, knjiga 1, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [3] Grupa autora: *Beton i armirani beton* prema BAB 87, knjiga 2, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [4] M. Gojković, B. Stevanović, M. Komnenović, S. Kuzmanović, D. Stojić: *Drvene konstrukcije*- JUS standardi, Propisi, Evrokod 5, tabele, brojni primeri, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2007.
- [5] Ž. Radosavljević, D. Bajić: *Armirani beton 3*, Građevinska knjiga, Beograd, 2007.
- [6] D.Najdanović: *Betonske konstrukcije*, Orion Art, Beograd, 2004
- [7] S. Stevanović: *Fundiranje I*, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [8] J.Sklana, N.Vujadinović: *Proračun temelja*, Principal metromarketing, Novi Sad, 1998.
- [9] M.Glišić: *Fundiranje arhitektonskih objekata*, Beograd, 2004.
- [10] E. Nonveiller: *Mehanika tla i temeljenje građevina*, Zagreb, 1979
- [11] T.Roje-Bonacci: *Posebna poglavlja temeljenja*, Split, 2007.

#### Kratka biografija:



**Zdravko Tešić** rođen je u Novom Sadu 1983. godine. Diplomski- master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz Građevinske oblasti odbranio je 2010. godine.

**OBELEŽJA STRADANJA MLADIH U SAOBRAĆAJU NA PODRUČJU NOVOG SADA****CHARACTERISTICS OF SUFFERING YOUNG PEOPLE IN TRAFFIC ON TERRITORY OF CITY NOVI SAD**Dragan Trivunović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu su prikazana obeležja stradanja mladih učesnika u saobraćaju na području Novog Sada, sa predlogom opštih i posebnih mera za smanjenje stradanja ove kategorije stanovništva.

**Abstract** – In this paper are shown the characteristics of young people suffering in traffic in Novi Sad, with a proposal for general and specific measures to reduce the suffering of this category of population.

**Ključne reči** – Saobraćaj, bezbednost, rizik, mladi.

**1. UVOD**

Drumski saobraćaj, u današnjem savremenom svetu, predstavlja najkorisniju delatnost i čini odlučujuću komponentu intenzivnog razvoja svih sfera društvenog života. U današnje vreme razvoj saobraćaja ide znatno brže, tako da je sa razvojem putne mreže paralelno rastao i broj vozila, vozača i saobraćajnog okruženja. Intenzivan razvoj drumskog saobraćaja u poslednjih nekoliko decenija dovodi do niza problema sa aspekta bezbednosti učesnika u saobraćaju, što se najbolje vidi kroz statističke pokazatelje dešavanja saobraćajnih nezgoda.

Predmet ovog rada su mladi učesnici u saobraćaju (15- 24 godine). Prostor istraživanja je područje opštine Novog Sada, a vremenski okvir istraživanja je period od 2003. do 2008. godine. Cilj rada je da se prikaže ugroženost u saobraćaju pomenute starosne grupe kao i da se predlože mere za smanjenje ugroženosti mladih u saobraćaju.

**2. STRUKTURA STANOVNIŠTVA NOVOG SADA**

Od strane Republičkog zavoda za statistiku Srbije 2002. godine urađen je popis stanovništva prema kome u gradu Novom Sadu živi 299.294 stanovnika [1]. Na osnovu dobijenih podataka iz popisa 2002. godine može se sagledati struktura stanovništva na području Novog Sada. Posmatrano po starosnim grupama, najbrojnija je starosna grupa 45-64 godine i stanovnici ove grupe čine više od četvrtine, odnosno 27,5% od ukupnog stanovništva.

Lica starosne grupe 0-14 godina čine 15,5%, a lica starosti 65 i više godina čine 13,7% ukupnog stanovništva. Približno isti procenat stanovništva imaju starosne grupe 15-24, 25-34 i 35-44 godine starosti (14,2%, 14,5%, 14,2%, respektivno).

**NAPOMENA:**

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Dragan Jovanović, docent .

Posmatrano prema polu, broj stanovnika muškog pola je 142.033 lica odnosno 47,5% od ukupnog broja stanovnika, dok stanovništvo ženskog pola čini 52,5% ili 157.261 lica.

**3. ANALIZA UČEŠĆA LICA U SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA**

Na području opštine Novi Sad, u posmatranom periodu od 2003. do 2008. godine, u nezgodama je učestvovalo (nastradali i lica bez povrede) ukupno 81.273 lica. Nastradalo je 7.777 lica, što čini 9,58% od ukupnog broja učesnika. Pod nastradalim licima podrazumevamo povređena i poginula lica. Povređena lica se dele u dve kategorije: lica sa teškim telesnim povredama (TTP) i lica sa lakim telesnim povredama (LTP). U strukturi učešća u saobraćajnim nezgodama, lica bez povrede (LBP) čine 90,43% ili 73.496 lica, povređeni čine 9,31% ili 7.561 lice i poginuli 0,27% ili 216 lica.

**4. OPŠTA ANALIZA NASTRADALIH UČESNIKA U SAOBRAĆAJU NA PODRUČJU NOVOG SADA**

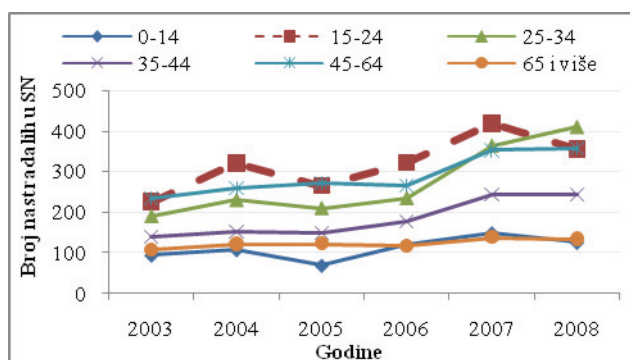
Analiza nastradalih učesnika u saobraćaju obuhvata niz posmatranja sa različitih aspekata (analiza prema posledicama, prema kategoriji učešća, prema vrsti saobraćajne nezgode, vremenska analiza, prema vrsti uzroka itd.), sa ciljem da se kao izlazni rezultat dobije stanje bezbednosti saobraćaja u posmatranom periodu. U ovoj analizi obuhvaćeni su svi nastradali učesnici u saobraćaju, koji su podeljeni po starosnim grupama, a posebno je posmatrana starosna grupa 15-24 godine.

**4.1. Struktura nastradalih lica prema godinama**

Posmatrano po godinama, najmanji broj nastradalih bio je 2003. godine kada je nastradalo 987 lica odnosno 12,7% ukupno nastradalih, a najviše nastradalih lica bilo je 2007. godine kada je nastradalo 1.663 lica ili 21,4%, zatim 2008. godine 1.621 lice što čini 20,8%. Može se reći da je od 2003. godine broj nastradalih lica, uz male oscilacije, u konstantnom porastu.

Dinamika stradanja učesnika u saobraćajnim nezgodama po starosnim grupama (Slika 1.) pokazuje da starosna grupa 15-24 godine preovladava, posebno 2004, 2006. i 2007. godine sa 320, 321 i 418 nastradalih, dok je 2003. godine najviše nastradala starosna grupa 45-64 godine sa 235 lica, a 2008. godine lica starosti 25-34 godine sa 409 nastradalih učesnika. Lica starosti 65 i više godina imaju približno konstantan broj nastradalih u rasponu od 107 do 137 lica.

Posebno je interesantna i starosna grupa 25-34 godine, koja je u 2008. godini imala čak 220 nastradalih više nego u 2003. godini, kada je imala 189 nastradalih.



Sl. 1. Dinamika stradanja učesnika u saobraćajnim nezgodama po starosnim grupama

#### 4.2. Struktura nastradalih učesnika u saobraćaju prema posledicama

U strukturi nastradalih učesnika u saobraćaju najveće učešće imaju lica koja pripadaju starosnoj grupi 15-24 godine starosti (Tabela 1.).

Od 7.777 nastradalih u posmatranom periodu, 1.902 lica (24,5%) pripada starosnoj grupi 15-24 godine starosti. Veliko učešće u stradanju imaju i lica koja pripadaju starosnoj grupi 45-64 godine starosti, njih 1.743 lica (22,4%), zatim lica starosti 25-34 godine 1.633 (21%), lica starosti 35-44 godine itd.

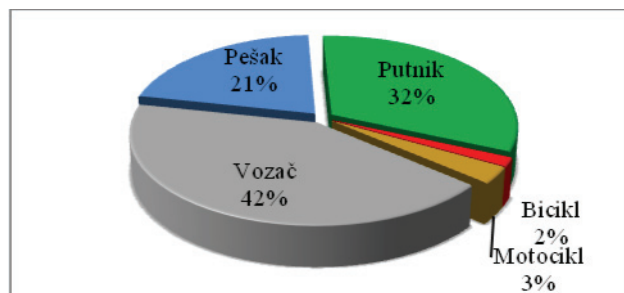
Kada sagledamo da je u strukturi stanovništva starosna grupa 45-64 godine daleko brojnija od starosne grupe 15-24 godine, tada je stradanje mladih još uočljivije.

Tabela 1. Struktura nastradalih učesnika u saobraćaju prema posledicama po starosnim grupama

| Starosne grupe | poginuli | teško povređeni | lako povređeni | Ukupno nastradalo |
|----------------|----------|-----------------|----------------|-------------------|
| 0-14           | 13       | 104             | 538            | 655               |
| 15-24          | 24       | 324             | 1554           | 1902              |
| 25-34          | 39       | 291             | 1303           | 1633              |
| 35-44          | 31       | 206             | 863            | 1100              |
| 45-64          | 60       | 460             | 1223           | 1743              |
| 65 i više      | 46       | 267             | 423            | 736               |
| Nepoznato      | 3        | 3               | 2              | 8                 |
| Ukupno         | 216      | 1655            | 5906           | 7777              |

#### 4.3. Struktura nastradalih učesnika u saobraćaju prema kategoriji učešća

Analizom strukture nastradalih učesnika u saobraćaju prema kategoriji učešća (Slika 2.), dobijeni su rezultati prema kojima najviše stradaju vozači, 3.279 odnosno 42,2%, zatim putnici 2.509 ili 32,3%, pešaci 1.632 ili 21%, motociklisti 235 ili 3% i biciklisti 122 ili 1,6%.



Sl. 2. Struktura nastradalih lica prema kategoriji učešća

#### 4.4. Vremenska analiza nastradalih učesnika u saobraćaju

Najviše nastradalih učesnika u saobraćaju u posmatranom periodu od 2003. do 2008. godine bilo je u oktobru (788 nastradalih), zatim u junu (767) i maju (756), dok je najmanje nastradalih bilo u januaru (425) i februaru (430). Za vreme letnjih meseci primetan je približno konstantan broj nastradalih u rasponu 701-716 lica.

Dnevna analiza nastradalih učesnika u saobraćaju, pokazuje da je petkom najveći broj nastradalih (1.208) što izraženo u procentima iznosi 15,5% od ukupnog broja nastradalih, zatim subotom sa 15,3%. Najmanje nastradalih bilo je sredom (944), odnosno 12,8%, dok ostali dani imaju približno isti procenat nastradalih.

Časovna raspodela nastradalih učesnika u saobraćaju, pokazuje da je u periodu od 16 do 20 časova bilo najviše nastradalih (1.838, odnosno 23,6% ukupno nastradalih). U tom periodu su i dva časa sa najvećim brojem nastradalih „vršni časovi“, 16-17 i 18-19 časova sa po 486 nastradalih. Nezenemarljivo stradanje je i u periodu od 0 do 6 časova kada je nastradalo 1.095 učesnika, odnosno 14,1%, dok je „noćni vršni čas“ u periodu od 2 do 3 časa sa 232 nastradala. Vremenski interval od 7 do 8 časova predstavlja „jutarnji vršni čas“ kada je nastradalo 335 učesnika.

#### 4.5 Struktura nastradalih učesnika u saobraćaju prema vrsti greške (uzroka)

Greška je spoljna manifestacija uzroka, i kao takva ona povezuje uzrok i posledicu. Vrsta greške u dobroj meri određuje vrstu saobraćajne nazgode. Na primer, zbog neustupanja prolaza najčešće nastaju bočni sudari, zbog nepropisnog preticanja čeonih sudari itd. [2]

Najčešći uzrok, odnosno greška zbog koje su stradali učesnici u saobraćajnim nezgodama je „neprilagođena brzina kretanja“, zbog koje je nastradalo 3.336 učesnika ili 42,9% ukupno nastradalih učesnika u saobraćaju. Usled neustupanja prvenstva prolaza nastradalo je 2.084 lica (26,8%), a zbog nepravilnih radnji sa vozilom nastradalo je 1.158 lica (14,9%). Znatno manje nastradalih učesnika u saobraćaju bilo je u saobraćajnim nezgodama koje su kao vrstu uzroka (greške) imale alkohol, preticanje i obilaženje i ostale greške, ukupno 1.189 lica ili 15,4%.

#### 4.6. Struktura nastradalih učesnika u saobraćaju prema polu

Analiza nastradalih učesnika u saobraćaju prema polu, pokazuje da od ukupnog broja nastradalih (7.777), 63% ili 4.937 lica čine lica muškog pola, a 37% ili 2.840 nastradalih je ženskog pola.

#### 4.7. Struktura nezgoda na području Novog Sada

Saobraćajna nezgoda je nezgoda koja se dogodila na putu ili je započeta na putu, u kojoj je učestvovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojoj je jedno lice poginulo ili povređeno ili je nastala materijalna šteta. [3]

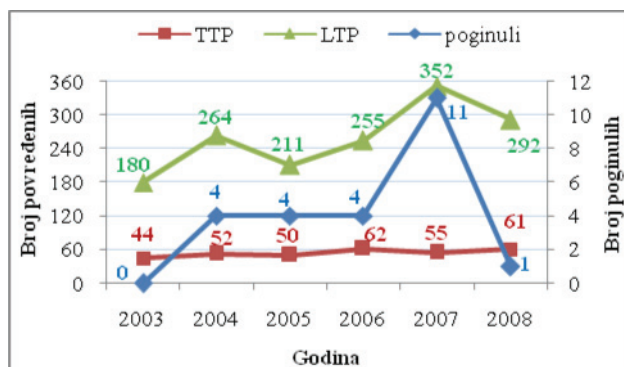
Od ukupnog broja nezgoda (40.137) koje su se dogodile na području Novog Sada, 14% su nezgode sa nastradalim licima, dok 86% čine nezgode koje su za posledicu imale materijalnu štetu. Od 5.674 nezgode sa nastradalim licima, 190 nezgoda ili 3,3% su nezgode sa poginulim licima, a 96,7% su nezgode sa povređenim licima. [4]

### 5. OBELEŽJA STRADANJA MLADIH UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

Slično kao u poglavlju 4. i u ovom poglavlju je izvršena detaljna analiza nastradalih učesnika u saobraćaju, s tim što je posebno analizirana starosna grupa 15-24 godine, unutar starosne grupe izvršena je podela po godinama starosti.

#### 5.1. Dinamika stradanja mladih učesnika u saobraćaju prema posledicama

Analizom dinamike stradanja mladih učesnika u saobraćaju (15-24 godine starosti) za period od 2003. do 2008. godine dobijeni su sledeći rezultati (Slika 3.): najviše mladih učesnika u saobraćaju nastradalo je u 2007. godini, njih 418 ili 22%, zatim u 2008. godini 254 lica ili 18,6%, dok je 2004. i 2006. godine nastradao praktično isti broj lica (2004. 320 lica, a 2006. 321 lice) što pojedinačno iznosi oko 16,8%. Najmanje mladih učesnika u saobraćaju nastradalo je 2003. godine, 224 lica odnosno 11,8% ukupno nastradalih mladih učesnika.



Sl. 3. Dinamika stradanja mladih učesnika u saobraćaju

#### 5.2. Struktura nastradalih mladih učesnika u saobraćaju prema posledicama

U posmatranom periodu (od 2003-2008. godine) ukupno je nastradalo 1.902 lica starosti 15-24 godine (Tabela 2.). Od tog broja najviše je lica sa lakim telesnim povredama,

njih 1.554 ili 81,7%, zatim teško povređenih (324; 17%) i poginulih (24; 1,3%).

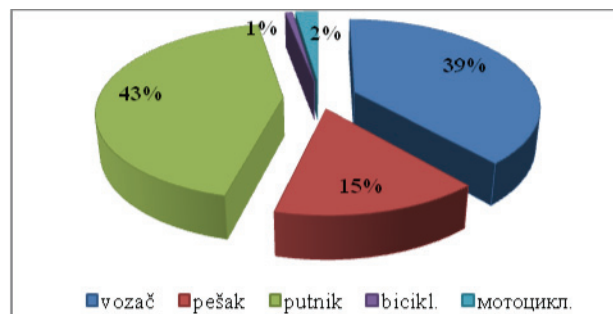
Najviše su stradala lica starosti 23 godine (249; 13,1%), zatim lica starosti 20 godina (238 ili 12,51%) i 21 godinu (235 ili 12,4%). Najmanje su nastradala lica starosti 15 godina (88 ili 4,6%) i 16 godina (108 ili 5,7%).

Tabela 2. Struktura nastradalih mladih učesnika u saobraćaju prema posledicama po godinama starosti

| Godine starosti | poginuli | teško povređeni | lako povređeni | Ukupno nastradalo |
|-----------------|----------|-----------------|----------------|-------------------|
| 15              | 0        | 17              | 71             | 88                |
| 16              | 0        | 19              | 89             | 108               |
| 17              | 2        | 29              | 124            | 155               |
| 18              | 2        | 26              | 132            | 160               |
| 19              | 3        | 25              | 203            | 231               |
| 20              | 4        | 45              | 189            | 238               |
| 21              | 4        | 46              | 185            | 235               |
| 22              | 4        | 38              | 184            | 226               |
| 23              | 4        | 43              | 202            | 249               |
| 24              | 1        | 36              | 175            | 212               |
| Ukupno          | 24       | 324             | 1554           | 1902              |

#### 5.3. Struktura nastradalih mladih učesnika u saobraćaju prema kategoriji učešća

Kada posmatramo strukturu nastradalih mladih učesnika u saobraćaju (15-24 godine) prema kategoriji učešća, vidimo da najveće stradanje u saobraćaju imaju putnici (Slika 4.). Putnici kao kategorija učesnika u saobraćaju imaju pasivnu ulogu u saobraćaju, odnosno oni ne mogu uticati na svoje učešće u saobraćaju jer njihovo učešće uglavnom zavisi od vozača.



Sl. 4. Nastradali mladi učesnici prema kategoriji učešća

#### 5.4. Vremenska analiza nastradalih mladih učesnika u saobraćaju

Mesečna analiza nastradalih mladih učesnika u saobraćaju, pokazuje da je jun mesec sa najvećim brojem nastradalih (220 lica ili 11,6% ukupno nastradalih), zatim oktobar (206 lica ili 10,8%), maj i jun sa skoro identičnim brojem nastradalih učesnika (194, 195 lica odnosno 10%, respektivno). Najmanje nastradalih mladih učesnika u saobraćaju bilo je u prva tri meseca, tačnije u januaru je nastradalo 96 lica, u februaru 89 lica i u martu 117 lica, što zajedno iznosi 302 lica ili 15,9% od ukupnog broja nastradalih (1.902 lica).

Sredom je nastradalo 217 (11%) mladih učesnika u saobraćaju, i to je dan sa najmanjim brojem nastradalih posmatrane starosne grupe. Ponedeljkom i četvrtkom zabeleženo je podjednako stradanje mladih i ono iznosi

oko 14%. Utorkom su nastradala 224 lica ili oko 12%, dok je petkom nastradalo 241 lice ili oko 13%. Subotom je nastradalo 350 lica a nedeljom 340 lica, što zajedno čini oko 36% nastradalih mladih učesnika u saobraćaju. Časovnom analizom nastradalih mladih učesnika u saobraćaju, uočavamo da mladi najviše stradaju u periodu od 2 do 4 časa posle ponoći, kada je nastradalo 272 lica ili 14,3% od ukupnog broja nastradalih mladih učesnika. Najmanje mladih učesnika u saobraćaju nastradalo je između 9 i 10 časova (23). Izraženo stradanje mladi imaju i u vremenu od 18 do 20 časova, kada je nastradalo 223 lica ili 11,7%, kao i od 23 do 00 časova sa 118 nastradalih ili 6,2%.

### 5.5. Struktura nastradalih mladih učesnika u saobraćaju prema vrsti saobraćajne nezgode

Mladi učesnici u saobraćaju najviše stradaju u nezgodama koje su okarakterisane kao bočni sudari, njih 410 ili 21,6%, zatim u sudarima iz suprotnih smerova 357 lica (18,8%). U sudarima pri vožnji u istom smeru nastradalo je 329 lica (17,3%). U nezgodama u kojima je nastupilo obaranje ili gaženje nastradalo je 292 lica (15,3%). Pri sletanju vozila sa puta i sletanju sa kolovoza i udar u objekat pored puta, ukupno je nastradalo 336 lica odnosno 17,7%.

### 5.6. Analiza nastradalih mladih učesnika prema mestu naseljenosti

Prostorna analiza nastradalih mladih učesnika u saobraćaju pokazuje da mladi najviše stradaju u naseljenom mestu, njih 1.622 ili 85,3%, dok je van naselja nastradalo 280 lica, odnosno 14,7%.

Posmatrano po pojedinačnim lokacijama, najviše nastradalih mladih učesnika u saobraćaju bilo je na „Bul. Oslobođenja" (126 lica), na „Futoškom putu" (62 lica), u ulici „Sentandrejski put" (55), zatim na „Bul. Cara Lazara" (52), na „Bul. Mihajla Pupina" (50), u ulici „Temerinski put" (44), u ulici „Futoška" (43) i na „Bul. Kralja Petra" (28), dok je na ostalim lokacijama u gradu Novom Sadu nastradalo ukupno 711 lica. Na navedenim lokacijama nastradalo je ukupno 460 lica, što čini skoro četvrtinu ukupno nastradalih mladih učesnika u saobraćaju na području opštine Novi Sad (1.902 lica).

### 5.7. Analiza nastradalih mladih učesnika u saobraćaju prema polu

Analiza nastradalih mladih učesnika u saobraćaju pokazuje da muški pol ima znatni izraženije stradanje od ženskog pola. Od ukupno 1.902 nastradala mlada učesnika u saobraćaju čak 1.210 ili 63,6% su muškog pola, dok ženski pol čini 36,4% ili 692 nastradala mlada učesnika.

## 6. MERE ZA POBOLJŠANJE BEZBEDNOSTI MLADIH U SAOBRAĆAJU

Novi zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, koji je stupio na snagu krajem 2009. godine, propisuje mere društveno-pedagoškog karaktera pre svega prema mladim vozačima (član 182; Probna vozačka dozvola). Neke od

opštih mera koje se odnose na poboljšanje bezbednosti saobraćaja su [3]:

- Probna vozačka dozvola – kojom se sistemski obezbeđuje postepeno osposobljavanje (saobraćajno sazrevanje) mladih vozača od lakših ka složenijim vozačkim zadacima, veća disciplina u saobraćaju, razvijanje pravilnih stavova, shvatanja i načina razmišljanja, zaštita od varki koje emituje sopstveni organizam i dr.
  - Novina koja se odnosi na upotrebu zaštitnih pojaseva, kako na prednjim tako i na zadnjim sedištim, uz doslednu primenu trebalo bi da smanji stradanje, naročito putnika.
  - Osnivanje Agencije za bezbednost saobraćaja u okviru Vlade, koja će imati autoritet i odgovornost za donošenje odluka, kontrolu resursa i koordinirati rad svih Vladinih sektora koje se bave bezbednošću saobraćaja
- Pored navedenih opštih mera, potrebno je sprovoditi i posebne mere zaštite kako mladih, tako i ostalih učesnika u saobraćaju. To podrazumeva:
- Efikasnija i potpunija priprema za saobraćaj-neophodno je da mladi steknu svest o prirodi, izvorima i domaćajima rizika u saobraćaju
  - Priprema dece (0-14 godina) za saobraćaj, dugoročno gledano ima efekte i u starijim kategorijama stanovništva
  - Pažljivo odabrani programi i multi-medijalne informacije i obrazovne kampanje posvećene mladima
  - Zabrana „friziranja" motocikla i bicikla sa pomoćnim motorom radi postizanja veće brzine
  - Uključivanje u sistem edukacije i prevencije razne društvene organizacije koje okupljaju omladinu
  - Posebne akcije vezane za neprilagođenu brzinu kretanja i dejstva alkohola na organizam i drugo
- Ove mere mogu doprineti većoj bezbednosti mladih u saobraćaju sa ciljem da se njihovo učešće u saobraćajnim nezgodama svede na minimum.

## 7. LITERATURA

- [1] Republički zavod za statistiku, Konačni rezultati popisa, 2002.
- [2] INIĆ, M.: Bezbednost drumskog saobraćaja, Novi Sad, 2004.
- [3] \*\*\* Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, Beograd, 2009.
- [4] MANOJLOVIĆ, S.: Diplomski-master rad „Obeležja stradanja dece u saobraćaju na području Novog Sada", Novi Sad, 2010.

### Kratka biografija:



**Dragan Trivunović** rođen je u Livnu 1985. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj odbranio je 2010. godine.



**Dragan Jovanović** rođen je u Zrenjaninu 1974. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god., a od 2006 je zvanju docent. Oblast interesovanja je bezbednost saobraćaja.

**MERNA NESIGURNOST KONTROLE KOČNICA NA TEHNIČKOM PREGLEDU VOZILA****MEASURING UNCERTAINTY OF BRAKE TESTING DURING TECHNICAL INSPECTION OF THE VEHICLES**Gordana Ivanišević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazano je istraživanje uticaja petostrukog uzastopnog postupka kočenja na razliku kočnih sila na točkovima prednje osovine. Data je teorijska osnova o kočenju i analiza izvršenog merenja sa predlogom mera za povećanje tačnosti mernih rezultata.

**Abstract** – This paper describes influence of quintuple sequential braking procedure on difference between braking forces on front axle wheels. There are theoretical basis about braking and analysis of achieved measurment, with several propositions of improvement.

**Ključne reči:** Kočenje, tehnički pregled motornih vozila, razlika sila kočenja na točkovima prednje osovine

**1. UVOD**

Svaki čovekov izum, ma koliko da je epohalan i značajan, potpuno je beskorisan, a često i katastrofalan za čoveka i prirodu ako nije u mogućnosti da se pokrene, upravlja i zaustavi u željenom vremenu i prostoru.

Motorno vozilo, kao izvanredan sklop nekoliko hiljada različitih delova, osmišljen, konstruisan i razvijan da služi svome tvorcu, predstavlja nerazdvojni deo današnjeg čoveka, ali i koban i tragičan genijalni izum. Može se reći da je kočni sistem jedan od najznačajnijih sistema u motornom vozilu jer direktno utiče na saobraćajnu bezbednost, a zavisi od sopstvenih elemenata, karakteristika kolovoza i od elemenata čovekove odluke i pokreta. Pred kočni sistem vozila postavljen je odgovoran zadatak da prevodi pritisak na kočnicu do usporavanja vozila. Tehnički pregled je jedina obavezna mera kontrole ispravnosti svih motornih vozila, gde se s razlogom najviše pažnje posvećuje kočnom sistemu.

Predmet ovog rada je uticaj broja uzastopnih ponavljanja postupka kočenja na izmerene kočne sile vozila. Cilj rada je utvrđivanje i analiza odstupanja izmerenih vrednosti kočnih sila, pri više uzastopnih merenja obavljenih pri nepromenjenim uslovima ispitivanja.

**2. KOČENJE**

Kočenje automobila predstavlja suprotan proces od ubrzavanja. Kočenje se vrši pomoću uređaja ili sistema za kočenje, tj. specijalnog uređaja kojim je opremljeno svako vozilo. Od efikasnosti uređaja za kočenje, tj. od mogućnosti zaustavljanja automobila na što kraćem delu

puta, zavisi brzina automobila u određenim uslovima saobraćaja, pa i maksimalna brzina na otvorenom putu. Vozilo sa boljim efektom kočenja može da razvije u eksploataciji veće srednje brzine kretanja.

Zato se kočne osobine mogu smatrati delom ukupnih dinamičkih osobina automobila. [5] Sistem za kočenje je deo donjeg postroja, koji služi za usporavanje, prema potrebi do zaustavljanja vozila, kao i za obezbeđivanje od neželjenog pomeranja zaustavljenog ili parkiranog vozila.[3] Znači, zadatak sistema za kočenje je da bezbedno i sigurno zaustavi vozilo, kao i da, po potrebi, smanji brzinu kretanja. Sistem za kočenje kinetičku energiju vozila pri usporavanju pretvara u toplotu.

U zavisnosti od potrebe i okolnosti, vozilo se može zaustavljati laganim, umerenim i ravnomernim ili forsiranim kočenjem, pa tako postoje četiri karakteristična režima kočenja: kočenje u slučaju iznenadne opasnosti, normalno, delimično i kočenje vozila u stanju mirovanja.

**3. KOČNICE**

Kočni mehanizam, odnosno kočnice, kao podsistem sistema za kočenje, u cilju usporavanja vozila, ima zadatak da pretvori kinetičku energiju vozila u toplotnu, i to usled sile trenja koja nastaje između pokretnih elemenata, vezanih za točkove i nepokretnih, vezanih za vozilo. Ova sila trenja dovodi do trenja između podloge i točka, što dovodi do zaustavljanja vozila.

Po propisima, svako motorno drumsko vozilo mora da ima dve, međusobno potpuno nezavisne kočnice. Na jedan sistem deluje se rukom, preko ručne poluge, a na drugi nogom, preko pedale. Frikcione kočnice se mogu podeliti prema načinu konstrukcije na disk i doboš kočnice.

Doboš kočnica je sastavljena od doboša (bubnja) i polukružnih čeljusti za kočenje. Kad se koči doboš, znači da se zaustavlja i okretanje točka. Trenje, koje je potrebno za kočenje, ostvaruje se sa unutrašnje strane doboša i čeljusti kočnice, smeštene na nosaču kočnice.

Disk kočnice pripadaju grupi aksijalnih kočnica, za razliku od radialnih doboš kočnica. Prvo su bile primenjivane na avionima, da bi se tokom niza godina usavršavale, do danas. Osnovne komponente disk kočnica su disk i stega (čeljust). Princip kočenja se sastoji u tome da disk obuhvata stega, koja, kao kleštima pri kočenju pritiska disk. Glavne prednosti disk kočnica su: nije potrebno podešavanje rastojanja zbog trošenja, zamena je vrlo jednostavna, efikasnost im se ni pri dugotrajnom kočenju usled povišene temperature ne smanjuje. Najvažniji nedostaci su da je za kočenje

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio profesor dr Ferenc Časnji.

potrebno uložiti veću silu i da je otežano izvođenje ručne kočnice.

#### 4. ZAKONSKA REGULATIVA O ISPRAVNOSTI KOČENJA

Pravilnikom o dimenzijama, ukupnim masama i osovinskom opterećenju vozila i o osnovnim uslovima koje moraju da ispunjavaju uređaji i oprema na vozilima u saobraćaju na putevima, predviđeni su tehnički normativi koje mora da ispunjava kočioni sistem motornih i priključnih vozila [2]. Određeno je da pri upotrebi radne i pomoćne kočnice razlika sile kočenja na točkovima iste osovine ne sme biti veća od 20%, pri čemu se za osnovu izračunavanja uzima procent od veće sile.

Razlika sila kočenja na točkovima iste osovine računa se pomoću obrasca:

$$R = \frac{F_1 - F_2}{F_1} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

gde je:

R - razlika sila kočenja na točkovima iste osovine [%],

F<sub>1</sub> – veća sila kočenja na točku iste osovine,

F<sub>2</sub> – manja sila kočenja na točku iste osovine (daN). [4]

#### 5. TEHNIČKI PREGLEDI MOTORNIH VOZILA

Tehnički pregledi predstavljaju specifičan oblik preventivnog delovanja u pravcu veće bezbednosti svih učesnika u drumskom saobraćaju, gde se utvrđuje da li vozilo ima sve propisane uređaje i opremu, da li su ti uređaji i oprema ispravni i da li ispunjavaju ostale propisane uslove normative da bi mogli da učestvuju u saobraćaju. Jedan od glavnih ciljeva tehničkog pregleda je utvrđivanje elementarnih neispravnosti vozila, koje su direktno uzrok saobraćajne nezgode. Tehnički pregledi motornih i priključnih vozila su najznačajnija i najpotpunija mera kontrole bezbednosti vozila. Jedina su mera u vezi sa vozilom, koja se sistematski sprovodi u određenim vremenskim intervalima i praktično predstavlja selekciju motornih i priključnih vozila, tj. utvrđuje koja vozila zbog svoje tehničke ispravnosti mogu, a koja ne mogu u saobraćaj [1].

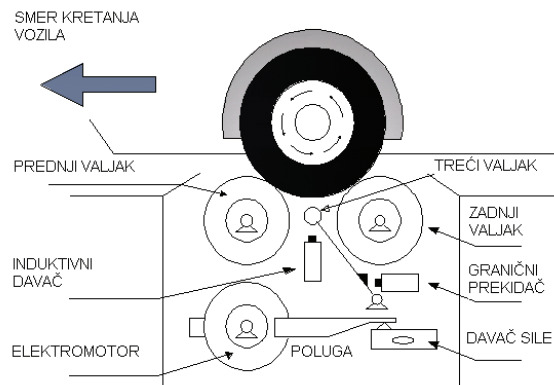
#### 6. ELEKTRONSKI MERNI SISTEM ZA ISPITIVANJE KOČNICA EMS-3D

Elektronski merni sistem za ispitivanje kočnica motornih vozila EMS 3D sastoji se iz:

1. valjka sa pogonskim elektromotorima i reduktorima,
2. energetskog ormara,
3. merno-upravljačkog dela sa mikroprocesorom i daljinskim upravljačem i
4. PC-računara sa štampačem.

Uređaj EMS 3D je elektronski digitalni merni sistem, namenjen za ispitivanje kočnica motornih i priključnih vozila pomoću uređaja sa valjcima, za proveru sile kočenja po obodu točka. Uređaj meri kočionu silu, tj. obimnu silu ostvarenu između pneumatika vozila i pogonskog valjka uređaja, na osnovu reaktivnog

momenta ostvarenog na pogonskom elektromotoru. Principijelna šema mehaničkog dela uređaja prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Principijelna šema mehaničkog dela uređaja

#### 7. ISTRAŽIVANJE MERNE NESIGURNOSTI UREĐAJA ZA KONTROLU ISPRAVNOSTI KOČNICA NA TEHNIČKOM PREGLEDU

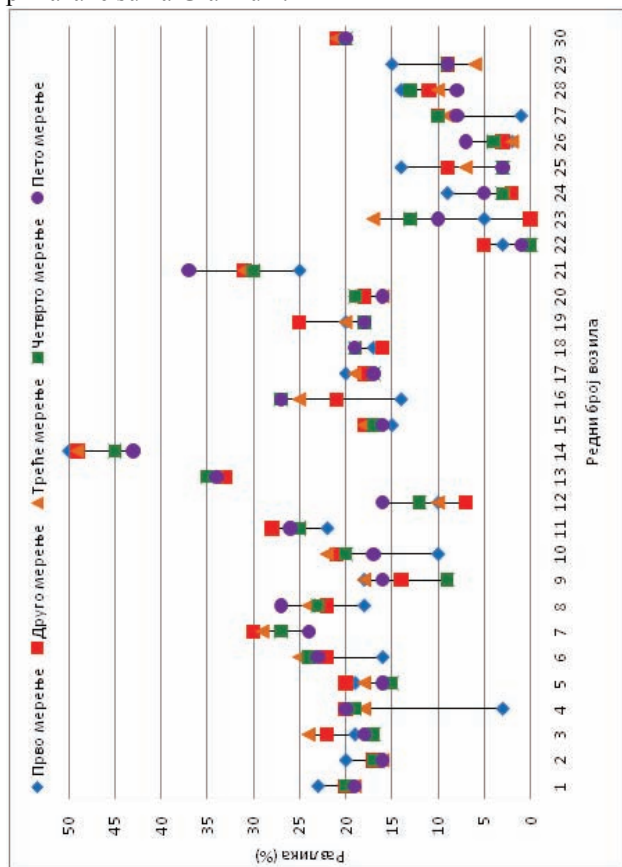
Prilikom provere ispravnosti kočnica na tehničkom pregledu motornih vozila pojavljuju se različite izmerene vrednosti merenih veličina pri ponavljanju merenja. Svako vozilo može da ima različite izmerene sile kočenja u svakom od merenja, što je posebno značajno u slučaju kada glavni cilj tehničkog pregleda, utvrđivanje tehničke ispravnosti vozila, zavisi od broja obavljenih merenja.

Merni rezultat je izražena vrednost merne veličine, a dobija se od jedne ili više vrednosti jedne merne veličine. Merni rezultati sadrže manju ili veću grešku, čak i kod najpreciznijih merenja. Stoga, da bi se što preciznije i pouzdanije odredila stvarna vrednost merne veličine, merenja se ponavljaju više puta. Merna nesigurnost je parametar pridružen mernom rezultatu, koji opisuje rasipanje vrednosti koje se mogu razumno pripisati merenoj veličini. Izvori merne nesigurnosti predstavljaju sve pojave koje doprinose nesigurnosti i činjenici da se merni rezultat ne može opisati jednom vrednosti. U praksi egzistira veliki broj mogućih izvora nesigurnosti [6].

Istraživanje uticaja višestrukog uzastopnog ponavljanja postupka kočenja na tehničkom pregledu vozila na promenu razlike kočnih sila na prednjoj osovini tih vozila obavljeno je u periodu od 3.8 do 27.8.2009. godine. Istraživanje je obuhvatilo proveru 30 vozila u stanici za tehnički pregled. Vozila su ispitana tako što je postupak provere ispravnosti kočnih sila na točkovima prednje osovine na valjcima ponavljan po pet puta za svako vozilo, pri čemu je vođeno računa da uslovi budu jednaki za svako ponavljanje. Pod jednakim uslovima ispitivanja podrazumevju se pet uzastopnih merenja na istim valjcima, jednaka težina vozila (prazno vozilo sa težinom rukovaoca) i približno nepromenjen položaj rukovaoca vozila pri ispitivanju.

Cilj ovog istraživanja je utvrđivanje merne nesigurnosti uređaja sa obrtnim valjcima za proveru ispravnosti kočnica, i to ponavljanjem postupka kočenja, a zatim upoređivanjem i obradom mernih rezultata razlike sila kočenja na točkovima prednje osovine.

Vrednosti razlike sila kočenja svih ispitanih vozila, prikazane su na Grafiku 1.



Grafik 1. Promene vrednosti razlike sila na točkovima prednje osovine prilikom ponavljanja merenja

### 7.1. Metodi obrade mernih rezultata

Za obradu mernih rezultata ovog istraživanja koriste se sledeći statistički parametri:

- Aritmetička sredina ili srednja vrednost je ujedno i uporedna vrednost za sve ostale pojedinačne vrednosti. Za razliku sile kočenja na točkovima prednje osovine iznosi:

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i \quad [\%], \text{ gde je} \quad (2)$$

$\bar{\Delta}$  - aritmetička sredina,

$n$  - broj merenja,

$\Delta_i$  - rezultati pojedinačnih merenja za razliku sila kočenja.

- Standardna devijacija ili standardno odstupanje predstavlja srednje odstupanje pojedinačnih rezultata merenja za razliku sila kočenja od njihove aritmetičke sredine. Za razliku sile kočenja na točkovima prednje osovine iznosi:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2} \quad [\%] \quad (3)$$

- Nepouzdanost za sigurnost od 95% se računa sledećom formulom:

$$C_{(p=0,95)} = \pm \frac{ts}{\sqrt{n}} \quad [\%], \text{ gde je} \quad (4)$$

$C_{(p=0,95)}$  - nepouzdanost zasigurnost od 95%,

$t$ -faktor Studentove raspodele, koji za 5 merenja ima vrednost 2,776.

- Rezultat merenja se može izraziti u sledećem obliku:

$$\Delta = \Delta_{(p=0,95)} = \bar{\Delta} \pm C \quad [\%], \text{ gde je} \quad (5)$$

Nepouzdanost  $C$  sa jednakom verovatnoćom može imati i pozitivan i negativan predznak.

- Relativna nepouzdanost iznosi:

$$c_r = \frac{C}{\bar{\Delta}} \quad (6)$$

- Konačan rezultat obrade mernih podataka ima sledeći oblik:

$$\Delta = \bar{\Delta}(1 + c) \quad [\%] \quad (7)$$

## 8. ANALIZA UTICAJA BROJA PONAVLJANJA NA TEHNIČKU ISPRAVNOST ISPITANIH VOZILA

Posmatrajući ispitivana vozila i uzimajući u obzir Zakonom propisano pravilo o maksimalnoj razlici kočnih sila na istoj osovini od 20 % za putničke automobile, dolazi se do sledećih zaključaka: 17 vozila (56,6 % od ukupnog broja ispitanih vozila) je prilikom svih 5 merenja, zadovoljilo dozvoljeni procenat razlike sila na prednjoj osovini; 5 vozila (16,7 %) ni u jednom merenju nije zadovoljilo vrednost najveće dozvoljene razlike; 8 vozila (26,7%) tokom petostrukog merenja prelaze iz tehnički ispravnog u tehnički neispravno stanje, tj. Ispretni su u samo nekim od merenja.

Prosečne standardne devijacije ovih grupa vozila iznose:

- za tehnički ispravna vozila  $\bar{s}_{ispr} = 3,01 \%$ ,
- za tehnički neispravna vozila  $\bar{s}_{neispr} = 2,55 \%$
- za prelazna vozila  $\bar{s}_{prelazni} = 3,51 \%$ .

Kod tehnički neispravnih vozila pojedinačna odstupanja od prosečne izmerene vrednosti za svih pet merenja su najmanja. Tehnički ispravna vozila i vozila sa prelaznom ispravnosću kroz ponavljanja pokazuju veće i očiglednije nepravilnosti.

## 9. ANALIZA UTICAJA BROJA PONAVLJANJA NA RAZLIKU KOČNIH SILA U ODNOSU NA STAROST ISPITIVANIH VOZILA

Prosečna starost svih 30 ispitivanih vozila iznosi oko 13,5 godina. Podelom ispitanih vozila u više starosnih grupa, dobijaju se i prosečna pojedinačna odstupanja od srednje vrednosti razlike, koja iznose:

- za grupu vozila sa starošću do 7 godina  $\bar{s}_{<7} = 3,23\%$
- za vozila sa od 8 do 14 godina starosti  $\bar{s}_{8-14} = 3,01\%$
- za vozila sa od 15 do 20 godina starosti  $\bar{s}_{15-20} = 2,72\%$
- za vozila stara preko 21 godinu  $\bar{s}_{>21} = 2,91 \%$

Vozila starija od 15 godina pokazuju približnije međusobne vrednosti razlike sila kočenja na prednjoj osovini.

Kod najvećeg broja vozila rasipanje od srednje vrednosti je najmanje pri trećem merenju (kod 40 % ukupnog broja

vozila). Kod 46,7% ispitanih vozila najveća odstupanja od srednje vrednosti su kod prvog merenja.

## 10. UTVRĐIVANJE MERE NESIGURNOSTI I RASIPANJA POJEDINAČNIH VREDNOSTI OD PROSEČNE VREDNOSTI MERENJA

Raspon merne nesigurnosti za ispitana vozila je širok; vrednosti se kreću od  $\pm 0,68\%$  do  $\pm 9,08\%$ . Sa ovim rasponom ispravna vozila u jednim merenjima bi se mogla proglasiti neispravnim pri nekim od drugih merenja, i obrnuto. Rezultat merenja svih ispitanih vozila je:

$$\Delta = \bar{\Delta}_{(p=0.95)} = 17.79\% \pm 3.69\%$$

Pojedinačne vrednosti u velikoj meri odstupaju od rezultata ukupnog merenja, a kako postoje izdvojene tri grupe vrednosti parametara, rezultati se mogu prikazati na sledeći način:

1. prosečna merna nesigurnost prve grupe ( $C=0\div 2\%$ )  $c_{(p=0.95)}^1 = \pm 1.41\%$
2. prosečna merna nesigurnost druge grupe ( $C=2\div 4\%$ )  $c_{(p=0.95)}^2 = \pm 2.91\%$
3. prosečna merna nesigurnost treće grupe ( $C>4\%$ )  $c_{(p=0.95)}^3 = \pm 6.75\%$

Preveliko rasipanje mernih rezultata i različite vrednosti sila kočenja svakog ispitnog vozila pri nepromenjenim uslovima uzastopnih ponavljanja bi se mogle objasniti uticajem parametara stohastičnog karaktera. Neki od uticajnih faktora na rezultate merenja su: nehomogenost frikcionih osobina pneumatika i valjaka, dinamički uticajni faktori u toku merenja, masa vozila, sila aktiviranja komande kočnog sistema, temperatura frikcionih elemenata kočnica, temperatura i vlažnost pneumatika, stanje i uniformnost pneumatika na istoj osovini, neuniformnost radijalne elastičnosti i geometrije pneumatika, zazor i netačnosti izrade uređaja za ispitivanje i sistema za oslanjanje i upravljanje vozila, položaj vozila u odnosu na uzdužnu osu valjaka, ugao zakrenutosti upravljačkih točkova i drugi.

## 11. ZAKLJUČAK

Merna nesigurnost kontrole kočnica vozila na tehničkom pregledu je veoma velika. Na osnovu ispitivanja na uzorku od 30 vozila i po pet merenja za svako vozilo, merna nesigurnost u proseku iznosi  $\pm 3,69\%$ . Najveća izmerena merna nesigurnost iznosi  $\pm 9,08\%$ .

Istraživanje je takođe pokazalo da postoji uticaj broja ponavljanja na izmerene vrednosti kočnih sila vozila, što znači da nije svejedno da li se na valjcima tehničkog pregleda obavlja ispitivanje kočnih sila pri prvim ili pri nekim od pet merenja. Posebno značajan podatak je da je u ispitnom uzorku bilo 36,7 % vozila čija je razlika sila na prednjoj osovini kroz pet merenja prelazila iz tehnički ispravne u neispravne granice.

U cilju obezbeđivanja tačnih rezultata kontrole kočnica na tehničkom pregledu vozila, predlažu se sledeće mere:

- definisanje konačnih mernih rezultata (koeficijent kočenja, razlika kočnih sila na točkovima prednje i zadnje osovine) kao aritmetičku sredinu rezultata najmanje pet merenja,

- obezbeđivanje savremenih mernih uređaja za ispitivanje kočnih sila sa integrisanom vagom za merenje stvarne mase vozila,
- eliminisanje ljudskog faktora na promenu rezultata merenja,
- uvođenje obavezne kontrole nožne sile dinamometrom,
- uvođenje obavezne kontrole pritiska u pneumaticima,
- eliminisanje uticaja mehanike valjaka,
- savesno obavljanje dužnosti pojedinaca (vozača, kontrolora, nadzornika),
- standardizacija opreme u stanicama za tehnički pregled vozila,
- pridržavanje propisanih pravila vezanih za obavljanje kontrole kočnica,
- sprečavanje pojave da obrtni valjci različitih stanica za tehnički pregled mogu da pokažu znatne razlike u mernim rezultatima za isto vozilo.

Buduća istraživanja bi trebalo da obuhvate: ispitivanje prosečnih vrednosti razlike sila i koeficijenta kočenja na osnovu većeg broja vozila i sa više ponavljanja merenja, analizu stanja u dinamičkim uslovima vožnje i upoređivanje mernih veličina sa veličinama dobijenih na tehničkom pregledu, širu analizu i ocenu uticajnih faktora na efekat kočenja i faktora vezanih za opremu na tehničkom pregledu, efekat nekih od primenjenih mera za poboljšanje verodostojnosti mernih rezultata, u odnosu na prethodno stanje opreme i uticaje.

## 12. LITERATURA

- [1] Inić, M. (1991) „Bezbednost drumskog saobraćaja“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [2] Kostić, S. (2002) „Tehnike bezbednosti i kontrole saobraćaja“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [3] Materijali sa predavanja iz ispita „Drumska vozila“ Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [4] Periodični tehnički pregled kočnica, Zagreb 6.12.2001.
- [5] Simić, D. (1977) „Motorna vozila“ Naučna knjiga Beograd, Beograd
- [6] Seferović E., Bašić H.: Osnovi metrologije I obrade rezultata merenja, Mašinski fakultet, Sarajevo, 2005.

### Kratka biografija:



**Gordana Ivanišević** rođena je u Mostaru 27.8.1984. godine. Diplomski - master rad iz oblasti Saobraćaja – Drumski saobraćaj, odbranila je 2010. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

## RACIONALIZACIJA PROCESA SKLADIŠTENJA GOTOVIH PROIZVODA U PREDUZEĆU „KERAMIKA” KANJIŽA

### RATIONALIZATION OF FINAL PRODUCT WAREHOUSING IN COMPANY “KERAMIKA” KANJIZA

Uglješa Korica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** – Ovaj master rad obrađuje način unapređenja rada transportno-manipulativnog sistema u preduzeću „Keramika” Kanjiža koje se bavi proizvodnjom keramičkih pločica.

**Abstract** – This master paper processes an improvement method of internal system in the company “Keramika” Kanjiža which business activities are production of ceramic tiles.

**Ključne reči:** Skladištenje, racionalizacija, unutrašnji transport

#### 1. UVOD

Osnovne funkcije skladišnog podsistema u logističkom sistemu mogu se definisati kao čuvanje različitih materijalnih dobara sa ciljem da se obezbedi sinhronizacija procesa koji prethode i procesa koji se realizuju nakon skladištenja.[4] Zadatak skladištenja robe je njena vremenska promena, odnosno, vremensko odlaganje trenutka potrošnje ili druge operacije u transportnom lancu. Na bazi postojećih znanja i iskustava, definisan je cilj ovog rada. Zadatak ovog rada je da se na bazi funkcionisanja postojećeg skladišnog sistema gotovih proizvoda preduzeća „Keramika” Kanjiža izvrši analiza postojećeg stanja celokupnog skladišnog sistema, uoče potencijalne problemske tačke, sačini predlog mera za njihovo otklanjanje i na taj način ostvari unapređenje logističkog procesa skladištenja. Za referentni period posmatranja uzeti su mesec april, maj i jun 2009. godine. Na osnovu ovog vremena posmatranja mogla se uočiti određena dinamika rada preduzeća i pronalazi način za poboljšanje postojećeg režima poslovanja sa ciljem racionalizacije procesa skladištenja.

## 2. OPŠTE KARAKTERISTIKE LOGISTIKE PREDUZEĆA I NJENOG PODSISTEMA SKLADIŠTENJA

### 2.1 Definicija pojma logistike

Logistika predstavlja planiranje, organizovanje i kontrolisanje svih aktivnosti koje omogućavaju da proizvod prođe tok od sirovine do konačne potrošnje, kao i protok informacija koje poboljšavaju nivo usluge konzistentno sa troškovima vezanim za vreme i prostor u poboljšanju.

#### NAPOMENA:

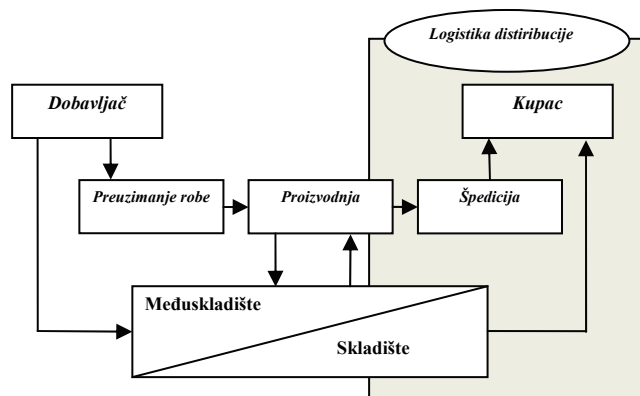
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Vladeta Gajić, red.prof.

Četiri faze koje su sastavni deo logističkog sistema preduzeća su:

1. logistika nabavke,
2. logistika proizvodnje,
3. logistika distribucije,
4. logistika pražnjenja.

### 2.2. Logistika distribucije

Logistika distribucije obavlja delatnosti vezane za tokove dobara od skladišta gotovih proizvoda u proizvodnom preduzeću do tržišta prodaje (tokovi proizvoda od proizvođača do kupca – potrošača posredstvom mreže skladišne isporuke) (slika 1.[1]).



Slika 1. Funkcionalno područje logistike distribucije

### 2.3. Logistika skladištenja

Skladištenje se može definisati kao planirana aktivnost kojom se materijal dovodi u stanje mirovanja, a koja uključuje fizički proces rukovanja i čuvanja materijala, kao i metodologiju za sprovođenje tih procesa.

#### 2.3.1. Osnovni principi u procesu skladištenja

Svaki od učesnika koji učestvuje u procesu skladištenja treba da bude upoznat sa osnovnim principima skladištenja kako bi se poslovanje u tom skladišnom sistemu odvijalo na najbolji mogući način. Osnovni principi skladištenja su:

- omogućiti brzu manipulaciju robom,
- očuvati vrednost robe,
- minimizirati troškove skladištenja,
- olakšati inventarisanje,
- omogućiti modifikaciju u planu rasporeda robe.

### 2.3.2. Skladišni sistem

Relevantni aspekti pomoću kojih se skladišni sistem može posmatrati i izučavati su:

1. tehničko-tehnološki aspekt,
2. ekonomski aspekt,
3. privredno-pravni aspekt skladištenja,
4. matematičko-statistički aspekt skladištenja,
5. sociološko-psihološki aspekt skladištenja.

### 2.3.3. Osnovni procesi u skladišnom sistemu

#### 2.3.3.1. Prijem i otprema robe

Proces prijema i otprema robe može se posmatrati kao:

- fizički prijem i otprema robe,
- kvantitativni prijem i otprema robe,
- kvalitativni prijem i otprema robe.

#### 2.3.3.2. Prerada robe

Pod komisioniranjem se podrazumeva spajanje određenih delova (artikala) u definisanim količinama izdvajanjem iz jedne pripremljene ukupne količine (asortiman) na osnovu informacije o potrebama. Pri tome se vrši transformacija početnog stanja, specifičnog sa aspekta skladištenja u jedno novo stanje, specifično sa aspekta potrošnje. Komisioniranjem i otpremom robe se završava proces skladištenja gotovih proizvoda.

#### 2.3.3.3. Čuvanje robe

Način na koji se robe čuva zavisi od karakteristika pojavnog oblika robe, funkcije koje skladište realizuje, primenjene tehnologije. Da bi proces čuvanja robe bio uspešan potrebno je da se realizuje nakupljanje robe u dovoljnim količinama zarad postizanja vremenskog usaglašavanja proizvodnje i upotrebe robe, a da pri tome, tokom mirovanja, na robu ne dolazi do promena koje bi uslovile smanjenje njene upotrebne vrednosti.

#### 2.3.4. Roba koja se skladišti

Prema pojavnom obliku roba koja se skladišti se najčešće razvrstava u četiri osnovne grupe:

- komadna roba,
- rasuta roba,
- tečna roba,
- gasovita roba.

Kod robe koja se skladišti bitno je da se pomene i objasni termin ambalaže. Ambalažom se naziva svaki obrađeni materijal u koji se može staviti proizvod u cilju očuvanja njegovih upotrebnih svojstava u toku transporta, skladištenja i prodaje.

#### 2.3.5. Skladišna oprema

Skladišna oprema obuhvata opremu koja se ugrađuje u objekat (regali), zatim sredstva koja se koriste za mehanizaciju skladišnih operacija, i na kraju sva pomoćna oprema koja se tokom skladišnih procesa koristi. Širok asortiman opreme koja se koristi za operacije u skladištu, skladištenje velikog broja jedinica roba, utiče na oblikovanje skladišnih objekata i uslovljava obavezu dobrog koordinisanja i pažljiv izbor međusobno kompatibilnih kombinacija ovih elemenata.

### 2.3.6. Metode raspodele robe u skladištu i skladišna tehnika

Metode rasporeda robe u skladištu trebaju da reše jedan od najvažnijih problema racionaliziranja skladišnog prostora tj. treba da pruže odgovor na dilemu kako pravilno popuniti i iskoristiti skladišni prostor neophodnim zalihama robe. U praksi se najčešće mogu sresti sledeće metode rasporeda robe:

1. fiksni/abecedni raspored,
2. modifikovani fiksni/abecedni raspored,
3. haotični raspored,
4. modifikovani haotični raspored,
5. raspored na osnovu koordinatnog sistema i
6. raspored na osnovu ABC klasifikacije.

### 2.3.7. Transportno-manipulativna sredstva

Osim paleta i raznih vrsta regala i transportna sredstva su od velikog značaja za uspešnu realizaciju procesa skladištenja. Upotrebom mehaničkih transportnih sredstava omogućuje se racionalnije poslovanje. Sama sredstva imaju dvostruki zadatak, a to je da olakšaju manipulaciju robom i da obave prevoz robe.

### 2.4. Zalihe

Zalihe se mogu definisati kao sve količine materijalnih dobara koje se nabavljaju sa ciljem da se mogu iskoristiti u momentu kada se ukaže potreba za njima. Sistem zaliha optimalno funkcioniše ako uz mogući minimum vezivanja obrtnih sredstava, radne snage i energije, daje mogući maksimum pogodnosti koje formiranje zaliha uopšte pruža [2].

#### 2.4.1. Relevantni troškovi zaliha

Tri opšte klase troškova su važne za određivanje politike zaliha: troškovi nabavke, troškovi držanja i troškovi nedostatka proizvodima na zalihama.

## 3. OPŠTE KARAKTERISTIKE POSLOVANJA PREDUZEĆA „KERAMIKA” KANJIŽA

Keramika iz Kanjiže je jedna od vodećih fabrika keramičkih pločica u zemlji i regionu. Komplex preduzeća A.D. Keramika Kanjiža smešten je u industrijskoj zoni naselja. Fabrika keramičkih pločica Keramika A.D. iz Kanjiže osnovana je 1980 godine. Proizvodnjom keramičkih pločica od preko 2.5 miliona m<sup>2</sup> godišnje, Keramika Kanjiža je postala jedan od prepoznatljivih lidera u svojoj delatnosti.

### 3.1. Proizvodni program

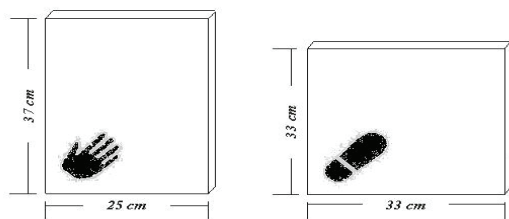
Proizvodni program čine (slika 2.):

- zidne pločice,
- podne pločice i
- keramička galanterija.

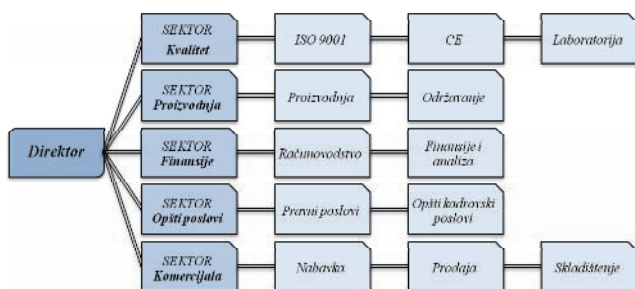
### 3.2. Organizaciona struktura

U proizvodni proces koji se odvija u dve stalne smene i trećoj smeni koja obezbeđuje kontinuitet rada peći, trenutno je uključeno nešto preko 230 radnika

angažovanih po ugovoru o delu. Zaposleni su različitih obrazovnih profila (dipl. ing. mašinske, elektro i tehnološke struke, dipl. ekonomisti, prodavci, serviseri, magacioneri i ostali).(slika 3)



Slika 2. Skica zidne i podne pločice



Slika 3. Organizaciona struktura preduzeća „Keramika“ Kanjiža

### 3.3. Osnovni zadaci sistema skladištenja

Skladištenje predstavlja proces koji obuhvata prijem robe, čuvanje i izdavanje za potrebe korisnika. Osnovni zadaci sistema skladištenja u preduzeću „Keramika“ su:

- Adekvatan prijem i izdavanje robe,
- Čuvanje u skladu sa propisima i zahtevima pojedinih roba,
- Korektno vođenje skladišne dokumentacije,
- Organizacija transporta robe u skladištu.

## 4. ANALIZA POSTOJEĆIH PROCESA SKLADIŠTENJA GOTOVOIH PROIZVODA U PREDUZEĆU „KERAMIKA“ KANJIŽA

### 4.1. Karakteristike proizvoda koji se skladište

Osnovni proizvodi na kojima se zasniva rad su zidne i podne pločice, kao i keramička galanterija. Preduzeće „Keramika“ za pakovanje svojih proizvoda koristi papirnu ambalažu (kartonske kutije). U skladištu gotovih proizvoda preduzeća „Keramika“ se koriste drvene euro palete, čije su dimenzije 800 x 1200 mm. Paleta je tako konstruisana da podloga ima otvore sa njene bočne strane, kako bi viljuška podizača mogla da se podvuče u paletu radi podizanja i prenošenja.

### 4.2. Tehnologija skladištenja

U okviru fabričkog kruga preduzeća „Keramika“ izdvojeno od same proizvodnje nalazi se skladište gotovih proizvoda. Prostor koji je namenjen za skladištenje u potpunosti zadovoljava prostorne potrebe za sadašnji obim proizvodnje.

Zatvoreno skladište je u sklopu proizvodne hale, koristi se za skladištenje paletnih jedinica na kojima su upakovane

zidne pločice. U deo zatvorenog skladišnog prostora spada i magacin. Otvoreno skladište je izgrađeno od asfaltiranog ili betonskog materijala tako da podloga može da izdrži opterećenja koja se javljaju usled mirovanja zaliha gotovih proizvoda, kretanja sredstava unutrašnjeg i spoljnog transporta.

Skladište gotovih proizvoda preduzeća „Keramika“ koristi transportno-manipulativna sredstva od proizvođača „Toyota“ i „Clark“. Skladište poseduje tri viljuškara „Toyota“ proizvođača i jedan viljuškar „Clark“ proizvođača, kao i jednu dizalicu (ručni viljuškar) na električni pogon.

### 4.3. Slaganje robe u skladištu gotovih proizvoda

Slaganje robe na odgovarajuću lokaciju u skladištu i oprema koja se pri tome koristi predstavljaju prvi korak ka uštedi vremena i novca, kao i u unapređenju produktivnosti funkcionisanja skladišta.

### 4.4. Karakteristike zaliha gotovih proizvoda

U ovom radu će se zalihe analizirati kroz njihovu strukturu i postojeći nivo, bez pretenzije da se utvrdi da li je to potreban nivo zaliha i da li su zalihe koje se skladište optimalne. U cilju izdvajanja reprezentativnih uzoraka korišćena je ABC analiza.

Proces dopremanja robe u skladište gotovih proizvoda - najveća doprema zabeležena u mesecu (april) najveće proizvodnje zidnih pločica, dok se prosečno u ovo skladište dopremi 110 paletnih jedinica zidnih pločica za posmatrani tromesečni period. Prosečna dnevna doprema, za posmatrani period, podnih pločica u otvoreno skladište je 76 paletnih jedinica.

Najveća prodaja zidnih pločica ostvarena je u maju, a najmanja u aprilu. Najmanja prodaja podnih pločica ostvarena je u aprilu, a najveća u junu.

Osnovni pokazatelji zaliha gotovih proizvoda:

- Prosečan nivo zaliha (prosečan nivo zaliha nije računat, već su podaci preuzeti iz internih dokumenata preduzeća).
- Koeficijent obrta zaliha (vreme obrta posmatrano za čitav asortiman iznosi 85 dana).

Troškovi sredstava vezanih za zalihe predstavljaju troškove nastale usled posedovanja određenog nivoa zaliha u nekom vremenskom periodu. Svako posedovanje zaliha iziskuje neka novčana sredstva koja su zarobljena u zaliham. Troškovi skladištenja predstavljaju troškove nastale opsluživanjem skladišnog prostora, kao i troškove amortizacije skladišta ili zemljišta, i sl.

### 4.5. Transportno-manipulativni sistem

#### 4.5.1. Osnovni parametri rada viljuškara

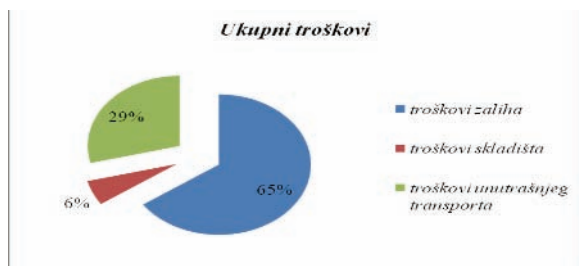
Osnovni parametri rada viljuškara u konkretnom slučaju su:

- Put sa teretom u toku dana,
- Put bez tereta u toku dana,
- Vreme obrta,
- Vreme angažovanja,
- Proizvodnost viljuškara.

U dobijenim podacima se može uočiti da u toku dana viljuškari u radu sa zidnim pločicama pređu prosečan put od 15027 metara što predstavlja 60% ukupno pređenog puta, dok u radu sa podnim pločicama taj put iznosi 9980 metara. Vreme angažovanja jednog viljuškara u radu sa zidnim pločicama iznosi 131 minut, a u radu sa podnim pločicama je 79 minuta.

#### 4.5.2. Troškovi angažovanja viljuškara

Ukupni troškovi se mogu izračunati kao suma troškova držanja zaliha ( $T_z$ ), troškova skladištenja ( $T_s$ ) i troškova unutrašnjeg transporta ( $T_{ut}$ ). (slika 4.)



Slika 4. Element ukupnih troškova

### 5. IDENTIFIKACIJA PROBLEMSKIH TAČAKA

Kako bi se racionalizacija skladištenja gotovih proizvoda uspešno sprovedla, što je u ovom radu i cilj, potrebno je izvršiti istraživanje gde se očekuju bilo kakvi nedostaci u realizaciji tehnoloških zahteva.

Identifikovane su problemske tačke u delu skladišnog podsistema za skladištenje ovih proizvoda su:

1. Mesto odlaganja robe,
2. Unutrašnji transport,
3. Saobraćajnice u okolini pogona za pakovanje i skladišta unutra proizvodne hale,
4. Neplanski organizovana prodaja i otprema robe,
5. Nepostojanje naloga za komisioniranje,
6. Nepostojanje dovoljnog broja utovarnih frontova,
7. Neiskorišćenost viljuškara u povratnim vožnjama,
8. Metoda komisioniranja.

### 6. ANALIZA MOGUĆNOSTI RACIONALIZACIJE I PREDLOGA MERA ZA UNAPREĐENJE

Kriterijum za izbor problemskih tačaka koje će biti rešavane u ovom radu je visina investicionih ulaganja za njihovo rešavanje. Predložene će biti samo one mere za koje investiciona ulaganja nisu potrebna, ili su ta ulaganja mala. Problemske tačke za koje su potrebna investiciona ulaganja neće biti razmatrane obzirom na ekonomsku situaciju (krizu). Takođe, potrebno je prvo sagledati efekte koje donosi racionalizacija sa merama koje ne zahtevaju investiciona ulaganja, i tek u slučaju nezadovoljavajućih rezultata pristupiti sprovođenju mera za koje je potrebno obezbediti ulaganja.

### 7. EFEKTI PREDLOŽENIH MERA

Predloženi prostorni razmeštaj artikala u skladištima gotovih proizvoda donosi brojne efekte među kojima su najznačajniji:

- Pređeni put viljuškara pri dopremi i otpremi proizvoda može biti za 38.52% kraći nego što je do trenutno, što prevedeno u metre iznosi 9434 metara.
- Vreme angažovanja dizel viljuškara se smanjuje za 27.3 % ili 222 minuta.
- Manje pređeni put viljuškara i kraće vreme angažovanja, donosi manju potrošnju goriva, što dnevno čini 30 litara, ili 630 litara mesečno.
- Manji broj viljuškara na radu (umesto dosadašnja 4 dizel viljuškara, moguće je organizovati uskladištenje i otpremu sa 2 dizel viljuškara)
- Veća proizvodnost viljuškara
- Ekonomski efekti (u tromesečnom periodu donosi uštedu od 5355 €)

### 8. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog rada bio je da se izvrši analiza mogućnosti racionalizacije skladištenja u preduzeću „Keramika“ i da se da predlog mera za unapređenje. Mere za unapređenje procesa skladištenja, koje su predložene u ovom radu, odnose se na rad transportno-manipulativnih sredstava, unapređenjem korišćenja strategije upravljanja zalihama, uvođenjem promena u način komisioniranja. Racionalizacijom procesa skladištenja gotovih proizvoda u preduzeću „Keramika“ Kanjiža, mogu se ostvariti neki od sledećih efekata: ušteda u radu vozila unutrašnjeg transporta, kraće vreme angažovanja, smanjenje pređenog puta, manji broj dizel viljuškara na radu, itd...

### 9. LITERATURA :

- [1] Gajić, V., Logistika preduzeća, izvod iz predavanja, Novi Sad, 2003.
- [2] Nikoličić, S., Integralni transport, izvod iz vežbi, Novi Sad, 2002
- [3] Suvajdžić, S., Mehanizacija pretovarno – transportnih radova primenom sredstavacikličnog tehnološkog postupka, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1985
- [4] Vukićević, S., Skladišta, Preving, Beograd, 1995

#### Kratka biografija:



**Uglješa Korica** rođen je u Senti 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja odbranio je 2010. godine.

## UTVRĐIVANJE KARAKTERISTIČNIH POLOŽAJA TELA PEŠAKA ZA POTREBE EKSPERTIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

### DETERMINATION CHARACTERISTIC BODY POSITIONS OF PEDESTRIANS FOR EXPERTISE TRAFFIC ACCIDENTS

Marija Vučić, Svetozar Kostić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast - SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** - U radu su obrađeni karakteristični položaji pešaka usled naleta vozila. Osnovni cilj rada je bio da se sprovede istraživanje naletnih položaja pešaka na realnom modelu, da bi se utvrdili karakteristični uglovi između pojedinačnih delova tela u svim karakterističnim naletnim položajima, kako bi se isti mogli modelirati u programu PC Crash, koji je jedan od najčešće korišćenih softvera za rekonstrukciju i simulaciju saobraćajnih nezgoda.

**Ključne reči:** Povrede, pešaci, nalet vozila.

**Abstract** – This paper considers typical positions of pedestrians due to stroke vehicles. The main objective of this study was to conduct research collision position of pedestrian on real model to determine the characteristic angles between the individual body parts in all the characteristic positions, so the same could be modeled in PC Crash, which is one of the most commonly used software for reconstruction and simulation of traffic accidents.

**Key words:** injury, pedestrians, stroke vehicles.

#### 1. UVOD

Čovečanstvo trpi velike gubitke od negativnih posledica saobraćaja. Ovi gubici dolaze do izražaja u ekonomski razvijenim zemljama, gde godišnje 12.000.000 ljudi biva povređeno, pogine 250.000 ljudi, od toga preko 100.000 pešaka. Navedeni podaci se odnose na gubitke u drumskom saobraćaju [1].

Pešaci predstavljaju najranjiviju kategorija učesnika u saobraćaju. Jedino su pešaci učesnici u saobraćaju koji nisu obavezni da imaju ikakva znanja u vezi saobraćajnih propisa, i pravila saobraćaja, što često dovodi do situacija da vozač ne može predvideti pojavu pešaka niti njihovo kretanje.

Za pojedine tipove naleta vozila na pešaka karakteristične su određene povrede koje pešak može da zadobije u različitim tipovima naleta vozila, a na osnovu kojih se može približno utvrditi u kom se položaju pešak nalazio neposredno pre naleta.

U radu su opisane sve karakteristične povrede i svi mogući naletni položaji, koji su neophodni za pravilnu analizu naleta vozila na pešaka.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je dr Svetozar Kostić, red.prof.

Osnovni cilj rada je bio da se sprovede istraživanje naletnih položaja pešaka na realnom modelu, da bi se utvrdili karakteristični uglovi između pojedinačnih delova tela u svim karakterističnim naletnim položajima, kako bi se isti mogli modelirati u programu PC Crash, koji je jedan od najčešće korišćenih softvera za rekonstrukciju i simulaciju saobraćajnih nezgoda.

Uvrštavanjem karakterističnih naletnih položaja u simulaciju predmetne saobraćajne nezgode moguće je utvrditi u kom se od definisanih naletnih položaja nalazio pešak, na koju je stranu bio okrenut u odnosu na vozilo, i na koju je nogu bio oslonjen na kolovoz u trenutku kontakta sa vozilom.

#### 2. OSNOVNE VRSTE NALETA VOZILA NA PEŠAKA

Nalet vozila na pešaka je svaki kontakt tela pešaka sa vozilom koje je u pokretu. Na kinematiku naleta vozila na telo pešaka utiču način i brzina kretanja vozila i pešaka, kao i oblik vozila i delova vozila sa kojima telo pešaka dolazi u dodir. U zavisnosti od toga, razlikujemo više vrsta naleta vozila na pešake (slika 1) [2].



Slika 1. Vrste naleta vozila na pešake

#### 3. ANALIZA NALETA VOZILA NA PEŠAKA

##### 3.1. ANALIZA POVREDA PEŠAKA KOJE NASTAJU PRI NALETU VOZILA NA PEŠAKA

Veštak medicinske struke (lekar određene specijalnosti) na osnovu detaljnog pregleda povređenih lica u saobraćajnim nezgodama treba da raščlani povrede po načinu i redosledu nanošenja [3]. U toku naleta vozila na pešaka dolazi do niza povreda na telu pešaka, koje s obzirom na redosled nastajanja mogu biti:

- primarne
- sekundarne i
- tercijalne

#### **a. Primarne povrede pešaka**

Prilikom prvog kontakta vozila sa telom pešaka, nastaju primarne povrede pešaka. Mesto na kom će nastati povreda na telu pešaka zavisi od visine pešaka, ali još više od oblika čeonog dela vozila.

U primarne povrede spadaju:

- krvni podlivi
- dekolman
- razdor mišića
- oguljotine kože
- rane
- prelomi.

#### **b. Sekundarne povrede pešaka**

Nakon primarnog kontakta motornog vozila sa pešakom, pri određenim naletnim brzinama dolazi do nabacivanja tela pešaka na prednje delove motornog vozila (poklopac motora ili prtljaga, vetrobransko staklo, prednji deo krova vozila). Povrede koje nastaju tom prilikom, uglavnom nastaju na gornjem delu tela pešaka i nazivaju se sekundarnim povredama.

U sekundarne povrede spadaju:

- Povrede glave
- Povrede vrata
- Povrede organa i kostiju grudnog koša
- Povrede kostiju i organa trbušne duplje.

#### **c. Tercijalne povrede pešaka**

U tercijalne povrede pešaka spadaju sve one povrede koje nastanu, pošto se telo pešaka odvoji od motornog vozila sa kojim je bilo u kontaktu u toku naleta.

### **3.2 FAKTORI KOJI UTIČU NA KINEMATIKU NALETA VOZILA NA PEŠAKA**

#### **3.2.1. Uticaj položaja noge pešaka**

Na mesto udara glave pešaka u vozilo odnosno na naleganje tela pešaka na vozilo najveći uticaj ima položaj noge pešaka neposredno pre sudara. Uticaj brzine i oblik vozila je znatno manji [6].

Udar glave sa licem pešaka se ostvaruje kada je pešaku napred ista noga sa koje strane se on nalazi u odnosu na vozilo (npr. desna noga napred i vozilo dolazi sa leve strane, tj. pešak se nalazi sa desne strane vozila). Udar zadnjeg dela glave se očekuje u suprotnoj situaciji. Bočni kontakt glave se ostvaruje kada su noge pešaka jedna pored druge u momentu naleta vozila.

#### **3.2.2. Uticaj telesne visine pešaka**

Porastom telesne visine pešaka udaljuje se mesto kontakta glave pešaka sa vozilom od prednjeg dela vozila. Ova činjenica ima značajan uticaj na samo kretanje i na težinu telesne povrede pešaka. Uticaj telesne visine na kretanje pešaka je dvojak. Pošto se sa porastom telesne visine povećava razlika između mesta kontakta i tačke težišta pešaka, samim tim dolazi do intenzivnijeg rotacionog kretanja i do većeg vertikalnog odbačaja.

#### **3.3.3. Uticaj geometrijske izvedbe vozila**

Mesto kontakta glave zavisi od dva parametra izvedbe čeonog dela vozila. Sa smanjivanjem visine čeonog dela vozila odnosno sa povećavanjem ugla čeonog dela koji zaklapa sa vertikalom, mesto kontakta glave se udaljuje. Sa povećavanjem visine čeonog dela vozila možemo postići manju brzinu udara glave pešaka u vozilo.

#### **3.2.4. Uticaj brzine naleta vozila**

Povećanje brzine utiče na intenzitet rotacionog kretanja i na vertikalni odbačaj, pošto su geometrijski odnosi nepromenljivi, tako i smerovi prisutnih sila, ali intenziteti su veći i pešak dobija veću kinetičku energiju.

#### **3.2.5. Uticaj brzine pešaka**

U slučajevima kada pešak poseduje veću brzinu dolazi do promene kretanja pešaka nakon naleta i mesto kontakta glave sa vozilom se pomera u odnosu na slučajeve naleta sa manjim pešačkim brzinama.

### **4. OPRAVDANOST ISTRAŽIVANJA**

Prilikom veštačenja saobraćajnih nezgoda u kojima dolazi do kontakta vozila sa pešakom, potrebno je utvrditi četiri osnovna parametra koja su u direktnoj vezi sa nezgodom, a to su: brzina vozila, brzina kretanja pešaka, položaj pešaka u kome je došlo do naleta i smer kretanja pešaka u odnosu na vozilo.

Ranija istraživanja vršena su na jednostavan način, putem crash-testova, odnosno naletom vozila na lutku. Ove lutke često nisu imale pokretne zglobove, pa se samim tim nisu ni kretale u postsudarnoj fazi na način na koji bi se kretalo telo pešaka u realnoj nezgodi. Sa razvojem računarskih softvera, došlo se do mogućnosti simulacije raznih vrsta nezgoda, uključujući i nezgode sa pešacima. Najrasprostranjeniji program koji se koristi za simulaciju i rekonstrukciju saobraćajnih nezgoda je svakako PC Crash.

Da bi se mogao definisati položaj svakog pojedinačnog dela tela na Multibody modelu potrebno je uspostaviti vezu između njih i realnih uglova na telu čoveka. U okviru ovog rada utvrđeni su uglovi za 6 različitih naletnih položaja pešaka, nakon čega je svaki položaj modeliran u PC Crash-u.

#### **4.1. METODOLOGIJA RADA**

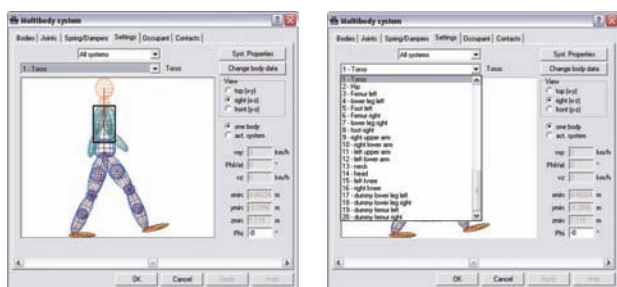
Da bi se softverski modelirali naletni položaji pešaka korišćen je programski paket *PC Crash 8.0*, odnosno *multibody* sistem koji se nalazi u okviru simulacionog modela navednog programa.

##### **4.1.1. Opis multibody sistema**

U trodimenzionalnoj simulaciji saobraćajne nezgode sa pešacima, vozila se tipično tretiraju kao jedinstvena kruta tela. Međutim, da bi se dobila realna slika naleta vozila na pešaka, telo pešaka se mora tretirati kao sistem međusobno povezanih tela sa svojim specifičnim karakteristikama. To je omogućeno pomoću Multibody simulacionog modula. PC Crash je opremljen ovim modulom od verzije 8.0. Multibody modul se koristi u biomehničkoj simulaciji pokreta pešaka na koga je naletelo vozilo, u simulacijama saobraćajnih nezgoda sa učešćem dvotočkaša (bicikl, motor) i simulacijama pokreta putnika unutar vozila. Model pešaka sastoji se od 20 elemenata međusobno povezanih zglobovima, uz mogućnost definisanja položaja po x, y i z osi za svaki od njih [4]. Na Slici 2. prikazani su svi delovi tela na modelu čiji položaj je moguće odrediti u prostoru.

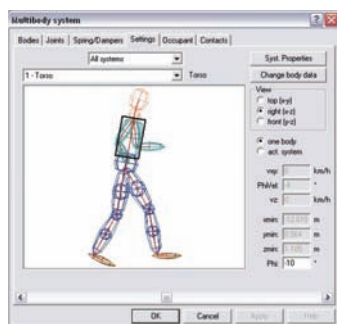
Programski paket *PC-Crash 8.0* ima sopstveni kompilacijski program *multibody* sistema. Njegova velika prednost je automatska selekcija mase i geometrijskih parametara pojedinačnih elemenata modela, vodeći

računa o masi i visini modela, koji se unose od strane korisnika.



Slika 2. Izgled prozora menija za definisanje delova tela pešaka na modelu

Osim osnovnih parametara mase i visine pešaka, u okviru *multibody* sistema moguće je definisati i parametre nagnutosti pojedinih delova tela modela prema stvarnom položaju pešaka u sve tri ose koordinatnog sistema (Slika 3) [5].



Slika 3. Definisanje nagnutosti pojedinih delova tela modela u okviru *multibody* sistema u *PC-Crashu*

## 4.2. ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIČNIH POLOŽAJA PEŠAKA U TREUTKU NALETA

U okviru rada istraživani su mogući naletni položaji pešaka prilikom:

1. sporog hoda
2. normalnog hoda
3. brzog hoda
4. potrčavanja
5. pretrčavanja i
6. vezivanja pertle

Istraživanje je vršeno kamerom, pri čemu su sa snimaka izvlačeni pojedinačni frejmovi u kome su prikazani položaji pešaka u određenoj fazi kretanja.

U daljem istraživanju, nakon preuzimanja sa snimka, slike su prebačene u pozadinu programa AutoCAD, gde je precizno izvršeno merenje uglova između ekstremiteta. Na sledećoj slici dat je primer merenja uglova u AutoCAD-u (Slika 4).

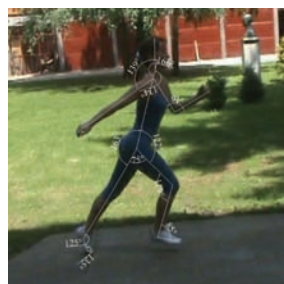


Slika 4. Primer merenja uglova u AutoCAD-u

Nakon premerenih potrebnih uglova ekstremiteta i položaja tela u prostoru, definisan je model za svaki odabrani tip istraživanog naletnog položaja pešaka, odnosno za spori, normalan, brz hod, potrčavanje i trčanje. Na slici 5. dat je pregledni uporedni prikaz realne fotografije sa utvrđenim uglovima i računarski generisanog modela u programu *PC-Crash*, odnosno u okviru njegovog *multibody* sistema.

Multibody sistem *PS-Crash* raspolaže sa 20 odvojenih delova tela čije je međusobne uglove moguće definisati. Na realnom modelu, odnosno slici, nije moguće precizno izmeriti uglove između glave i vrata, odnosno između kukova i torza, tako da je ove uglove nemoguće primeniti na *PS-Crash* modelu, pa su navedeni podaci izuzeti iz dalje analize. Takođe, uglove koje nije moguće utvrditi na realnom modelu da bi kasnije bili preneti na model u *PC Crashu* su i uglovi kolena i uglovi centara na gornjim i donjim delovima noge lutke.

Uglovi koji su dati u tabeli, izmereni su na realnom modelu i predstavljaju uglove između pojedinačnih delova ekstremiteta (Tabela 1), dok su uglovi na *multibody* modelu dati prema predefinisanim parametrima *PC-Crasha*, odnosno u odnosu na horizontalnu osu (stopalo) i vertikalnu osu (svi ostali uglovi). Uglovi koji su dati u tabeli *multibody* modela imaju predznak „+“, ukoliko su mereni u matematički (Tabela 2) pozitivnom smeru (suprotno od smera kretanja kazaljke na satu), odnosno „-“ ukoliko su mereni u matematički negativnom smeru (u smeru kretanja kazaljke na satu).



Slika 5. Uporedni prikaz fotografije sa izmerenim uglovima i modela u *PC-Crash-u* u položaju prilikom potrčavanja

Tabela 1. Uzajamni položaj delova tela na realnom modelu

| Nagib tela               | Vrat-torzo                | Kuk-leva natkolenica  | Kuk-desna natkolenica  | Leva natkolenica-potkolenica | Desna natkolenica-potkolenica |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 13°                      | 166°                      | 163°                  | 122°                   | 178°                         | 119°                          |
| Leva potkolenica-stopalo | Desna potkolenica-stopalo | Torzo-leva nadlaktica | Torzo-desna nadlaktica | Leva podlaktica-nadlaktica   | Desna podlaktica-nadlaktica   |
| 125°                     | 85°                       | 46°                   | 41°                    | 91°                          | 180°                          |

Tabela 1. Izmereni uglovi pojedinačnih delova tela na modelu lutke u PC-Crash-u

|                                              |                                                                 |                                                                   |                                                          |                                                               |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1-Torzo<br>(torso)                           | 2 - Kukovi<br>(hips)                                            | 3-Leva<br>natkolenica<br>(femur left)                             | 4-Leva<br>potkolenica<br>(lower leg<br>left)             | 5-Levo<br>stopalo<br>(foot left)                              |
| -19°                                         | 0°                                                              | -17°                                                              | -46°                                                     | -25°                                                          |
| 6-Desna<br>natkolenica<br>(femur<br>right)   | 7-Desna<br>potkolenica<br>(lower leg<br>right)                  | 8-Desno<br>stopalo<br>(foot right)                                | 9-Desna<br>nadlaktica<br>(right<br>upper arm)            | 10-Desna<br>podlaktica<br>(right<br>lower arm)                |
| 47°                                          | -8°                                                             | -30°                                                              | -64°                                                     | -49°                                                          |
| 11-Leva<br>nadlaktica<br>(left upper<br>arm) | 12-Leva<br>podlaktica<br>(left lower<br>arm)                    | 13 - Vrat<br>(neck)                                               | 14 - Glava<br>(head)                                     | 15-Levo<br>koleno<br>(left knee)                              |
| 21°                                          | 118°                                                            | 0°                                                                | -6°                                                      | 0°                                                            |
| 16-Desno<br>koleno<br>(right<br>knee)        | 17-Leva<br>potkolenica<br>lutke<br>(dummy<br>lower leg<br>left) | 18-Desna<br>potkolenica<br>lutke<br>(dummy<br>lower leg<br>right) | 19-Leva<br>natkolenica<br>lutke<br>(dummy<br>femur left) | 20-Desna<br>natkolenica<br>lutke<br>(dummy<br>femur<br>right) |
| 0°                                           | 0°                                                              | 0°                                                                | 0°                                                       | 0°                                                            |

## 5. ZAKLJUČAK

Određivanje naletnog položaja, odnosno položaja tela pešaka u odnosu na vozilo, u trenutku naleta, osnova je svake analize i veštačenja saobraćajne nezgode u kojoj dolazi do naleta vozila na pešaka. Odgovoriti na ovo pitanje moguće je samo na osnovu komparativne analize utvrđenih oštećenja na vozilu i povreda pešaka. Kada se raspolaže sa kompletnom medicinskom dokumentacijom i oštećenjima koja su u trenutku nezgode nastala na vozilu, jedina nepoznanica ostaje naletni položaj pešaka. U okviru rada izvršeno je istraživanje 6 položaja u kojima se pešak može naći u trenutku kontakta sa vozilom. Ovi naletni položaji određeni su osnovnim parametrima uglova između pojedinačnih delova tela i brzine kojom se pešak, odnosno model u softveru kreće. Analizom dobijenih rezultata, potvrđena je primenljivost datih modela prilikom rekonstrukcije realnih nezgoda. Uz poznavanje svih navedenih parametara, svaka nezgoda u kojoj dolazi do naleta vozila na pešaka može biti simuliran u programskom paketu PC Crash, odnosno, moguće je izvršiti precizno veštačenje ovakvog tipa nezgode.

## 6. LITERATURA

- [1] M. Inić, "Bezbednost drumskog saobraćaja", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2001.
- [2] S. Kostić, "Tehnika bezbednosti i kontrole saobraćaja", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1998.
- [3] J. Obradović, "Osnove antropomotorike", Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Novi Sad, 2008.
- [4] W. Wojciech, "PC CRASH program for simulation of road accidents", 2002.
- [5] Z. Papić, V. Bogdanović, S. Kostić, N. Ruškić, "Primena računarskih programa u ekspertizama naleta vozila na pešake – uporedna analiza", VII Simpozijum o saobraćajno-tehničkom veštačenju i proceni štete, str. 383-400, Vrnjačka Banja, 25-28. februar 2009.
- [6] G. Melegh, "Gépjárműszakértés", Budapest, 2004.
- [7] website : [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [8] website : [www.kft.ba](http://www.kft.ba)

## Kratka biografija:

**Marija Vučić** rođena je u Kruševcu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja – Drumski saobraćaj odbranila je 2010.god.

**Svetozar Kostić** rođen je u Pljevljama 1949. Doktorirao je na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu 1989. god., a od 2004. god. je zvanju redovnog profesora na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su tehnike bezbednosti i kontrola saobraćaja.

**MERE ZA POBOLJŠANJE EFIKASNOSTI RADA SEKTORA TRANSPORT  
PREDUZEĆA „NEKTAR“ D.O.O. IZ BAČKE PALANKE****MEASURES FOR IMPROVEMENT OF WORK EFFICIENCY OF THE „NEKTAR“  
D.O.O. COMPANY FROM BACKA PALANKA TRANSPORTATION SECTOR**Igor Vojvodić, Pavle Gladović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je analiziran rad sektora transport preduzeća Nektar d.o.o. sa osvrtom na organizaciju i tehnologiju transporta proizvoda. Na osnovu izvršenih analiza eksploatacionih pokazatelja rada voznog parka dat je predlog organizaciono tehničkih mera za uspešnije poslovanje sektora transport robe.

**Ključne reči:** sektor transporta, organizacija i tehnologija transporta, eksploatacioni pokazatelji, vozni park

**Abstract** – The transportation section of the company Nectar is being analysed in this paper with regard to the organisation and transport technology of the company. Here are presented organizational and technical measures for more efficient operation of goods transportation sector based on the conducted analyses of the exploitative indicators of the car pool working.

**Key words:** transport, organization, exploitative indicators

**1. UVOD**

Transportu pripada veoma važna uloga u procesu proizvodnje, jer se javlja kao obavezan element u realizaciji proizvodnje. Transport kao i sve druge oblasti proizvodnje ima svoj proizvodni proces. Bez kvalitetnog transporta nema ni kvalitetne proizvodnje ni potrošnje, pa ni kvalitetnog životnog standarda. To čini transport privrednom delatnošću koja predstavlja logističku podršku svim drugim ljudskim aktivnostima.

U ovom radu izvršena je analiza poslovanja sektora transport preduzeća i izmeritelja rada za određeni period (šest meseci). Na osnovu podataka koji se nalaze u informacionom sistemu preduzeća izvršena je analiza proizvodnosti vozila koja vrše prevoz robe od fabrike do centra distribucije. Ispitani su prirodni pokazatelji rada voznog parka i izračunati eksploatacioni pokazatelji rada voznog parka. Određen je uticaj eksploatacionih pokazatelja na proizvodnost vozila i predložene su mere za povećanje proizvodnosti uz analizu troškova.

**2. DELATNOST KOMPANIJE NEKTAR D.O.O.**

Kompanija „Nektar“ iz Bačke Palanke je trenutno najveći proizvođač sokova i baza sokova na Balkanu.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Pavle Gladović, red. prof.

Osnovana, ne tako davne, 1997. godine ova firma je svake godine beležila sve veći uspeh na domaćem a kasnije i na tržištima u regionu. Prvobitna delatnost se odnosila isključivo na proizvodnju bezalkoholnih pića na osnovu kupljene baze voća. Danas poseduje sopstvene pogone za proizvodnju osnove za pravljenje sokova.

„Nektar“ d.o.o. danas proizvodi nekoliko stotina miliona litara sokova godišnje. Neprestano se investira i ubrzano se proširuju kapaciteti sa novim proizvodnim linijama.

**3. SEKTOR TRANSPORT**

S obzirom na različite zadatke koji se izvršavaju u vezi sa transportom i čija realizacija je neophodna za nesmetano i pravilno funkcionisanje transporta, sektor transport se može podeliti, slično kao i u drugim proizvodnim preduzećima na sledeće radne jedinice

- Radna jedinica prevoz robe
- Radna jedinica prevoz putnika
- Radna jedinica unutrašnji transport
- Radna jedinica održavanje vozila.

**4. STRUKTURA VOZNOG PARKA**

**Tabela 1.** Struktura voznog parka sektora transport

| Redni broj | Vrsta vozila  | Broj jedinica | Učešće u voznom parku % |
|------------|---------------|---------------|-------------------------|
| 1          | Tegljač       | 6             | 20,0                    |
| 2          | Poluprikolica | 8             | 27,0                    |
| 3          | Solo kamion   | 5             | 17,0                    |
| 4          | Kombi         | 4             | 13,0                    |
| 5          | Autobus       | 1             | 3,0                     |
| 6          | Viljuškar     | 6             | 20,0                    |
|            | ukupno        | 30            | 100                     |

Iz priloženog se može videti da najveći broj vozila čine tegljači sa poluprikolicom i solo kamioni, tj. najveći broj vozila pripada radnoj jedinici za prevoz robe.

Sastav voznog parka nije homogen mada je visoku efikasnost pri radu najlakše ostvariti sa homogenim voznim parkom. Pored toga kod homogenog voznog parka, tehničko održavanje vozila je znatno lakše i racionalnije. Što se tiče nabavke vozila ne postoji planska strategija prilikom donošenja odluke o kupovini pojedinih tipova i marki vozila.

## 5. TEHNOLOGIJA RADA U ROBNOJ JEDINICI PREVOZ ROBE

Transport robe vrši se od proizvodnih pogona u Bačkoj Palanci do distributivnog centra u Beogradu kao i do skladišta kupaca širom zemlje. Trenutno se radi na formiranju distributivnih centara u Nišu i Čačku sa ciljem da se olakša i ubrza snabdevanje kupaca u tim regionima. Roba se transportuje paletizovana sa izuzetkom robe koja se prevozi do maloprodajnih objekata u blizini fabrike koji ne poseduju pretovarnu mehanizaciju. Transport te robe vrši se teretnim kombijem. Utovar i istovar kamiona vrši se viljuškarima.

## 6. ANALIZA TRANSPORTA NA RELACIJI BAČKA PALANKA – BEOGRAD

Ovde je opisano postojeće stanje, odnosno proces transporta gotovih proizvoda na relaciji Bačka Palanka - Beograd od skladišta gotovih proizvoda u krugu firme do distributivnog centra u Beogradu. Za posmatrani šestomesečni period (od 01.04.2009 do 30.09.2009) u Beograd se otpremi  $Q=15.200$  t robe, a u povratku se kamioni vraćaju prazni. Prevoz se obavlja tegljačima nosivosti 25 t. Transport robe se obavlja 305 radnih dana godišnje (šestodnevna radna nedelja). Broj inventarskih dana je  $A_i=549$ .

### 6.1 Trenutno stanje

Puna proizvodnost:

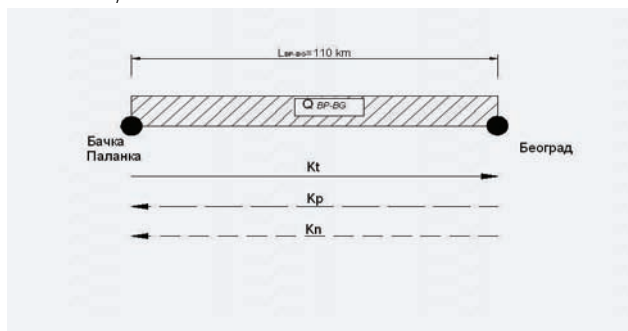
$$W_Q = \frac{Q}{24 \cdot A_i} = \frac{15200}{24 \cdot 549} = 0,865 \text{ t/h}_i \quad (1)$$

$$W_U = \frac{U}{24 \cdot A_i} = \frac{1672000}{24 \cdot 549} = 95 \text{ tkm/h}_i \quad (2)$$

Radna proizvodnost:

$$W'_Q = \frac{Q}{A H_r} = \frac{15200}{4403} = 2,775 \text{ t/h}_r \quad (3)$$

$$W'_U = \frac{U}{A H_r} = \frac{1672000}{4403} = 305,22 \text{ tkm/h}_r \quad (4)$$



**Slika 2.** Prikaz trenutnog stanja transporta na relaciji BP-BG

$K_t$ - kilometri sa teretom

$K_p$ -prazni kilometri

$K_n$ - nulti kilometri

Vozila se nakon istovara robe u distributivnom centru u Beogradu vraćaju prazna što umanjuje njihovu proizvodnost. Shodno tome pristupilo se rešavanju male proizvodnosti na taj način što su uvedene povratne vožnje sa teretom. Naime, u povratku u fabriku vozila se natovare robom koja je namenjena tržištu Novog Sada koji se nalazi između Bačke Palanke i Beograda. Distributivni centar u Beogradu raspolaže sa utovarno pretovarnom mehanizacijom tako da je tehnički to izvodljivo. U tom slučaju menja se ukupna količina prevezenog tereta koja sada iznosi  $Q=27360$  t robe.

### 6.2 Stanje nakon uvođenja povratnih vožnji sistemom zemene poluprikolica

Puna proizvodnost:

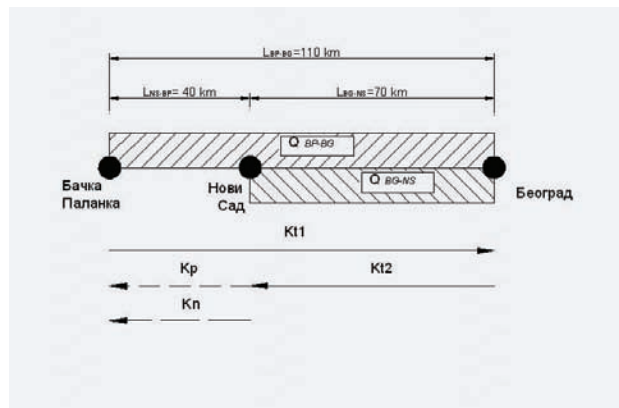
$$W_Q = \frac{Q}{24 \cdot A_i} = \frac{27360}{24 \cdot 549} = 1,553 \text{ t/h}_i$$

$$W_U = \frac{U}{24 \cdot A_i} = \frac{2523200}{24 \cdot 549} = 139,78 \text{ tkm/h}_i$$

Radna proizvodnost:

$$W'_Q = \frac{Q}{A H_r} = \frac{27360}{3949} = 5,540 \text{ t/h}_r$$

$$W'_U = \frac{U}{A H_r} = \frac{2523200}{3949} = 510,943 \text{ tkm/h}_r$$



**Slika 3.** Prikaz stanja nakon uvođenja povratnih vožnji sa teretom

Prilikom uvođenja povratnih vožnji sa teretom javio se problem povećanja vremena trajanja obrta kao posledica dodatnih manipulacija sa teretom. Prikazan je, tj. usvojen je, sistem zamene poluprikolica koji bi neutralisao taj nedostatak jer bi uvođenjem dodatnih poluprikolica koje bi unapred bile natovarene to vreme znatno skratili a time i povećali sam obrt vozila.

Potrban broj poluprikolica se računa po jednačini :

$$P_p = m \cdot A_i = \left\{ 1 + \frac{V_s \cdot ((t_u + t_{op}) \cdot n_u + (t_i + t_{op}) \cdot n_i + (t_u + t_{op}) \cdot n_{is})}{L_o + V_s \cdot t_{op} \cdot (n_u + n_i + n_{is})} \right\} \quad (5)$$

gde su:

$m$ -broj poluprikolica po vozilu

$A_i$ -broj tegljača

$V_s$ -srednja saobraćajna brzina

$t_u$ -vreme utovara

$t_i$  -vreme istovara  
 $t_{op}$  -vreme otkaćinjanja i zakaćinjanja  
 $L_o$  -dužina obrta  
 $n_u, n_b, n_{ui}$  -broj utovarnih, istovarnih, utovarno-istovarnih mesta.

Proraćun je pokazao da je potrebno 6 poluprikolica.

Kao posledica predloženih mera, povećana je proizvodnost voznog parka što se može videti upoređivanjem dobijenih rezultata.

**Tabela 3.** proizvodnosti voznog parka za postojeće i predloženo stanje

| pokazatelj          | oznaka | Postojeće stanje | Predloženo stanje | Odnos predl/postojeće |
|---------------------|--------|------------------|-------------------|-----------------------|
| puna proizvodnostr  | Wq     | 0,865            | 1,553             | +79,55%               |
| radna proizvodnostr | Wu     | 95               | 139,78            | +47,14%               |
|                     | Wq'    | 2,775            | 5,540             | +100,1%               |
|                     | Wu'    | 305,22           | 510,943           | +67,40%               |

## 7.TROŠKOVI

Troškovi transporta kod svih vidova transporta pa i u drumskom transportu predstavljaju najvažniji uopšteni pokazatelj rada voznog parka.Osnovni uslov uspešnog poslovanja svakog preduzeća koje ima transportnu funkciju je precizno poznavanje nivoa ostvarenih troškova i cene po jedinici transportnog rada.

### 7.1. Analiza troškova

**Tabela 4.** Poređenje troškova u postojećem i predloženom stanju

|                   | Trenutno stanje | Predloženo stanje | Odnos predl/trenutno |
|-------------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| $T_o$ (din/t)     | 1017            | 602,54            | -40,70 %             |
| $T_t$ (din/tkm)   | 9.25            | 6.61              | -28,54 %             |
| $T_{ak}$ (din/km) | 83,3            | 95,08             | + 14,00 %            |

$T_o$ -cena transporta po tono transportovane robe

$T_t$ -cena transporta po jednom ostvarenom tkm

$T_{ak}$ -cena transporta po pređenom kilometru.

Na osnovu dobijenih i prikazanih razultata u tabeli mogu se izvesti odgovarajući zaključci:

- Cena transporta po toni prevezenog tereta je nakon primen predloženih mera niža za 40,70%;
- Cena transporta po ostvarenom tonskom kilometru je nako primene predloženih mera niža za 28,54%;
- Cena transporta po pređenom kilometru je nakon primene predloženih mera povećana za 14,00%.

## 8. IZBOR VOZILA

Napredak poslovanja preduzeća na polju transporta zahteva osim modernizacije tehnologije i organizacije rada, primenu savremenijih prevoznih sredstava tj vozila.

### 8.1. Metoda višekriterijumske optimizacije pri izboru vozila

Izbor tipa vozila na osnovu iskustvenog razmatranja je opšte prihvaćen i koristan ali se ujedno smatra i ne toliko optimalan u pogledu taćnosti. Pragmatičnost datog izbora omogućava dobijanje dobrih i dovoljno brzih rešenja. Prilikom izbora vozila, opredelili smo se za metodu višekriterijumske analize optimizacije primenom težinskih koeficijenata. Izabrano je sedam najbitnijih efekata i utvrđene su ocena ranga cilja i ocena uticaja efekata. To su: cena vozila, vožno dinamićke osobine, tehnićke karakteristike vozila, jednostavnost održavanja, troškovi rezervnih delova, manevarske sposobnosti vozila, pouzdanost vozila. Ove ocene su utvrđene na osnovu iskustvenih podataka.

**Tabela 4.** Rang lista tipova tegljaća po bodovima višekriterijumske optimizacije

| tip vozila             | broj bodova |
|------------------------|-------------|
| Mercedes Actros 1846SL | 9536        |
| Iveco Stralis AS440    | 9438        |
| Volvo FH 440           | 9040        |
| MAZ 5440 V8            | 8830        |

Na kraju se može izneti zaključak da preduzeće u slućaju nabavke novih tegljaća treba da se opredeli za nabavku tegljaća tipa Mercedes Actros pošto je ovaj tip tegljaća najbolje rangiran primenom metode višekriterijumskog vrednovanja težinskih koeficijenata.

## 9. PREDLOG MERA ZA UNAPREĐENJE ORGANIZACIJE I TEHNOLOGIJE TRANSPORTNOG SEKTORA U OKVIRU PREDUZEĆA NEKTAR

### 1.Evidencija naturalnih i finansijskih rezultata

Evidenciju rezultata poslovanja transportne delatnosti preduzeća tako koncipirati da se na osnovu njih mogu dobiti pravovremen i odgovarajuće informacije, koje su znaćajne za organizaciju efikasnijeg transporta.

### 2.Poboljšanje organizacije rada u skladištu gotovih proizvoda.

Cilj je skraćene vremena koje je potrebno za utovar vozila. Ovde postoji jedna otežavajuća okolnost a to je da je skladište projektovano u vremenu kada nisu postojali zahtevi ovalikog obima. Predloženo je:

1. Evidentiranjem zauzetih mesta kako bi izmena robe bila ravnomernija.
2. Formiranje zone pripreme za utovar kako bi se skratila vremena čekanja vozila na utovar.
3. Ažuriranje prijema otpremnica u skladištu gotovih proizvoda, kako bi se tovarne jedini unapred mogle formirati i pripremiti(postaviti u utovarnu zonu).

### 3.Nova strategija nabavke vozila

Potrebno je utvrditi novu strategiju nabavke novih vozila tako da se teži unifikaciji voznog parka gledano na marku vozila. Na taj način bi se olakšalo održavanje jer bi se sve popravke i redovno održavanje vozila obavljalo u istom servisu. Takođe bi se prilikom nabavke većih kolićina

istih vozila otvorile dodatne pogodnosti (pogodnija kamatne stope, niža cena) kod distributera, tj. kod proizvođača.

#### **4. Povećanje broja angažovanih lica**

Potrebno je zaposliti u zavisnosti od obima posla nekoliko stručnih lica u poslovima organizacije transporta. Obrada i praćenje podataka (stavka 1) nema smisla ako ne postoje dovoljno stručna lica koje će na osnovu analiza izvući adekvatne zaključke. U sadašnjoj kadrovskoj strukturi postoje praznine i nema dovoljnog broja visoko kvalifikovanih lica iz saobraćajne struke.

#### **5. Uvođenja povratnih vožnji sa teretom**

Pronalaženjem tereta za povratne vožnje mogu se ostvariti značajne uštede u transportu i smanjiti učešće cene transporta u ceni gotovih proizvoda.

U ovom radu je na osnovu konkretnog primera jasno dokazano da se nakon uvođenja povratnih vožnji sa teretom dobija veća proizvodnost vozila čemu se i teži. Primenjen je transportni sistem zemene poluprikolica. Omogućeno je da se sa istim brojem teglajača izvrši transport veće količine robe i da se pri tom uštedi na vremenu. Takođe je dokazana isplativost nabavke dodatnih poluprikolica putem analize troškova što sasvim dovoljno argumentuje primenu ovog sistema.

### **10. ZAKLJUČAK**

Transportni sektor ne može biti zapostavljen i prepušten stihijskom razvoju, pogotovo kada se uzme u obzir činjenica da se velike uštede mogu ostvariti optimalnom organizacijom transporta. Ove uštede ogledaju se u smanjenju učešća transportnih troškova u ceni gotovih proizvoda. Na taj način dobra organizacija transporta može da omogući značajne konkurentske prednosti na tržištu gotovih proizvoda u uslovima oštre tržišne borbe.

### **11. LITERATURA**

- [1] Gladović, P., „*Tehnologija drumskog saobraćaja*“, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2006
- [2] Gladović, P., „*Zbirka rešenih zadataka iz tehnologije drumskog transporta*“, PC Program, Beograd, 2000.
- [3] Topečarević, Lj., „*Organizacija i tehnologija drumskog transporta*“, Građevinska knjiga, Beograd, 1982.
- [4] Gladović, P., „*Organizacija drumskog saobraćaja*“, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, Novi Sad, 2008.
- [5] Gladović, P., Simeunovic, M., „*Sistemi javnog autotransporta*“, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, Novi Sad, 2004.
- [6] Aktuelni podaci kompanije „Nektar“ d.o.o.

#### **Kratka biografija:**



**Igor Vojvodić** rođen je u Bačkoj Palanci 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti Saobraćaja-Tehnologija Drumskog saobraćaja, odbranio je 2010. god.

**Pavle Gladović** rođen je u Beogradu 1951. Godine. Zaposlen je na Departmanu za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Angažovan je u više stručnih i naučnih asocijacija koja se bave problematikom transporta putnika i tereta

## АНАЛИЗА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА ПОДРУЧЈУ АП ВОЈВОДИНЕ TRAFFIC SAFETY ANALYSIS IN THE AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA

Борислав Селград, Драган Јовановић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

### Област – САОБРАЋАЈ

**Кратак садржај** – У уводном делу су дефинисани предмет и циљ рада. Затим су дате основне карактеристике подручја АП Војводине. Детаљно је извршена анализа настрадалих на подручју АП Војводине. Дат је и предлог мера које је потребно предузети како би се побољшали услови за безбедно одвијање саобраћаја.

**Abstract** – The first part defines the object and purpose of work. Then the basic characteristics of the area of AP Vojvodina and then detailed analysis of the victims face in the AP Vojvodina. Finally, proposed to measures whic to be taken to improve conditions for the safe flow traffic.

**Кључне речи:** Саобраћај, безбедност, Војводина

### 1. УВОД

У овом дипломском раду је представљена анализа безбедности саобраћаја на подручју Аутономне Покрајине Војводине, у периоду од 2003. до 2008. године. У оквиру ње је извршена анализа постојећег стања, детаљно проучена динамика и структура настрадалих, затим временска расподела настрадалих у саобраћајним незгодама...

Циљ овог рада је да се на основу добијених података и резултата из анализе, предузму одговарајуће мере на подручју АП Војводине, како би се побољшали услови за безбедно одвијање саобраћаја.

### 2. КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОСМАТРАНОГ ПОДРУЧЈА

Аутономна Покрајина Војводина налази се на северу Републике Србије и обухвата површину од 21.506 km<sup>2</sup> са 2.031.992 становника, према попису становништва из 2002. године, а то чини 21,6% од укупног становништва Србије. Она има врло хетероген национални састав становништва. Простире се у Панонској низији, рељеф је зато претежно равничарски, изузев Срема, којим доминира планина Фрушка гора (највиши врх, Црвени чот 539m), и југоистока Баната, са Вршачким планинама (Грделички врх 641m). Војводина се састоји од 45 општина, подељених у 7 округа. Седишта округа су у: Новом Саду, Суботици, Зрењанину, Панчеву, Сомбору, Кикинди и Сремској Митровици.

Кроз Војводину пролазе и важне саобраћајнице, пре свега Коридор X, који иде од централне Европе и Хоргоша на граници према Мађарској, па преко

### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је био др Драган Јовановић, доцент.

Новог Сада до Београда, и даље на југоисток ка Нишу где се рачва у два правца: један правац води на исток ка граници са Бугарском, други на југ, према Скопљу и Солуну. Трећи крак аутопута се у Срему одваја на запад, према суседној Републици Хрватској и даље ка западној Европи. Око аутопута је развијена и мрежа локалних путева и железничких праваца.

Са становишта путне привреде, Војводина је хомоген регион, добро повезан са главним центрима и граничним прелазима. Густина државних путева првог реда је близу европског просека. Од укупне дужине путне мреже, 1.563 километара чине магистрални путеви, 1.797 km су регионални путеви, а 2.976 km су локални путеви.



Слика 1. Општине Војводине

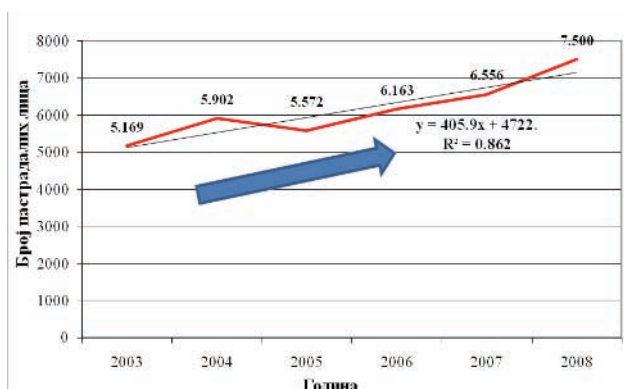
### 3. ОБЕЛЕЖЈА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА

Безбедност саобраћаја је једна од научних дисциплина која применом научне методологије прати, изучава и објашњава појавне облике (Феноменологију), узроке, услове и друге факторе због којих настају појаве које угрожавају људе и имовину у саобраћају, а посебно саобраћајне незгоде (Етиологија) и стратегију и тактику спречавања саобраћајних незгода и других негативних појава у саобраћају, при чему се поред сопствених резултата, користи и резултатима других научних дисциплина.[1]

#### 3.1. Динамика настрадалих

Укупан број настрадалих лица на подручју АП Војводине, у временском периоду од 2003. до 2008. године, био је 36.862 лица. Оно што је веома забрињавајуће, је чињеница да је у том периоду присутан сталан тренд пораста броја настрадалих лица. Најмањи број настрадалих је био 2003. године, а највећи 2008. године. Сагласно са тим резултатима у 2008. години је било највише тешко и лако

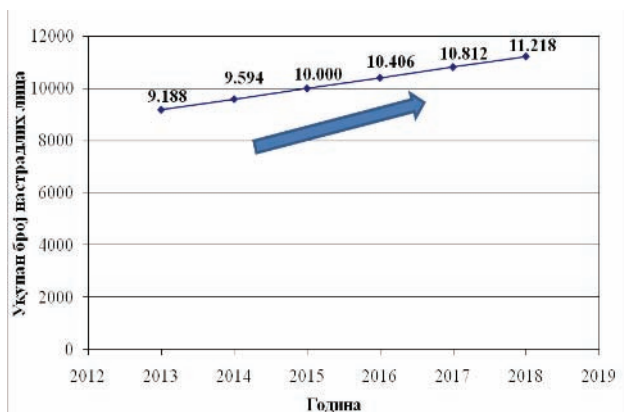
повређених лица. Док је највише лица живот изгубило у 2007. години (график 1).



**График 1:** Број настрадалих лица у саобраћајним незгодама на подручју АП Војводине у периоду од 2003. до 2008. године

У случају да се оваква тенденција броја настрадалих лица настави у будућем периоду, број погинулих, тешко и лако повређених лица у периоду од 2013. до 2018. био би следећи:

- број погинулих лица би се сваке године повећавао за 7 до 8 лица;
- број тешко повређених лица би се увећавао за двадесетак особа;
- број лакше повређених би износио и до 380 особа више и то сваке године (график 2).



**График 2:** Приказ броја укупно настрадалих лица на подручју АП Војводине у периоду од 2013. до 2018. године

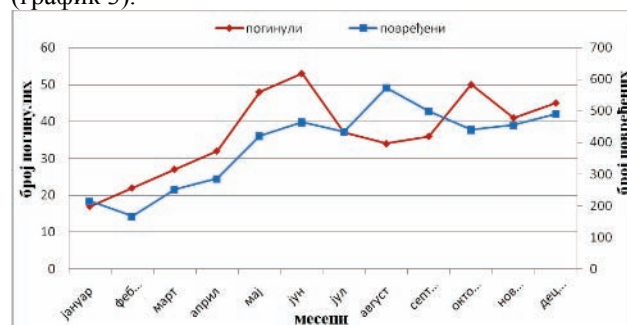
### 3.2 Временска дистрибуција настрадалих у саобраћајним незгодама

Временска дистрибуција настрадалих у саобраћајним незгодама је различита. У току појединих временских периода, годишњег доба, месеца у години, дана у недељи и часа у току дана, различит је распоред саобраћајних незгода. На временски распоред настрадалих у саобраћајним незгодама између осталог утичу привредне активности, туристичка сезона, пољопривредни радови, начин живота, организација слободног времена, географски и климатски услови, дневна ритмичка кретања и све остало што условљава саобраћајне активности.

#### 3.2.1. Анализа настрадалих по месецима у току године

Расподела саобраћајних незгода и њихових последица по месецима у току године зависи од низа

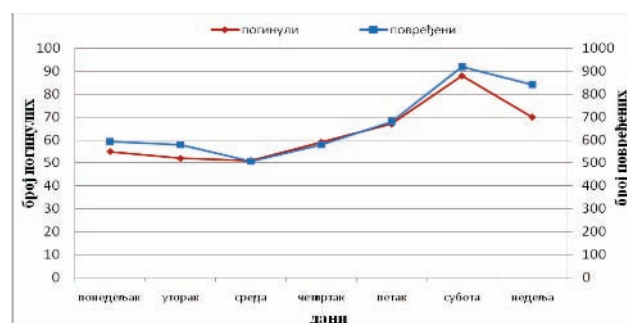
променљивих фактора, чије се дејство и утицај у току године мења. У једном периоду године релативно велик утицај имају неки фактори (лед и снег на коловозу у току зиме или структура возила на путевима у сезони пољопривредних радова (октобар и септембар) и др.), док је у другим периодима године утицај тих фактора занемарљив. У туристичким регионима највише је незгода у току туристичке сезоне (јул, август) када је обим и интензитет саобраћаја највећи. У даљем тексту је посебно дат преглед дистрибуције незгода са настрадалим лицима по месецима у току године на магистралним путевима (график 3).



**График 3.** Структура настрадалих (погинули и повређени) према месецима у току године, на магистралним путевима АП Војводине у периоду од 2003. до 2008. године

#### 3.2.2. Анализа настрадалих по данима у току седмице

Расподела саобраћајних незгода и последица по данима у току седмице у великој мери зависи од недељног ритма активности привреде становништва, који се директно одражава на интензитет и структуру саобраћаја. У највећем броју земаља највише незгода се догађа суботом и недељом, а у скоро свим земљама број незгода у овим данима прелази дневни просек. Таква је ситуација и на подручју АП Војводине, где највише људи страда у данима викенда, а најмање уторком и средом (график 4).



**График 4.** Структура настрадалих (погинули и повређени) према данима у току седмице, на магистралним путевима АП Војводине у периоду од 2003. до 2008. године.

#### 3.2.3. Анализа настрадалих по часовима у току дана

Расподела настрадалих по часовима у току дана слично расподели по данима у току седмице, одражава ритам дневних активности становништва (график 5). Услови у саобраћају, који су везани за дневне промене имају пресудан значај за настанак саобраћајних незгода (интензитет саобраћаја, стање видљивости и др.)



**График 5.** Структура настрадалих (погинули и повређени) према часовима у току дана, на магистралним путевима АП Војводине у периоду од 2003. до 2008. године

### 3.3. Структура настрадалих лица у саобраћајним незгодама

Структура настрадалих лица у саобраћајним незгодама знатно се разликује од структуре оних који изазивају незгоду. То значи да изложеност опасности није у сразмери са уношењем, односно стварањем опасности у саобраћају. Један број корисника пута својим понашањем уноси у саобраћај већу опасност него што је тој опасности изложен. Због тога у структури настрадалих лица у саобраћајним незгодама релативно је велик број оних који нису жртве сопствене грешке. Све категорије учесника у саобраћају нису у истој мери жртве сопствене грешке. Сами сопственом удесу најчешће доприносе возачи и пешаци, док су путници веома често жртве туђих грешака.

#### 3.3.1. Структура настрадалих према полу

Полне разлике врше одређен утицај на формирање личности, па су за њих везане различите склоности, навике, интереси и слично. Поред биолошких и психолошких, ту је и друштвени утицај, положај и улога жене у друштву, њена везаност за породицу и бројни фактори који потенцирају разлику између мушкараца и жене као учесника у саобраћају. На подручју АП Војводине, у периоду од 2006. до 2008. године, број настрадалих у саобраћајним незгодама много већи код мушког него код женског пола. Веће страдање мушкараца се може објаснити чињеницом да су више експонирани ризику у саобраћају, али и чињеницом да поседују склоност ка агресивном понашању, неодговорношћу, нетолерантности... Осим тога жене су много мање склоне коришћењу алкохола и опојних средстава и много ређе од мушкараца управљају возилом под тим утицајем (график 6).



**График 6.** Однос настрадалих по полу према последицама саобраћајне незгоде, на подручју АП Војводина, период од 2006. до 2008. године

#### 3.3.2. Структура настрадалих према категорији учесћа

Возач као корисник пута је у више од 50% учествовао као настрадао лице у саобраћајним незгодама.

Пешаци пошто имају одвојену површину за кретање, представљају категорију учесника која је мање угрожена у саобраћају, а и мање угрожава исти. Путници иако не утичу у великој мери одвијању саобраћаја нити утичу на настанак саобраћајних незгода, они својим присуством значајно повећавају удео настрадалих у незгодама.

#### 3.3.3. Структура настрадалих према врсти незгоде

Од укупног броја настрадалих у саобраћајним незгодама, највише лица је живот изгубило приликом судара из супротних смерова, као и приликом обарања или гажења пешака. Док су лаке и тешке телесне повреде у највећој мери наступале приликом бочних судара.

#### 3.3.4. Структура настрадалих, старосне групе од 15 до 24 по данима у току седмице

Укупан број настрадалих лица, старосне групе од 15 до 24 године, по данима у току седмице износи 9.714. Од тога је највише особа настрадало у данима викенда. Док је најмањи број настрадалих забележен средом. Добијени подаци показују да су највише изложена страдању лица узраста 19 и 20 година, а најмање особе старе 15 и 16 година.

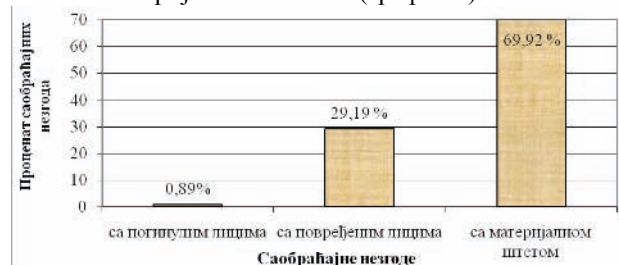
#### 3.3.5. Анализа структуре настрадалих, старосне групе од 18 до 24 по часовима у току дана

Код старосне групе од 18 до 24 године, укупан број погинулих у периоду од 2003. до 2008. године на подручју АП Војводине је 225. Од тога је највише лица живот изгубило у раним јутарњим часовима од 0 до 4 часа. Док ни једна саобраћајна незгода са погинулим лицима није забележена у 10 часова. У овим незгодама су највише учествовала лица стара 21 и 20 година, а најмање особе узраста 18 година.

#### 3.4. Анализа саобраћајних незгода, где је главни узрок алкохол по часовима и данима

Алкохол је традиционално један од најчешћих узрока саобраћајних незгода. Од последица употребе алкохола није поштеђена ни једна област људске активности.

На територији АП Војводине у периоду од 2003. до 2008. године догодиле су се 3.446 саобраћајне незгоде, где је главни узрок алкохол. Од тога је 31 саобраћајна незгода за последицу имала погинуло лице, 1.006 саобраћајних незгода за последицу су имале повређено лице, а 2.409 саобраћајних незгода је било са материјалном штетом (график 7).



**График 7:** Последице саобраћајних незгода, где је главни узрок алкохол, на подручју АП Војводине у периоду од 2003. до 2008. године, изражено у процентима.

#### 3.5. Анализа саобраћајних незгода са материјалном штетом по врстама и карактеристикама пута

На подручју АП Војводина у посматраном периоду од 2003. до 2008. године, догодило се укупно 37.955

саобраћајних незгода са материјалном штетом по врстама и карактеристикама пута. Од тога, највише саобраћајних незгода догодио приликом судара при вожњи у истом смеру, затим приликом бочних судара, док ни једна незгода није забележена приликом удара возила у друго заустављено или паркирано возило. Када се посматрају карактеристике пута, најкритичнија деоница је прав пут без суужења, на коме су се догодиле 21.119 саобраћајне незгоде, затим следи регулисана раскрсница-саобраћајним знаковима са 8.364 незгода. Док ни једна саобраћајна незгода није забележена на прелазу преко пруге у истом нивоу - само са светлосним знаковима.

### 3.6. Анализа саобраћајних незгода са погинулим лицима по врстама и карактеристикама пута

Укупан број саобраћајних незгода са погинулим лицима по врстама и карактеристикама пута износи 915. Од тога је најмање лица је погинуло при налетању возила на друго заустављено или паркирано возило, а највећи број погинулих је настао приликом обарања или гажења пешака. Са другог аспекта анализе (карактеристикама пута), највећи број саобраћајних незгода са погинулим лицима је 654 и догодио се на правом путу без суужења. На прелазу преко пруге у истом нивоу само са светлосним знаковима није ни једно лице изгубило живот.

### 3.7. Јавни ризик погинулих по старосним групама

Угроженост појединих учесника у саобраћају се мери фактором ризика, који се израчунава када се ставе у однос проценат настрадалих (или посебно погинулих или повређених) одређене групе у укупној структури становништва. Уколико је фактор ризика изнад 1 за посматрану групу учесника у саобраћају може се рећи да је она повећано угрожена (при чему треба водити рачуна и о изложености ризику). [1] Укупан број погинулих лица на подручју АП Војводина у периоду од 2003. до 2008. године је 1.674 лица. Од тога су највише живот изгубили млади људи узраста између 20 и 24 године, затим особе између 45 и 49 година, као и лица старија од 75 година (график 8).

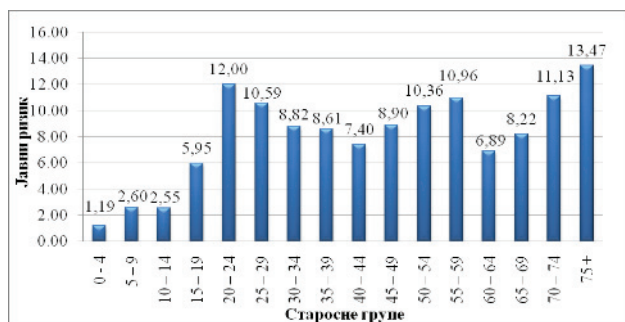


График 8. Јавни ризик погинулих, по старосним групама, у периоду од 2003. до 2008. године

### 3.8. Анализа настрадале деце (0-14) година, по општинама

У посматраном периоду, најмање погинуле деце је било узраста од 0 до 4 године старости, да би се пораст забележио код деце од 5 до 10 године, а највећи број погинулих је било у 14 години живота (график 9).

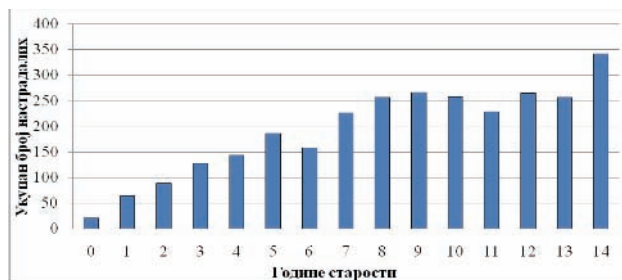


График 9. Укупан број настрадалих лица (0-14) година за све општине АП Војводине, у периоду од 2003. до 2008. године

Укупан број настрадалих лица од (0-14) година је у Новом Саду 655, Зрењанину 205, затим следе Панчево и Суботица.

## 4. ЗАКЉУЧАК

На основу спроведеног истраживања у овом раду је приказан ниво безбедности у саобраћају на подручју АП Војводине у периоду од 2003. до 2008. године. Уочен је тренд пораста саобраћајних незгода и броја настрадалих, док је у европским земљама сталан тренд супротан. Управо због тога било је потребно увођење новог закона о безбедности саобраћаја. Он је ступио на снагу децембра 2009. године, како би унапредио безбедност на нашим путевима, приближио се европским решењима, као и да би уважио наша и светска научна достигнућа. Обавезна дневна употреба светала на возилима, обавезно везивање појасева на свим седиштима у аутомобилима, могућност коришћења мобилног телефона за време вожње само уз слушалице и микрофон, ограничење брзине на 50 km/h у насељеним местима, само су неке од новина новог закона о безбедности саобраћаја. Оно што је свакако највећа новина јесте увођење казних поена који ће се уписивати у картон возачке дозволе, а на основу чега ће се пратити њихово понашање и безбедност. Смисао казних поена није кажњавање, већ кориговање понашања возача, где је законом предвиђено да се за непажљиве возаче организује похађање семинара за васпитање и образовање.

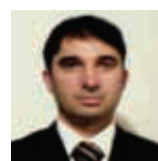
## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Инић, М.: БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА, ФТН, Нови Сад, 2004
- [2] Инић, М.: ОСНОВЕ САОБРАЋАЈНОГ ПРАВА, ФТН, Нови Сад, 2001.

### Кратка биографија:



**Борислав Селград** рођен је у Руми 1985. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Безбедности саобраћаја одбранио је 2010. године.



**Драган Јовановић** рођен је у Зрењанину 1974. Докторирао је на Факултету техничких наука 2005. година, а од 2006. је у звању доцент. Област интересовања је Безбедност саобраћаја.

## ULOGA I ZNAČAJ PRIVREMENE SAOBRAĆAJNE SIGNALIZACIJE

### ROLE AND SIGNIFICANCE OF TEMPORARY TRAFFIC SIGNS

Marko Raspudić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** – . Stanje srpskih puteva je takvo, da se očekuje značajno povećanje izgradnje novih i rehabilitacije postojećih puteva. Uz takvo očekivanje i stanje trenutnog obima saobraćaja na mestima radova se očekuje smanjena bezbednost korisnika kao i zastoji i smanjenje protoka. U radu će biti prikazane vrste privremene signalizacije i njihovo postavljanje.

**Abstract** – Appearance of serbian roads is like that, and it's expected that there'll be significant improvement concerning building new and fixing already existing roads. With those expectations and stadium of temporary extent of traffic on the work zones, what's expected is reduced security of users, slowdowns and reduced flow, too. In this work there'll be shown all sorts of temporary traffic signs and their instalation.

**Cljučne reči:** Privremena signalizacija, Rehabilitacija puteva, Protok saobraćaja.

#### 1. UVOD

Kako se drumski saobraćaj razvijao i prolazio kroz razne faze, preko pešaka, jahaće stoke, zaprežnih vozila do parnih mašina i savremenih motornih vozila, tako su se menjali i nastajali novi izvori opasnosti i negativnih pojava. Razvijanjem prevoznih sredstava razvijale su se i površine za njihovo kretanje. Prilikom rehabilitacije i održavanja puteva koristi se dosta mašina, radnih vozila i veliko je prisustvo radnika na kolovozu. Iz tog razloga je važno obavestiti korisnike puta o radovima na putu.

Privremena signalizacija je veoma važna za regulisanje i upravljanje saobraćajem na putnoj i uličnoj mreži u zoni izvođenja radova na putu, planskog zaustavljanja saobraćaja, nepredviđenih događaja.

Vrste privremene saobraćajne signalizacije, kao i način njenog postavljanja, je standardizovan i propisan zakonom.

#### 2. ISTORIJSKI PREGLED I ANALIZA RAZVOJA PRIVREMENE SIGNALIZACIJE

Privremenu signalizaciju čine vertikalna i horizontalna saobraćajna signalizacija, tako da se slobodno može reći da je istorijski razvoj privremene signalizacije povezan sa razvojem horizontalne i vertikalne signalizacije.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio doc. dr Vuk Bogdanović.

Prvi elementi horizontalne signalizacije primenjeni su u SAD početkom XX veka na jednom putu u državi Mičigen. Tokom 1937. godine u SAD su testirani i prvi aplikativni materijali za horizontalnu signalizaciju. Na našim prostorima horizontalna signalizacija je počela da se primenjuje od pedesetih godina XX veka, posebno u većim gradovima i magistralnim putevima.

Vertikalna signalizacija nije proizvod novog vremena i ere automobila. Postojala je praktično uvek, čak i pre no što je čovek pomišljao da će se kretati automobilom. Godine 1904. u Engleskoj se pojavljuje sistem saobraćajnih znakova oblika kruga, trougla i četvorougla, ali uglavnom sa tekstualnim porukama. Tako, 1931. godine, 14 zemalja Evrope (Jugoslavija je bila među njima) prihvata Konvenciju za unifikaciju saobraćajne signalizacije. Tada je definisano već dvadesetak znakova, a uvode se i boje na saobraćajnim znakovima.



Slika 1. Prvobitni znakovi u Nemačkoj

#### 3. SAVREMENA SIGNALIZACIJA

Danas najveću pažnju, kao savremena signalizacija, privlače LED znakovi. Radi poboljšanja vidljivosti širom sveta se sve više koriste elektro-svetlosni ili popularno nazvani, LED promenljivi znakovi.

Lice znaka izvedeno je od određenog broja svetlosnih izvora u matičnom rasporedu, a znak se ispisiuje uključivanjem pojedinih pozicija u matrici.

Elektro-svetlosne izmenjive znakove čine i znakovi na principu slajd projektor.



Slika 2. Primeri LED znakova

Na taj način omogućava se ispisivanje i numeričkih i tekstualnih informacija, a prema potrebi moguće je iskazati i pojedine simbole.

Ovi znakovi se najčešće postavljaju na prikolice i veoma su pogodni za pokretljiva radilišta, ali se mogu postavljati i iznad puta na posebnim držačima.

#### 4. VRSTE I TIPOVI HORIZONTALNE I VERTIKALNE PRIVREMENE SIGNALIZACIJE

Na deonici puta na kojima se javljaju smetnje za normalno odvijanje saobraćaja, preduzimaju se sledeće mere regulisanja saobraćaja i obezbeđenje radilišta i privremenih prepreka:

- *Označavanje znakovima opasnosti,*
- *Označavanje znakovima izričitih naredbi,*
- *Označavanje znakovima obaveštenja,*
- *Označavanje posebnim znakovima obaveštenja,*
- *Označavanje svetlosnim saobraćajnim znakovima i oznakama,*
- *Ograđivanje i ograničavanje opremom za obezbeđenje privremenih prepreka,*
- *Označavanje oznakama na kolovozu,*
- *Ručno regulisanje.*

Znakovi opasnosti primenjuju se sa ciljem da se učesnici u saobraćaju upozore na opasnost koje im prete, na deonicama puta na kojima postoje smetnje za normalno odvijanje saobraćaja, i to:

- *opasnost prouzrokovana obavljanjem radova ili pojavom drugih privremenih prepreka na putu,*
- *opasnost zbog suženja puta,*
- *opasnost zbog klizavosti, neravnina i drugih oštećenja na kolovozu,*
- *opasnost usled nailaska na svetlosni saobraćajni znak (semafor),*
- *opasnost od krivina,*
- *druge opasnosti (opasan nagib, prži kamen i dr.)*



Slika 3. Znak „radovi na putu“ (I-19), koji označava blizinu mesta na kome se izvode radovi na putu

Znakovi izričitih naredbi koji se primenjuju na deonicama puta na kojima se javljaju smetnje za normalno odvijanje saobraćaja označavaju:

- *ograničenje brzine,*
- *zabranu preticanja,*
- *ograničenje gabarita,*
- *zabranu saobraćaja za pojedine kategorije vozila,*
- *naizmenično propuštanje saobraćaja,*
- *skretanje saobraćaja i*
- *zabranu zaustavljanja i parkiranja.*



II-30

Slika 4. Znak „ograničenje brzine“ (II-30), koji označava put, odnosno deo puta na kome se vozila ne smeju kretati brzinom (u km/h) većom od brzine koja je označena na znaku

Znakovi obaveštenja primenjuju se sa ciljem da se učesnici u saobraćaju obaveste o smetnjama na koje nailaze i o načinu njihovog savlađivanja.

Obaveštenje o smetnjama primenjuju se u slučajevima kada se saobraćaj u sektoru radilišta naizmenično propušta kao i na mestima gde prestaju zabrane preticanja i ograničenja brzina ustanovljene za potrebe regulisanja saobraćaja.

Posebni znakovi obaveštenja koriste se za obaveštavanje učesnika u saobraćaju na mestima gde se, zbog obavljanja radova na putu ili pojave privremenih prepreka, javljaju potrebe za skretanjem, prestrojavanjem i naizmeničnim propuštanjem kao i obaveštenje o obilasku.

Svetlosni saobraćajni znakovi i svetlosne oznake koje se koriste na mestima gde se obavljaju radovi na putu ili javljaju privremene prepreke su:

- *svetlosni znakovi za regulisanje saobraćaja vozila*
- *svetlosni znakovi za označavanje radova na putu i*
- *svetlosne oznake*

Opremu za obezbeđivanje radilišta i privremenih prepreka sačinjavaju:

- *Branici,*
- *Zapreke,*
- *Kupe*
- *Trake*
- *Zastavice i*
- *Radilišna vozila*



Slika 5. Primer branika i vertikalnih zapreka

Sva oprema za obezbeđenje radilišta i privremenih prepreka na površinama okrenutim saobraćaju obojena je naizmeničnim poljima bele i crvene boje reflektujućih osobina.



Slika 6. Kupe

Oznake na kolovozu, na deonicama puta na kojima se javljaju smetnje za normalno odvijanje saobraćaja, koje se razlikuju od oznaka koje postoje na putu, primenjuju se sa ciljem da se učesnicima u saobraćaju omogući bezbedno kretanje u izmenjenim okolnostima kao što su suženje puta, delimično zatvaranje puta, skretanje u okviru postojećeg puta ili skretanja na obilazni put.

Privremene oznake na kolovozu, na prilazu i duž radilišta i privremenih prepreka, koje se razlikuju od oznaka koje postoje na putu i po završetku radova se trajno uklanjaju sa površine kolovoza, izvode se:

- *Bojenjem žutim premazom (bojom), reflektujućih osobina u slučajevima kada je predviđeno da radovi traju duže i kada uklanjanje privremenih oznaka na kolovozu ne zahteva mnogo vremena i sredstava (npr: privremeno korišćenje posebno izgrađenog obilaska puta, radovi iza kojih sledi presvlačenje kolovoza i drugo).*
- *Lepljenjem reflektujućih plastičnih traka ili postavljanjem uzdužnih oznaka na kolovozu koje se po završetku radova odlepljuju, odnosno uklanjaju sa kolovoza.*



Slika 7. Primer lepljive treke i žutog bojila

Ručno regulisanje prioriteta prolaska sa zastavicama, odnosno pločama, pri naizmeničnom propuštanju saobraćaja primenjuje se u slučajevima kada se radovi na putu pomeraju duž puta (npr. Presvlačenje kolovoza i sl.), a između dva kraja radilišta postoji dobra vidljivost. U

slučaju loše vidljivosti ili ne preglednosti puta, odnosno ako se radovi rade u krivini, radnici koji ručno regulišu saobraćaj trebaju biti povezani radio vezom.

## 5. ZAKONSKA REGULATIVA, NORME I STANDARDI

Bezbednost saobraćaja u Srbiji uređena je velikim brojem normativnih akata. Za same učesnike u saobraćaju najbitniji propis je „**Zakon o osnovama bezbednosti saobraćaja (ZOBS)**“. Ovim zakonom je propisano dosta pravila i propisa u vezi privremene signalizacije.

Pored ovog zakona bezbednost saobraćaja uređena je i drugim propisima od kojih je jedan „**Pravilnik o saobraćajnim znakovima**“. Ovo je novi pravilnik koji je samo prečišćen pravilnik koji je bio na snazi od 1981 godine u kojem su uneta nova rešenja u skladu sa Evropskim standardima u domenu vertikalne i horizontalne signalizacije.

Najvažniji u deo iz ovog pravilnika jeste deo koji se odnosi na pravila o standardima o postavljanju privremene saobraćajne signalizacije. Detaljnije o ovoj problematici nalazi se Tehničkim preporukama za označavanje radova na putu, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd 1992. Pored standardne signalizacije postije i nestandardne oznake.



Slika 8. Primer nestandardne signalizacije

Iako na prvi pogled jednostavna i neobavezna, ova signalizacije je važna. Njene poruke su namenjene velikom broju korisnika, pa njoj treba posvetiti isto toliko, ako ne i više, pažnje kao standardnoj signalizaciji.

## 6. NAČIN POSTAVLJANJA SAOBRAĆAJNE SIGNALIZACIJE

Način postavljanja saobraćajnih znakova propisan je Pravilnikom o saobraćajnim znakovima na putevima.

Postavljanje saobraćajnih znakova je veoma važno jer od njihovog položaja zavisi efikasnost saobraćajne signalizacije. Ukoliko bi vertikalna signalizacije bila nepravilno postavljena, korisnici puta bi oklevali u donošenju odluka što može da predstavlja velik u opasnost za učesnike u saobraćaju.

Veoma je važno voditi računa o jednoobraznosti poruka koje se prenose korisnicima, tj. o primeni istovetnih principa prenošenja poruka.

Prilikom postavljanja znakova postoji nekoliko principa kojih se treba pridržavati:

- *znakovi se postavljaju tako da mogu biti pravovremeno uočeni i prepoznati, ostavljaju vozaču dovoljno vremena da reaguje na poruku koju znak prenosi,*
- *znakovi se postavljaju tako da pod jednakim uslovima mogu biti protumačeni u dnevnim i noćnim uslovima vožnje,*
- *znakovi koji se postavljaju ne smeju da zaklanjaju niti da ometaju vidno polje učesnika u saobraćaju,*
- *ukoliko se postavlja više znakova, oni ne smeju zaklanjati jedni druge,*
- *znakovi se postavljaju tako da ne ometaju normalno kretanje pešaka i ne smeju biti zaklonjeni od pešaka i vozila u stanju i mirovanju,*
- *postavljaju se uvek u slobodnom profilu saobraćajnice,*
- *znak ne sme biti postavljen tako da bude zaklonjen stubovima rasvete, krošnjama drveća ili drugog zelenila,*
- *svojom bojom i sadržajem ne smeju da umanje čitljivost saobraćajnog znaka ili da utiču na jasnoću njegove poruke.*

Osnovno pravilo za postavljanje saobraćajnih znakova jeste da znak mora biti postavljen na desnoj strani puta, u smeru kretanja.

## 7. ZAKLJUČAK

Privremena saobraćajna signalizacija ima veoma važnu ulogu u procesu regulisanja saobraćaja. U procesu odvijanja saobraćaja, korisnicima saobraćajnog sistema neophodna je kvalitetna i hijerarhijski selektovana informacija kako bi mogli da izvršavaju upravljačke naredbe u cilju efikasnog odvijanja saobraćaja.

Privremena saobraćajna signalizacija treba pravovremeno i kontinuirano da savetuje, upozorava i usmerava učesnike u saobraćaju. Ona mora u svakom trenutku jasno i nedvosmisleno da ukaže korisnicima sistema kojim delom mreže mogu ili treba da se kreću kako bi došli do željenog cilja, koje manevre treba da izvrše da bi njihovo kretanje bilo efikasno i bezbedno, kako za njih same tako i za ostale učesnike u saobraćaju. Kad se govori o pravovremenom postavljanju znakova najčešće se misli na pravovremeno upozorenje od opasnosti uzrokovane radovima ili drugim privremenim preprekama.

Korišćenjem ITS-a u zonama radova može se postići: povećanje propusne moći saobraćajnica, povećanje bezbednosti saobraćaja i smanjenje troškova pri rekonstrukciji i rehabilitaciji puteva. U pozitivne efekte njegovog korišćenja ubrajaju se i unapređenje komunikacije sa javnošću i sa stručnim službama na putu.

## 8. LITERATURA

- [1] ZOBS Pravilnik o saobraćajnim znakovima na putevima.
- [2] Elementi saobraćajnog projektovanja – Horizontalna signalizacija, Branimir Stanić, Predrag Zdravković, Smiljan Vukanović, Slobodan Milosavljević i dr., Saobraćajni fakultet Beograd, 1994.
- [3] Elementi saobraćajnog projektovanja– Vertikalna signalizacija, Predrag Zdravković, Branimir Stanić, Smiljan Vukanović, Slobodan Milosavljević i dr. Saobraćajni fakultet Beograd, 1994.

### Kratka biografija:



**Marko Raspudić** rođen je u Novom Sadu 1984. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja – Uloga i značaj privremene signalizacije, odbranio u aprilu 2010. godine.

**Vuk Bogdanović** rođen je u Sremskoj Mitrovici 1966 godine. Zaposlen je na Departmanu za saobraćaj, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Trenutno u zvanju docenta na katedri za saobraćajne sisteme.

## RAZVOJ TELEVIZIJSKIH SISTEMA

## DEVELOPMENT OF TELEVISION SYSTEMS

Mira Jovičić, Željko Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast–SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U okviru rada analizirane su analogna i digitalna televizija i istaknute su prednosti digitalne televizije. Opisan je sistem za prenos TV signala koaksijalnim kablom. Analiziran je IP orijentisani sistem prenosa u distribuciji TV signala i IPTV sistemi.

**Ključne reči:** televizija, analogna televizija, digitalna televizija

**Abstract** – This paper contains the analysis of analog and digital television and the advantages of digital television have been pointed out. Transmission of TV signal by coaxial cable has been described. IP-oriented transmission system in TV signal distribution has been analyzed, as well as IPTV systems.

**Keywords:** television, analog television, digital television

**1. UVOD**

Televizija je elektronski sistem, pomoću koga sliku i zvuk pretvaramo u elektronske signale, koji se prenose do prijemnika, gde se pretvaraju u optičku sliku i zvuk.

Konvergencija između televizijske tehnologije, komunikacija i računarske tehnike, stvara sasvim novo okruženje u kome se neminovno moraju iznova osmisliti osnove na kojima počivaju elektronski mediji. Umnožavanje distribucionih kanala, korišćenje novih prenosnih puteva i novih nosača informacija, otvara mogućnosti dvosmernog komuniciranja u domenu koji je tradicionalno bio jednosmeran. Stvaraju se novi pravci razvoja televizijske tehnologije.

Televizija kao samostalno sredstvo masovnih komunikacija, igra značajnu ulogu u političkom, ekonomskom i sveukupnom životu Planete.

Izuzetno visok kvalitet televizijskog programa u današnje vreme postignut je zahvaljujući digitalnim televizijskim tehnologijama [1,2].

**2. ANALOGNA TELEVIZIJA**

Koreni televizije sežu čak do 1923. godine kada su u SAD i Engleskoj ostvareni prvi prenosi crno-belih silueta. Prvi redovni televizijski program započeo je s emitovanjem 1936. godine u Velikoj Britaniji, ali je tokom ratnih godina prekinut. Posle rata, televizija ponovo oživljava u savršenijem obliku, zahvaljujući televizijskoj tehnici koja je razvijana u ratne svrhe. Značajnu prekretnicu predstavlja 1954. godina kada u SAD počinje emitovanje prvog programa kompatibilne televizije u boji.

Kompatibilnost se ogleda u tome što crno-beli prijemnik može da primi program u boji kao crno-belu informaciju,

a prijemnik u boji može da primi i reprodukuje crno-beli program. To je moguće zahvaljujući načinu razlaganja slike u televizijskom signalu.

Postoje tri međusobno nekompatibilna televizijska standarda – NTSC, PAL i SECAM:

NTSC (*National Television System Committee*) standard razvijen je 1950. godine kao prvi televizijski standard. Slika se razlaže na 525 linija i frekvenciji osvežavanja slike od 60 Hz. U upotrebi je u SAD, Kanadi i Japanu.

PAL (*Phase Alternating Line*) je 15 godina mlađi od NTSC-a. Njegove odlike su 625 linija i 50 Hz. Detaljniji je od NTSC-a jer ima 100 linija više i nije podložan greškama u boji. Međutim, zbog osvežavanja slike od 50 Hz, podložniji je treptanju (*flicker*). U upotrebi je u najvećem delu Evrope (kao i kod nas).

SECAM (*Sequence Couleur a Mémoire*) je vršnjak PAL standarda. Eliminisanje grešaka u boji izvedeno je na drukčiji način od PAL-a, ali je u svakom drugom pogledu deli s njim prednosti i nedostatke. U upotrebi je u Francuskoj, Grčkoj, Rusiji, nekim zemljama istočne Evrope i u Africi.

Standardi na kojima se zasniva današnja televizija postoje skoro pola veka. Ako pogledamo rezoluciju televizijske slike koja u PAL standardu iznosi 768 x 576 piksela, vidimo da je daleko ispod standarda koji postavljaju današnji kompjuterski monitori. To je postalo naročito izraženo povećanjem dijagonale televizijskih ekrana, pri čemu rezolucija slike ostaje nepromenjena. Program na takvim televizorima moguće je gledati samo iz daljine jer se iz blizine uočavaju tačke od kojih je sačinjena slika. Zbog toga postoje brojni novi standardi koji se trude da prevaziđu ograničenja današnje televizije i da poboljšaju doživljaj gledanja. Svi se oni kreću u pravcu digitalne obrade slike.

**3. DIGITALNA TELEVIZIJA I NJENE PREDNOSTI**

Pionir u razvijanju tehnologije digitalne televizije jeste japanska državna institucija NHK koja se time bavi još od sedamdesetih godina prošlog veka (poređenja radi, NHK je počela da se bavi digitalnom televizijom tri godine pre nego što je u Evropi počelo emitovanje TV programa u boji). Osnovna razlika današnje digitalne televizije (DTV) u odnosu na analognu jeste prenos digitalnog signala.

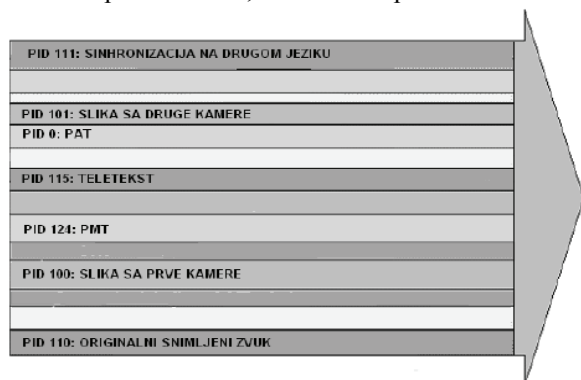
U digitalnom televizijskom signalu prenosi se skup usluga. DVB je usvojio MPEG-2 (*Moving Pictures Experts Group*) standard. Po tom standardu MPEG-2 prenosni tok se formira od velikog broja elementarnih tokova koji nose sliku, zvuk i druge podatke poput aplikacija, elektronskih programskih vodiča, uslužnih (servisnih) tabela. Svaki elementarni tok ima svoj identifikator po kojem se razlikuje u skupu tokova i koji se koristi prilikom razlaganja MPEG-2 prenosnog toka na

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski.

mestu prijema. Više ovakvih tokova emituje se na jednoj frekvenciji, jer su propusni opsezi dovoljno veliki za prenos informacija sa nekoliko usluga.

Slika 1. prikazuje primer formiranja MPEG-2 prenosnog toka u toku snimanja televizijske emisije. Elementarni tok sa identifikatorom 100 prenosi digitalizovanu i komprimovanu sliku snimljenu prvom kamerom, dok se slika sa druge kamere prenosi tokom 101. Tokovi 110 i 111 služe za prenos zvuka, dok tok 115 prenosi teletekst.



Slika 1. MPEG-2 prenosni tok

Digitalni TV kanal ima propusnu moć od 19,39 Mbit/s. Saobraćaj unutar tog kanala može biti realizovan na dva načina:

- celokupan kanal može biti posvećen emitovanju jednog programa
- kanal može biti podeljen na više potkanala manjeg protoka, pri čemu svaki od njih može da prenosi različit program (npr., kanali 2.1, 2.2, 2.3 su potkanali kanala 2). Ovakva podela je moguća zahvaljujući MPEG-2 kompresiji materijala za prenos. Kompresija se zasniva na prenosu promena u slici. Zbog toga materijal sa puno pokreta (recimo, akcioni film) zahteva veću propusnu moć od materijala sa puno statičnih scena (recimo, spiker koji čita vesti). Isto tako, MPEG-2 kompresija dozvoljava i kompresiju u različitim rezolucijama, što takođe omogućava veću ili manju propusnu moć. Kada je rezolucija u pitanju, DTV standard obuhvata tri formata (sa podformatima):

- 480i –rezolucija 704 x 480, 25 frejmova u sekundi,
- 480p –rezolucija 704 x 480, 50 frejmova u sekundi,
- 720p –rezolucija 1280 x 720, 50 frejmova u sekundi,
- 1080i –rezolucija 1920 x 1080, 25 frejmova u sekundi i
- 1080p –rezolucija 1920 x 1080, 50 frejmova u sekundi.

Razlika između „p” (*progressive*) i „i” (*interlaced*) formata jeste u tome što je kod progresivnih formata svaki od 50 frejmova u sekundi kompletan, dok se kod formata sa preplitanjem (*interlaced*) u svakom frejmu iscrta svaka druga linija, pa su dva frejma potrebna za kompletnu sliku.

Formati 480p i 480i se nazivaju *SD* (*Standard Definition*) formati i približno odgovaraju analognoj televiziji. Format 720p, 1080i i 1080p su *HD* (*High Definition*) formati

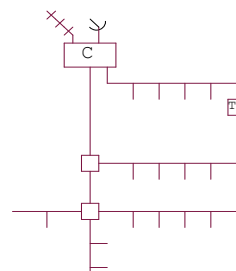
#### 4. KABLOVSKI SISTEMI ZA PRENOS TV SIGNALA

Koaksijalni kablovi (KS) koriste se u kablovskom distributivnim sistemima (KDS) za prenos TV signala od

centra do krajnjeg korisnika topologijom hijerarhijska zvezda ili stablo.

Struktura kablovskog distributivnog sistema (KDS) prikazana je na slici 2. Za ovakvu strukturu karakteristično je da su okosnica mreže kablovi većeg prečnika (manje slabljenje) i nivo signala kod svakog korisnika mora da bude u dozvoljenim granicama (između minimalne i maksimalne vrednosti). Zbog toga se koriste pojačavači, razdelnici, oslabljivači.

U centar (C) dolaze signali iz drugih predajnika, satelitski signali i iz internih studija. Ulazni signali se multipleksiraju AM-NBO modulacijom i prenose do krajnjeg korisnika. Ovakav multipleks sadrži 30, 50 pa i 100 različitih signala. U sadašnjim aplikacijama KS kablovi se koriste i za prenos podataka (Internet) u dolaznom smeru, kao i za klasični analogni telefonski priključak i za više digitalnih telefonskih priključaka.



Slika 2. Struktura kablovskog distributivnog sistema

Pripremljeni su standardi i postoje vec eksperimentalne primene digitalne televizije-zemaljska i satelitska. Treća primena KS kabla jeste u takozvanim mrežama za pristup-poslednja milja (last mile). Vazna je aplikacija u HFC sistemima. HFC (hibridni optički i koaksijalni sistemi) su izuzetno popularni.

#### Karakteristike analognog video signala

Poznato je da video signal sadrži komponente u spektru od 0-5 Mhz. Taj spektar je izražen oko nule i opada ka višim učestanostima. Postupkom prve modulacije spektar se translira oko učestanosti  $f_l$ . Međutim, značajne spektralne komponente su upravo oko  $f_l$  i praktično je nemoguće izdvojiti čist jedan bočni opseg. Zato se koristi takozvana AM-NBO modulacija (sa nesimetričnim bočnim opsezima). Izdvaja se jedan bočni opseg i deo drugog. Naknadnom modulacijom dobija se novi spektar u opsegu od npr. 1 MHz do 6,25 MHz. U postupku demodulacije delovi spektra oko nule će se dopuniti.

#### Karakteristike TV signala

Pri prenosu TV signala od značaja su četiri faktora:

1. Raspodela svetlosti (luminacije) ili raspodela svetla i senke.
2. Stvara se osećaj dubine odnosno tri dimenzije.
3. Dobijanje utiska kretanja.
4. Prenos i prijem slike u boji.

Svi ovi faktori moraju da se uključe u odgovarajući električni signal. Električni signal u jednom trenutku  $t$  mora da integriše osvetljenje scene u tri dimenzije (širina, visina, dubina). To se postiže postupkom skeniranja. Horizontalni detalji scene se skeniraju kontinualno a

vertikalni diskretno. Sada može da se govori o diskretnim momentima slike koji su kvadratnog oblika koji se zovu pikseli.

Slika se sastoji od horizontalne trake koja se deli na piksele. Kod nas je standard 625 linija po slici a dimenzije ekrana su 4x3, za digitalnu televiziju je 16x9. Za taj standard slika sadrži otprilike 420 000 vidljivih piksela.

Odnos horizontalne i vertikalne dimenzije naziva se odnos gledanja.

Sa video signalom prenosi se i signal zvuka. Signal zvuka je frekvencijski modulisan i nosilac je na 5.5 MHz.

Kod digitalne televizije TV signal se pretvara u digitalni signal. Svaki signal pokretne slike je redundantan. To znači da se u dužem vremenskom periodu pojavljuju male razlike između uzastopnih slika. Zbog toga se vrši kompresija TV signala. Prenose se samo promene u odnosu na prethodnu sliku, scenu. Poznata standard za digitalizaciju TV slike jeste MPEG-2. Postoje dve različite metode kodovanja digitalnog TV signala. Prvi je kodovanje komponenti, a drugi je kodiranje kompozitnosti signala.

Za prenos i reprodukciju slike definišu se komponente boja R G B i komponenta osvetljenja Y. Izlazni signal sa TV kamere konvertuje se lineranom matricom u signal osvetljenja (luminentni signal) i dva signala razlike boja R-Y, B-Y. Ovi signali se digitalizuju u A/D konvertoru. Rezultujući digitalni niz ili binarni niz dobija se kombinovanjem ovih signala i dodatnih signala za takt i sinhronizaciju.

Analogni TV signal može da se pretvori u digitalni postupkom impulsne kodne modulacije (PCM). Ovdje se vrši i odabiranje i kvantizacija. Kvantizacija je linearna. Bez kompresije, u PAL sistemu se ostvaruje binarni protok od 141,76 Mb/s.

Zbog toga je kompresija u praksi neophodna.

Postoje tri metode za redukciju binarnog protoka.

- otklanjanje intervala za vertikalnu i horizontalnu sinhronizaciju.
- smanjenje učestanosti odabiranja.
- smanjenje broja bita po odbirku (kodnoj reči).

Treća metoda se može izvesti na tri načina:

1. Prediktivno kodovanje (to se naziva još diferencijalna kodna modulacija DPCM)
2. Entropijsko kodovanje
3. Transformaciono kodovanje

Proces predikcije može se klasifikovati u dve grupe.

1. Prvi je intrafrejm (unutar okvira). Ovde se redukuje prostorna komponenta. Prenosi se cela slika.
2. Drugu grupu čini interfrejm predikcija. Bazira se na eliminaciji vremenske i prostorne redundanse. Koduje se samo promena u odnosu na prethodnu sliku, a prenose se samo promene.

## 5. IP ORJENTISANI SISTEM PRENOSA ZA DISTRIBUCIJU TV SIGNALA

Da bi se prešlo na digitalno emitovanje TV i radio programa potrebno je izgraditi odgovarajuću prenosnu mrežu. Jedno od mogućih rešenja jeste izgradnja

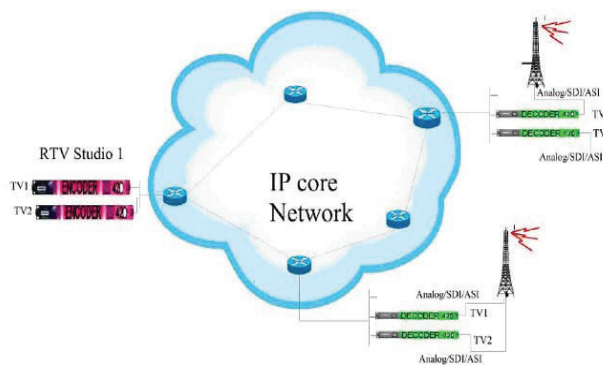
radiorelejnih veza, zasnovanih na savremenoj IP platformi sa korišćenjem ethernet tehnologije. Realizacijom ovakve mreže, ne samo da će se omogućiti distribucija TV signala, nego će se istovremeno omogućiti i nadzor svih emisionih uređaja i lokacija, a takođe će biti moguće prenosne kapacitete ponuditi drugim komercijalnim korisnicima i državnim institucijama.

Korišćenjem ovakvog sistema omogućice se tokom prelaznog perioda, prenos digitalizovanog analognog signala, sa mogućnošću jednostavnog prelaska na DVB i DAB. Dodatna prednost ovog sistema je mogućnost jednostavnog proširenja kapaciteta, radi ustupanja kapaciteta komercijalnim korisnicima. Ovakav sistem omogućava uvođenje centralizovanog nadzora i upravljanje mrežnim resursima.

Distribucija TV i radio signala vrši se korišćenjem enkodera na strani headend-a i dekodera na predajnoj lokaciji. Signal sa enkodera može se ubaciti u sistem na bilo kojoj čvornoj tački. Prenos podataka može se realizovati u režimu tačka-tačka (*point-to-point*), kada svaki paket sadrži tzv. Unicast IP adresu željene destinacije, ili u režimu tačka-više tačaka (*point-to-multipoint*) gde se definiše tzv. multicast IP adresa za određenu grupu krajnjih korisnika.

Za prenos TV i radio signala unutar mreže koristi se multicast režim zbog toga što omogućava prenos istog sadržaja do više predajnih lokacija, a da iskorišćeni kapacitet pri tome ostaje isti bez obzira na broj krajnjih korisnika. Dekoderi se pridružuju multicast grupama korišćenjem IGMP (*Internet Group Management Protocol*) v2/v3 protokola.

Ovakav sistem omogućuje jednostavnu kontribuciju video signala sa različitim lokacija pa je moguće vršiti razmenu audio/video materijala između više studija, obezbediti direktan prenos ili prenos audio/video sadržaja regionalnih TV i radio stanica, slika 3.



Slika 3. Blok šema IP prenosa TV i radio signala

Dodela prostora za druge korisnike unutar mreže je jednostavna i potrebno je samo formirati odgovarajući VLAN (*Virtuelni LAN*) datog korisnika i dodeliti mu odgovarajući broj portova na uređaju sa definisanim potrebnim protokom.

Najjednostavnije rešenje bi bilo da postoje tri VLAN-a za tri grupe korisnika.

U prvoj grupi obavljala bi se kontribucija i distribucija TV i radio signala. U drugoj grupi vršio bi se nadzor uređaja. Dok bi se u trećem VLAN-u izdavali kapaciteti drugim komercijalnim korisnicima. Broj VLAN-ova zavisi isključivo od mrežnog administratora.

## 6. IPTV SISTEMI

IPTV distribuira servise digitalne televizije pomoću mrežne infrastrukture, širokopojasnih pristupnih mreža i standardnog IP protokola. Najopštija definicija IPTV jeste emitovanje televizijskih sadržaja, koji se tradicionalno distribuiraju satelitskim/zemaljskim/kablovskim difuznim mrežama, tehnologijama računarskih mreža [3,4,5].

Za rezidencijalne korisnike, IPTV sadrži i VoD (*Video on Demand*) video na zahtev, kao i Internet servise (VoIP). Komercijalni *TriplePlay* servis sadrži IPTV, VoIP i pristup Internetu. IPTV provajder isporučuje servise zatvorenom mrežom ili korporativnim lokalnim mrežama.

Postoje dva osnovna tipa arhitekture IPTV servera: centralizovana i distribuirana.

Centralizovana arhitektura je relativno jednostavna i podesna za upravljanje. Celokupan sadržaj je arhiviran na centralizovanom serveru i ne zahteva složen distribucioni sistem. Model je dobar za relativno manje mreže sa odgovarajućim protokom u jezgri i na ivicama kao i efikasnim CDN (*Content Delivery Network*) sistemom za isporuku sadržaja.

Distribuirana arhitektura efikasnije koristi protok mreže i inherentno sadrži prednosti u upravljanju velikim serverskim mrežama. Model zahteva složenu tehnologiju za distribuciju multimedijalnog sadržaja.

Robustni i skalabilni IPTV servisi zahtevaju pažljivo projektovanje: distribucija sadržaja, srednji sloj (*middleware*), transportna infrastruktura i uređaj sa strane korisnika. Podsystem za distribuciju sadrži kodere u realnom vremenu, arhiviranje sadržaja i IPTV video serversa striming servisa do korisnika. Distribucija, obrada i adaptacija su funkcije IPTV centra (*headend*). Međutim, serveri mogu biti smešteni na najvišem nivou mreže ako se primenjuje *multicast* distribucija, tako da se efikasnije koriste kapaciteti jezgra mreže. Ako se primenjuje *unicast* distribucija, serveri se smeštaju bliže korisnicima i minimiziralo opterećenje jezgra mreže.

Reprodukcija IPTV programa zahteva PC personalne računare ili STB (*set-top-box*) uređaje povezane na TV prijemnik. Video sadržaj je komprimovan MPEG-2,4 koderima i prenosi se kao MPEG transportni strim. Osnovni IPTV protokoli su IGMP za promenu TV programa uživo, RTSP (*Real Time Streaming Protocol*) protokol se koristi za VoD servis i NPVR (*Network-based Personal Video Recorder*). Nedostaci IPTV sistema su osetljivost na gubitke IP paketa i kašnjenje transporta u realnom vremenu. Ako IPTV konekcije nisu dovoljno brze dolazi do prekida programa i gubitka slike

## 7. ZAKLJUČAK

Prelazak sa analognog na digitalno emitovanje zasniva sa na savremenim dostignućima digitalnih elektronskih komunikacija. Krajnjim korisnicima digitalizacija je pružila bolji kvalitet slike, zvuka i mnogobrojne nove usluge. U radu je prezentovan i primer načina realizacije radio-difuznog sistema prenosa TV signala koji se zasniva na TCP/IP protokolima.

Razvoj elektronskih medija ima za posledicu potrebu za zauzimanjem novih frekvencijskih opsega. Jedan od načina da se obezbede nove vrste usluga jeste prelaz sa analognog na digitalno emitovanje. Da bi se prešlo na digitalno emitovanje potrebno je izgraditi odgovarajuću prenosnu mrežu. "IPTV" je jedno od najnovijih dostignuća iz oblasti primene telekomunikacija u televizijske svrhe, to je zapravo prenos TV signala preko "IP" strukture.

## 8. LITERATURA

- [1] Dokumenti sa web-stranice <http://www.sgi.co.rs>
- [2] Dokumenti sa web-stranice <http://www.cet.rs>
- [3] Dokumenti sa web-stranice <http://docs.google.com>
- [4] Telekomunikacioni forum TELFOR 2008, Primjer realizacije IP orijentisanog sistema prenosa za radio-difuziju, Paunović Aleksandar, Krstajić Božo, *Member IEEE*
- [5] Telekomunikacioni forum TELFOR 2008, Internet televizija, D. Milovanović, Z. Bojković

### Kratka biografija



**Mira Jovičić** rođena je u Višegradu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Poštanskog saobraćaja i telekomunikacija odbranila je 2010.god.



**Željko Trpovski** rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. ima zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

## MOBILNA TELEFONIJA ČETVRTE GENERACIJE (4G)

## MOBILE TELEPHONY OF FOUR GENERATION (4G)

Milan Tekić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

## OBLAST – SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** – U ovom radu predstavljena je za sada najnaprednija tehnika širokopojasnog pristupa, u oblasti savremenih telekomunikacija. Cilj ovog rada jeste da se prikaže mogućnost poboljšanja prenosa korišćenjem adaptivne OFDMA modulacije, tj. adaptacijom parametara podnosilaca (modulacione šeme, energije) na kanalni feding, u odnosu na one sisteme gde se koristi konvencionalna OFDMA tehnologija. Obrađena je i primena 4G Mobilnih sistema na Automatsko lociranje vozila u saobraćaju, primenom GPS uređaja.

**Abstract** – In this paper the most progressive technique of broad-band access in area of modern telecommunications is presented. Purpose of this work is to represent possibility of advanced broadcast in systems with application of Adaptive OFDMA modulation, Adaptation of subcarrier parameters (modulation layout, energy) on feeding channel in regard to the systems where conventional OFDMA technology is in use. The implementation of 4G mobile systems to Automatic location of vehicles, with application of GPS devices is analysed.

**Ključne reči:** OFDMA, GPS, WiMAX

## 1. UVOD

Nakon kratkog istorijata mobilnih sistema prve generacije, predstavljene su osnovne karakteristike javnih ćelijskih mobilnih sistema. Obrađene su savremene komunikacione mreže za pristup u mikrotalasnom području. Savremene komunikacione mreže podrazumevaju mobilnu telefoniju treće generacije, migraciju ka 4G mreži zasnovanu na standardu IEEE 802. 16 (WiMAX). U nastavku je opisana aplikacija za simulaciju prenosa podataka primenom OFDMA tehnike. Na kraju je dat kratak zaključak i spisak literature.

## 2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE JAVNIH ĆELIJSKIH MOBILNIH SISTEMA

Mobilni komunikacioni sistemi danas su među najznačajnijim telekomunikacionim sistemima koji rade u oblasti mikrotalasa.

Prvi sistemi u kojima se nudio javni mobilni telefonski servis pojavili su se u Americi krajem 40-ih, a u Evropi krajem 50-ih godina prošlog veka.

## NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Milana Tekića "Mobilna Telefonija Četvrte Generacije, sa primenom na Automatsko lociranje vozila (AVL), čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr. prof.

## 2.1. Razvoj sistema prve generacije mobilnih telefona

Prvi sistemi su zahtevali širinu opsega od oko 10 kHz za prenos jednog govornog kanala. 1978. godine u Americi dolazi do razvoja prvog celularnog sistema AMPS (eng. *Advanced Mobile Phone System*) koji koristi frekvencijski opseg od 40 MHz unutar opsega od 800-900 MHz.

## 2.2. Druga generacija javnih ćelijskih mobilnih telefona

Do 80-ih godina prošlog veka su razrađene vrlo efikasne i pouzdane tehnike za bežični prenos digitalnih podataka poput tehnika digitalne modulacije signala, algoritma za prevenciju i korekciju grešaka, novih metoda multipleksiranja, novih arhitektura radio-primopredajnika itd. Prednosti razvoja digitalnih radio-sistema u odnosu na analogni su: veći kapaciteti sistema, bolja pokrivenost, bolji kvalitet govornog signala, internacionalni *roaming*, prenos poruka i faksimila, prenos podataka brzinom 9, 6 Kb/s, realizacija mreže kroz makro, mikro i piko ćelije, tehnologija pristupa TDMA.

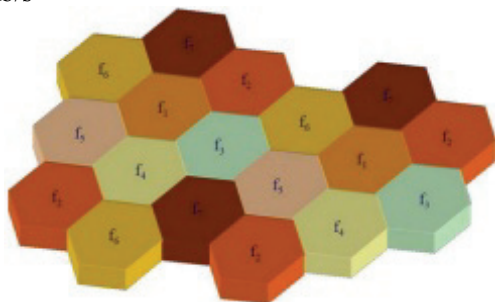
## 2.3. Standard GSM

GSM je digitalna mobilna tehnologija koja se koristi u zemljama Evrope, Afrike, Bliskog Istoka i jednom delu Severne Amerike. GSM je razvijen sa ciljem da se jakom velikom broju potencijalnih pretplatnika omogući pouzdana mobilna komunikacija, pre svega prenosom govora i kratkih tekstualnih poruka SMS (eng. *Short Message Service*) dužine do 160 alfanumeričkih znakova.

Osnovne tehničke karakteristike GSM-a su:

- Uskopojasna TDMA šema sa osam vremenskih kanala po nosiocu
- A/D konverzija i kodiranje govora sa 13 Kb/s, primenom zaštitnog kodovanja i vremenske kompresije digitalizovanog govora (271 kb/s)
- Primena GMSK sa efikasnim iskorišćenjem spektra i dobrom imunošću na smetnje
- Opciona primena sporog frekvencijskog skakanja FH u radio opsegu, što omugaćava izbegavanje ili smanjenje uticaja kanala sa visokim nivoima smetnje
- Unutrašnja sopstvena zaštita poruka pri prenosu
- Frekvencijski opseg u Evropi širok 50 MHz, u dva podopsega: 890-915 MHz *uplink* i 935-960 MHz *downlink*
- Zaštitni razmak od 45 MHz između dupleksnog para radio nosilaca
- Ćelijski sistem (maksimalan poluprečnik ćelije je oko 35 km, ali se u urbanim sredinama koristi oko 1 km, a u ruralnim oko 10 km (slika 1.)
- Brz *handover*

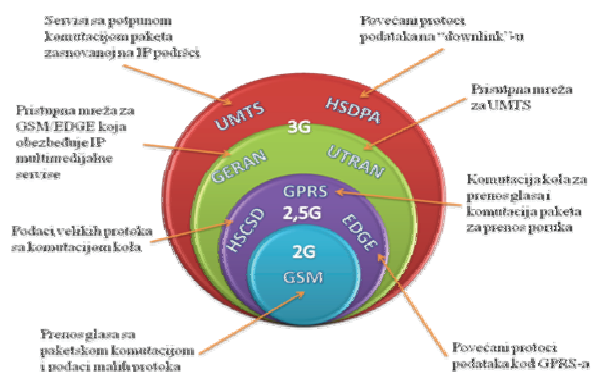
- Kontrola i korekcija efektivne izračene snage mobilne i bazne stanice
- Veliki broj servisa, prenos podataka sa brzinom 9.6 kb/s



Slika 1. Raspored frekvencija u ćelijskoj mobilnoj mreži

## 2.4. Sistemi mobilne telefonije treće generacije

Kao sledeća nadogradnja GSM standarda definisan je UMTS standard (*eng. Universal Mobile Telecommunications System*). Prema standardu, on je u potpunosti kompatibilan sa već postojećim GSM-om, pri čemu se koristi prošireno jezgro mreže definisano u okviru faze 2+ standarda (slika 2). UMTS je tehnologija treće generacije koja obezbeđuje veze sa relativno velikim protocima (do 2 Mb/s) kako bi se podržao veći broj novih servisa, uključujući i multimedijalne servise sa različitim QoS (*engl. Quality of Service*) zahtevima (slika 2.).

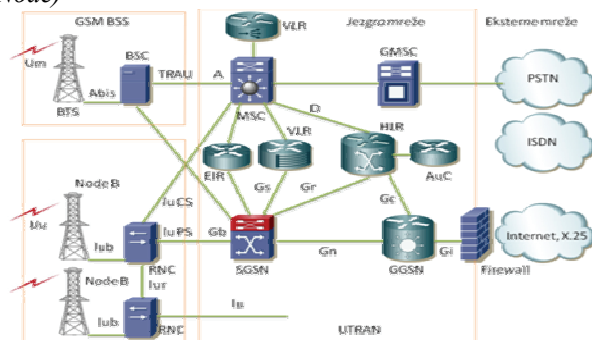


Slika 2. Razvoj ETSI standarda mobilnih sistema

### 2.4.1. Struktura UMTS mreže

Jezgro mreže UMTS sistema je logički podeljeno na dva domena (slika 3.):

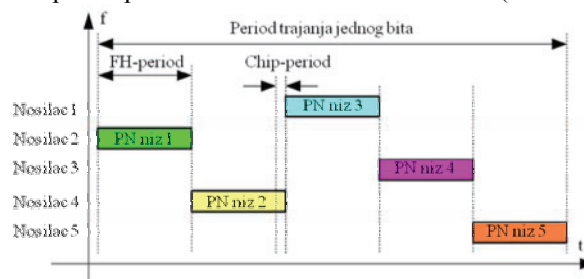
- CS-opslužuje veze sa komutacijom kola i formiran je oko MSC (*eng. Mobile Switching Center*),
- PS-opslužuje veze sa komutacijom paketa i formiran je oko SGSN (*eng. Serving GPRS Support Node*)



Slika 3. Struktura UMTS mreže

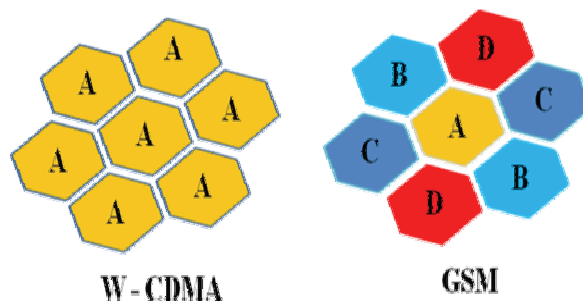
### 2.4.2. W-CDMA

W-CDMA prenos predstavlja kombinaciju klasične CDMA tehnike i tehnike "brzog skakanja frekvencija" FFH po unapred definisanim FDMA kanalima (slika 4.).



Slika 4. Kombinacija mehanika CDMA i FHH kao osnova prenosa kod W-CDMA sistema

Primenom ovakve kodne šeme verovatnoća javljanja Near-Far efekta na nivou svakog pojedinačnog bita je vrlo mala, pod uslovom da se vodi računa o tome da su GH sekvence koji koriste različiti mobilni predajnici međusobno različite.



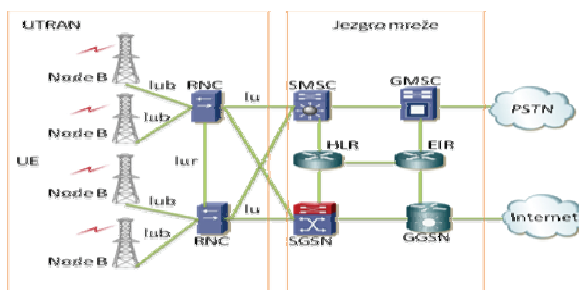
Slika 5. Ćelijske strukture GSM i W-CDMA sistema

### 2.4.3. Pristupna mreža UTRAN

Standard UTRAN predstavlja hardversko i softversko proširenje postojećih mreža 2+ GSM. Uvedena su dva nova elementa:

- RNC (*eng. Radio Network Controller*) i
- Čvor B (*Node B*)-UMTS bazna stanica

Ovi elementi zajedno čine podsistem radio mreže RNS (*eng. Radio Network Subsystem*) tako da jedan RNC kontroliše jedan RNS. Na RNC se povezuje jedan ili više Node B, a svaki Node B može servisirati više ćelija. Ovi elementi i interfejsi prikazani su na slici 6.

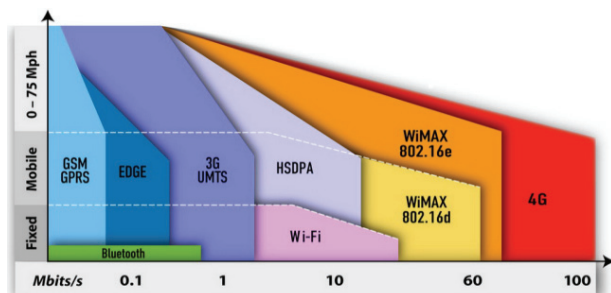


Slika 6. Realizacija UTRAN pristupne mreže

## 2. 5. Migracije ka četvrtoj generaciji mobilnih sistema

Razvoj mobilnih sistema četvrte generacije jeste formiranje jednog globalnog sistema koga karakterišu velike brzine prenosa podataka, globalni roaming i mnogobrojni servisi sa različitim kvalitetom servisa QoS. Formiranje

globalnog sistema podrazumeva integraciju fiksne, celularne i satelitske mreže, kao i WLAN (eng. *Wireless Local Area Network*), slika 7.



Slika 7. Razvoj savremenih mobilnih telekomunikacionih sistema

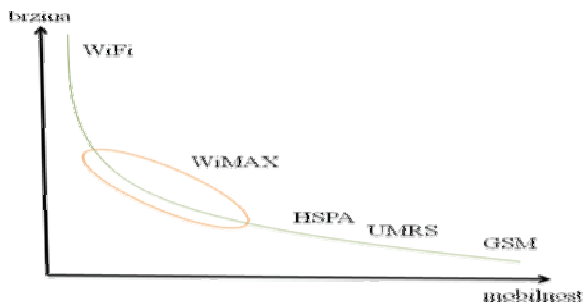
Testiranje mreže četvrte generacije pokazala su da je pored praktično neograničene mobilnosti korisnika moguće ostvariti brzinu prenosa između 20 Mb/s i 100 Mb/s.

## 2.6. Pristupna mreža WiMAX

Sve veća potražnja za širokopojasnim pristupom Internetu dovodi do prezasićenja postojeće zemaljske infrastrukture oličene u telefonskim paricama i koaksijalnim kablovima u smislu kapaciteta bitskog protoka. Povećanje brzine pristupa se može postići uvođenjem optičkih kablova do svakog korisnika.

Poznato je da bilo koji telekomunikacioni operater ima najviše troškova prilikom uspostave tzv. *last-mile*. Pod ovim izrazom se podrazumeva problem ostvarivanja dovoljno brzog i kvalitetnog prenosa podataka između poslednjeg sistemskog čvora i krajnjeg korisnika koji je posredstvom njega povezan sa lokalnom a zatim i globalnom računarskom mrežom. To bi značilo da takav korisnik izlazi izvan takozvane "vruće tačke" (eng. *Hot spot*), pri čemu ovaj termin ukazuje na oblast oko bazne stanice, u kojoj je na bilo kom mestu u toj oblasti moguće ostvariti konekciju sa baznom stanicom.

Kao rešenje se nameće korišćenje visoko efiksnog bežičnog standard za pristup kao što je WiMAX (Eng. *Worldwide Interoperability for Microwave Access*), slika 8.



Slika 8. Mesto WiMAX-a u postojećoj strukturi mobilnih radio mreža

WiMAX koji je baziran na standardu IEEE 802.16, omogućava širokopojasni pristup baziran na IP-u za mobilne i fiksne bežične korisnike kako u urbanom okruženju, tako i u ruralnim oblastima. IEEE standard razvijen je kako bi omogućio vezu između bazne stanice i korisnika, između kojih ne postoji direktna optička vidljivost, sa dometom između 3 i 10 km.



Slika 9. WiMAX mreža

## 2.7. OFDMA tehnika pristupa

OFDMA je jedan novi i drugačiji način pristupa koji se koristi u bežičnim MAN mrežama i predstavlja kombinaciju modulacione šeme i višestrukog pristupa koji deli komunikacioni kanal na takav način da može da ga koristi više korisnika. OFDMA je modulaciona tehnika koja omogućava korisničkim podacima da budu preneseni pomoću podnosilaca, tako što se prilagodi faza ili amplituda podnosilaca.

Najčešće se koristi PSK (eng. *Phase Shift Keying*) i QAM (Quadrature Amplitude Modulation) metode. Originalni niz podataka od korisnika se deli paralelno i ciklično na N nizova od kojih sada u svakom paralelnom nizu imamo 1/N puta manji protok u odnosu na početni niz.

Svaki paralelni niz se sada mapira sa jedinstvenim podnosiocem, zatim se postupkom IFFT (eng. *Inverse Fast Fourier Transform*) od svih podnosilaca i podataka koje nose formira jedinstven signal u vremenskom domenu, koji se potom emituje.

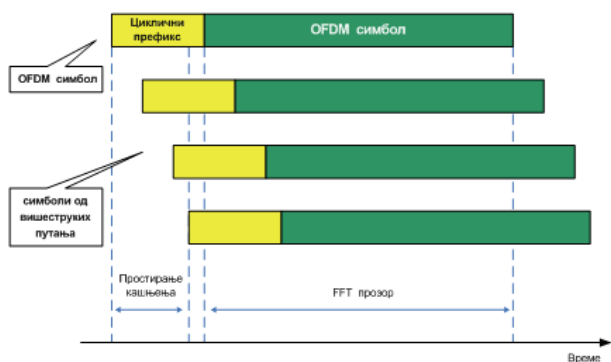


Slika 10. Blok šema OFDMA primopredajnika

### 2.7.1. Dodavanje cikličnog prefiksa

U idealnom prenosu signala sve što se pošalje kroz kanal to se dobije na mestu prijema, međutim u realnom slučaju javlja se ISI (eng. *Intersymbol Interference*), gde usled uticaja impulsnog odziva kanala dolazi do preklapanja dva ranije nezavisna simbola.

Osim toga javlja se međunakanalna interferencija gde tri prolaska kroz kanal ranije ortogonalni nosioci gube svojstvo ortogonalnosti. Jedan metod koji rešava i ISI i ICI (eng. *Interchannel Interference*), jeste metod dodavanja cikličnog prefiksa, slika 11.



Slika 11. Dodavanje cikličnog prefiksa OFDMA simbolu

$$SNR_{loss} = -10 \log(1 - \frac{T_{cp}}{T})$$

$SNR_{loss}$  – Gubici snage zbog ubacivanja cikličnog prefiksa

$T_{cp}$  – Trajanje cikličnog prefiksa

$T$  – Ukupno trajanje OFDMA simbola koji se šalje

## 2.8. MIMO sistemi

Pošto SISO (eng. *Single Input Single Output*) sistemi ne mogu da postignu željenu spektralnu efikasnost, MIMO sistemi zaokupljaju sve više pažnje i uključeni su u standard za mobilne bežične sisteme kao opcionalna mogućnost. MIMO sistemi imaju višestruke prednosti u odnosu na SISO sisteme kao što su multipleksiranje, iskorišćenje prostornog, vremenskog i drugih vrsta *diversity*-a, potiskivanje interferencije, kao i korišćenje antenskih nizova.

Kapacitet sistema se linearno povećava sa korišćenjem više antena za nezavisno emitovanje podataka.

## 2.9. Automatsko lociranje vozila

AVL (eng. *Automatic Vehicle Location*) je uobičajeni termin za jedan od načina primene mobilne telematike za praćenje grupe vozila, koji obuhvataju integraciju bežičnih komunikacija i (obično) uređaja za praćenje (u opštem slučaju GPS) u automobile. Najpoznatiji primer mobilne telematike je GM-ov **OnStar** sistem, koji automatski traži pomoć ako je vozilo učestvovalo u nekoj saobraćajnoj nesreći. Ovi sistemi mogu da izvršavaju i funkcije kao što su:

- Daljinska dijagnostika motora
- Praćenje ukradenih vozila
- Obezbeđivanje pomoći na putu

Postoje dve osnovne vrste AVL sistema:

1. Satelitski AVL sistemi uključuju:
  - Globalne pozicione sisteme
  - Geostacionarne satelite
  - Niskoorbitalne satelite-LEO
2. Zemaljski zasnovana infrastruktura AVL sistema-uključuje:
  - Grupne sisteme za kontrolu vozila AVM
  - Računsku navigaciju DR
  - Navigacione sisteme dugog dometa
  - Signalne službe

## 3. ZAKLJUČAK

Evidentan je ubrzan razvoj bežičnih komunikacija zasnovanih na tehnici širokopojasnog pristupa. Veruje se da će sistemi zasnovani na OFDMA tehnici pristupa predstavljati najbolje rešenje za oblasti sa slabim razvijanjem komunikacionom infrastrukturom. Niže cene uvođenja u odnosu na žičnu tehnologiju, su ovaj vid komunikacije stavile na prvo mesto. Štaviše, nekadašnje pretpostavke o razmeni multimedija urealnom vremenu, su konačno postale deo stvarnosti a prednosti ovakvog prenosa su brojne i nepobitne.

## 4. LITERATURA

- [1] Milan Šunjevarić: *Radiotehnika 2*
- [2] Dragan Soldat: *WiMAX tehnologija i njena primjena u mrežama za pristup*, 15. Telekomunikacioni forum TELFOR 2007
- [3] *Principi OFDM sistema za radio komunikacije*, Predrag Spasić, Ljubomir Zelenbaba, 2005

## Kratka biografija:

**Milan Tekić** rođen je u Tuzli 1985 god. Osnovnu i Srednju školu je završio u Ugljeviku 2004 god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka na katedri za Saobraćaj odbranio 2010. god.

**PREDLOG MERA ZA POBOLJŠANJE PROIZVODNO-EKONOMSKIH REZULTATA I KVALITETA USLUGE ATP DOO „COSMOS”****PROPOSITION MEASURES FOR IMPROVEMENT OF PRODUCTION-ECONOMIC RESULTS AND QUALITY SERVICES TRANSPORT COMPANY DOO „COSMOS”**Nedeljko Stjepanović, Pavle Gladović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je izvršena analiza dosadašnjeg poslovanja ATP DOO „COSMOS” iz Šamca. Prikazana je celokupna organizaciona struktura preduzeća, kao i struktura voznog parka i zaposlenih. Dat je predlog mera u cilju poboljšanja efikasnosti datog preduzeća.

**Abstract** – In this paper analysis has been done to the current business ATP DOO „COSMOS” from Šamac is shown all the organizational structure, structure of rolling stock and structure of employees. It is a proposal of measures in order to improve efficiency of the enterprises.

**Ključne reči:** Analiza poslovanja, organizaciona struktura, autoprevoz.

**1. UVOD**

Ovim radom je pokušano da se izvrši sagledavanje postojećeg stanja u ATP DOO „COSMOS” iz Šamca zajedno sa primerom ekonomske opravdanosti međugradске autobuske linije Šamac-Brčko. Kroz analizu linije i izračunavanja izmeritelja rada autobusa u međugradskom saobraćaju određuje se rezultati analize postojeće linije kao i celog preduzeća, uz predlog mera za otklanjanje uočenih nedostataka i poboljšanje efikasnosti kroz uvođenje informacionih sistema u sve tehnološke procese i sektore, a sve u cilju da u svakom trenutku prevozni sistem bude sposoban da odgovori potrebama i zahtevima putnika.

**2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA**

Pri izradi ovog rada, za proračun izmeritelja rada linije i neravnomernosti protoka putnika uzeto je sedam dana u mesecu januaru 2010. godine. U pomenutom vremenskom periodu za koji je rađena analiza ove linije, prevoz je obavljan autobusom tipa Neoplan sa kapacitetom od 53 mesta.

**2.1. Veličina voznog parka**

Inventarski vozni park ATP DOO „COSMOS” se sastoji

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Nedeljka Stjepanovića „Predlog mera za poboljšanje proizvodno-ekonomskih rezultata i kvaliteta usluge ATP DOO „COSMOS” iz Šamca čiji mentor je bio prof.dr Pavle Gladović.

od 15 vozila (tabela 1), što zadovoljava potrebe u obavljanju prevoza u prigradskom, međugradskom i međunarodnom saobraćaju. Proteklih godina nije bilo velikih promena u inventarskom broju vozila, vršen je otpis starih i dotrajalih autobusa, a kupovani su novi i kvalitetniji autobusi koji po karakteristikama ispunjavaju sve veće zahteve tržišta. Ova zamena nije sprovedena u onoj meri u kojoj je to potrebno, jer su za to neophodna velika finansijska sredstva.

Tabela 1. Veličina voznog parka u periodu 2007-2009. godine

| Vozni park | Godina |       |       | Indeks (%) |        |        |
|------------|--------|-------|-------|------------|--------|--------|
|            | 2007.  | 2008. | 2009. | 8/7        | 9/7    | 9/8    |
| Ukupno     | 14     | 14    | 15    | 100,00     | 107,14 | 107,14 |

**2.2. Analiza pokazatelja rada voznog parka**

Rezultati rada voznog parka se analiziraju i ocenjuju pomoću izmeritelja i pokazatelja kojima je definisan transportni proces. Ovi izmeritelji i pokazatelji omogućavaju izražavanje uticaja promene eksploatacionih izmeritelja na proizvodnost, prirodne i finansijske rezultate rada voznog parka. Takav metodološki pristup pogodan je za praktičnu primenu pri planiranju odgovarajućih organizaciono-tehnoloških mera, izučavanje prevoznih zahteva i uslova pri kojima treba organizovati transport. Osnovni cilj svega toga je smanjenje troškova transporta i povećanje proizvodnosti voznog parka.

Da bi se odredio transportni rad voznog parka, neophodno je pre svega izmeriti:

- vremenski bilans vozila u danima
- vremenski bilans vozila u časovima
- uslove pri izvršenju transportnih procesa (brzina vožnje, rastojanje prevoza)
- pređeni put vozila i stepen iskorišćenja pređenog puta
- stepen iskorišćenja kapaciteta vozila.

Preko pokazatelja rada može se dati ocena uspešnosti rada jednog vozila, grupe vozila ili celog voznog parka u određenom vremenskom intervalu. Na osnovu te ocene može se doći do zaključka koje mere treba preduzeti da bi preduzeće uspešnije poslovalo u narednom periodu.

Tabela 2. Koeficijenti iskorišćenja kapaciteta vozila za ceo vozni park

| Izmerit.      | Godina |      |      | Indeks (%) |        |       |
|---------------|--------|------|------|------------|--------|-------|
|               | 2007   | 2008 | 2009 | 8/7        | 9/7    | 9/8   |
| $\gamma$      | 0,52   | 0,54 | 0,53 | 103,85     | 101,93 | 98,15 |
| $\varepsilon$ | 0,42   | 0,45 | 0,43 | 107,14     | 102,38 | 95,56 |

Proizvodnost voznog parka se povećava ako se poveća koeficijent iskorišćenja voznog parka ( $\alpha$ ), koeficijent iskorišćenja vremena u 24 časa ( $\rho$ ), koeficijent statičkog iskorišćenja kapaciteta vozila ( $\gamma$ ), koeficijent dinamičkog iskorišćenja kapaciteta vozila ( $\varepsilon$ ), kapacitet vozila ( $q$ ), koeficijent iskorišćenja pređenog puta ( $\beta$ ) i saobraćajna brzina ( $V_s$ ). Sa druge strane, proizvodnost voznog parka se smanjuje ako se povećaju vremenski gubici po ostvarenoj vožnji sa putnicima ( $t_{d\lambda}$ ). Nešto je složenija situacija kada je u pitanju uticaj srednje dužine vožnje sa putnicima na proizvodnost voznog parka. Naime, sa povećanjem ovog izmeritelja povećavaju se puna i radna proizvodnost u zavisnosti od transportnog rada, ali se smanjuju puna i radna proizvodnost u zavisnosti od broja prevezenih putnika.

Najveći uticaj na proizvodnost voznog parka imaju koeficijenti iskorišćenja kapaciteta vozila (tabela 2), tako da bi u narednom periodu prioritet trebalo dati njihovom povećanju. Trebalo bi sprovesti istraživanje o potrebama putnika za prevozom i prilagoditi redove vožnje tim potrebama. Uz pomoć rezultata tog istraživanja mogle bi da se otvore nove linije na kojima bi koeficijenti iskorišćenja vozila bili visoki. Treba uzeti u obzir da se povećanjem ovih koeficijenata povećava vreme dangube zbog većeg vremena za ukrcaj i iskrcaj putnika. Prilagođavanje reda vožnje potrebama putnika doprinelo bi i povećanju iskorišćenja pređenog puta, jer bi se smanjili prazni kilometri, što bi se takođe pozitivno odrazilo na proizvodnost voznog parka. Boljom organizacijom rada voznog parka trebalo bi povećati koeficijent iskorišćenja voznog parka i koeficijent iskorišćenja vremena u 24 časa, treba voditi računa o tome da se na taj način povećavaju vremenski gubici po ostvarenoj vožnji sa putnicima. Dakle, kod mnogih koeficijenata čije povećanje pozitivno utiče na proizvodnost voznog parka treba uzeti u obzir da njihovo povećanje prouzrokuje i povećanje vremena dangube, što se negativno odražava na proizvodnost. Veoma je važno smanjiti vreme dangube na najmanju moguću meru, a to se može postići nabavkom niskopodnih vozila za gradski saobraćaj, kao i povećanjem srednjeg rastojanja prevoza jednog putnika otvaranjem novih međugradskih linija. Povećanje proizvodnosti voznog parka se može postići i povećanjem srednje saobraćajne brzine, ali tu treba voditi računa o ograničenjima brzine, kao i o faktoru bezbednosti. Najbolji efekat na tom planu bi se postigao uvođenjem posebnih traka za javni prevoz u gradu.

### 2.3. Utvrđivanje troškova

Transportni troškovi predstavljaju najvažniji uopšteni pokazatelj rezultata poslovanja, [3]. Finansijski rezultat poslovanja ATP predstavlja skup odnosa koji pokazuju

formiranje i trošenje novčanih sredstava u autotransportnoj proizvodnji.

Troškovi se po proizvodnom obeležju dele na stalne i promenljive troškove.

Stalni troškovi se formiraju po vremenu i nezavisni su od intenziteta eksploatacije i obima proizvodnje. U stalne troškove spadaju:

- Amortizacija vozila
- Naknade za korišćenje javnih puteva
- Naknade za gradsku čistoću
- Takse za tehnički pregled vozila
- Kasko osiguranje vozila
- Bruto zarade
- Obavezno osiguranje vozila.

Promenljivi troškovi menjaju se u ukupnoj sumi u funkciji pređenog puta vozila. Što je veći broj ukupnih pređenih kilometara, to će suma promenljivih troškova biti veća. U promenljive troškove spadaju:

- Troškovi goriva
- Troškovi maziva
- Troškovi autoguma
- Troškovi korišćenja autouta
- Naknada za korišćenje stanice
- Naknada za prodaju karata itd.

Tabela 3. Ukupni finansijski rashodi preduzeća u 2009. godini

| Redni broj | Stalni troškovi                                 | Konvertibilne marke (km) | %             |
|------------|-------------------------------------------------|--------------------------|---------------|
| 1.         | Nabavna vrednost prodate robe                   | 25.228,00                | 2,21          |
| 2.         | Troškovi ostalog materijala                     | 9.252,00                 | 1,17          |
| 3.         | Troškovi zarada, naknada i ostali lični rashodi | 315.284,00               | 40,04         |
| 4.         | Troškovi proizvodnih usluga                     | 125.940,00               | 15,99         |
| 5.         | Troškovi amortizacije                           | 156.668,00               | 19,89         |
| 6.         | Nematerijalni troškovi                          | 83.980,00                | 10,66         |
| 7.         | Troškovi poreza                                 | 18.569,00                | 2,36          |
| 8.         | Rashodi kamata                                  | 45.880,00                | 5,83          |
| 9.         | Negativne kursne razlike                        | 100,00                   | 0,013         |
| 10.        | Ostali finansijski rashodi                      | 6.580,00                 | 0,84          |
| 11.        | <b>Ukupni stalni troškovi</b>                   | <b>787.481,00</b>        | <b>60,89</b>  |
| Redni broj | Promenljivi troškovi                            | Konvertibilne marke (km) | %             |
| 1.         | Troškovi goriva i energije                      | 450.000,00               | 88,98         |
| 2.         | Troškovi rezervnih delova, guma..               | 55.716,00                | 11,02         |
| 3.         | <b>Ukupni promenljivi troškovi</b>              | <b>505.716,00</b>        | <b>39,11</b>  |
|            | <b>Ukupno</b>                                   | <b>1.293.197,00</b>      | <b>100,00</b> |

### 2.4. Utvrđivanje rentabilnosti autobuske linije

Da bi linija bila rentabilna, potrebno je da prihodi budu veći od troškova ( $P > T$ ). Ukoliko to nije slučaj, potrebno je između ostalog preuzeti i sledeće korake[4]:

- Izvršiti analizu postignutih rezultata i njihovo upoređenje sa rezultatima u prethodnom vremenskom periodu;
- Planirati smanjenja troškova i njihovu primenu u budućem vremenskom periodu;
- Uporediti postojeće rezultate sa rezultatima drugih preduzeća.

Tabela 4. *Finansijski rezultati poslovanja preduzeća u 2009. godini*

| Pokazatelj                  | Konvertibilne marke (KM) |
|-----------------------------|--------------------------|
| Ukupni prihodi              | 1.345.970,00             |
| Ukupni stalni troškovi      | 787.481,00               |
| Ukupni promenljivi troškovi | 505.716,00               |
| <b>DOBITAK</b>              | <b>52.773,00</b>         |

Osnovni cilj svakog preduzeća je da posluje sa finansijskim dobitkom, tako da se može reći da je preduzeće u prethodnoj godini ostvarilo cilj, ali bi u narednom periodu trebalo težiti postizanju većeg finansijskog dobitka preko povećanja prihoda i smanjenja troškova.

## 2.5. Analiza međugradske linije Šamac-Brčko

Analiza međugradske linije Šamac-Brčko je izvršena u periodu od 25.01.2010. do 31.01.2010. godine. Linija saobraća svakodnevno, polazak iz Šamca je po redu vožnje u 11:30h, a dolazak u Brčko u 12:30h. U povratku, polazak iz Brčkog je u 12:50h, a dolazak u Šamac u 13:50h. Prevoz se obavlja autobusom kapaciteta 53 mesta, sa jednim mestom za konduktera. Korišćeni su podaci iz kontrolnih listova, a podaci o broju putnika, koji su falili za određene dane dobijeni su brojanjem putnika u autobusu na datoj liniji.

Na osnovu podataka iz kontrolnih listova o broju putnika i podataka o cenama karata iz cenovnika za liniju Šamac-Brčko, izračunat je prihod dobijen radom linije u periodu od ponedeljka 25.01.2010. do nedelje 31.01.2010. Poređenjem dobijenih vrednosti prihoda sa dobijenim vrednostima troškova linije utvrđena je ekonomska opravdanost funkcionisanja linije.

## 2.6. Anketa

Anketa je sprovedena na autobuskoj stanici 25. i 29. januara 2010. godine u vremenskom periodu od 5:30-9h i 14-16h na uzorku od 140 anketiranih osoba.

### 2.6.1. Prikaz rezultata ankete

Struktura korisnika po polu

Procentualna zastupljenost polne strukture anketiranih je: 57% ženskog pola i 43% muškog pola (tabela 5).

Tabela 5. *Struktura korisnika prema polu*

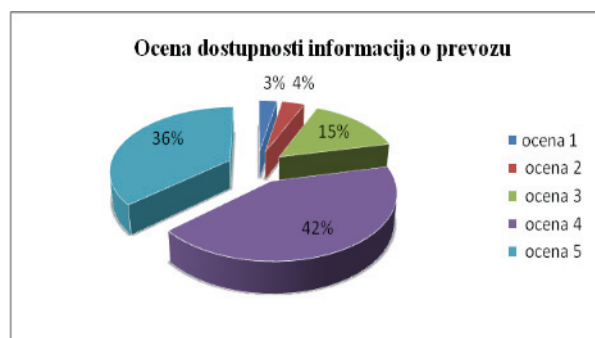
| Pol    | Broj anketiranih | Procentat(%) |
|--------|------------------|--------------|
| Muški  | 60               | 43,00        |
| Ženski | 80               | 57,00        |
| Ukupno | 140              | 100,00       |

Anketirani su bili razvrstani i po starosnoj strukturi, po zanimanju, po učestalosti korišćenja prevoza.

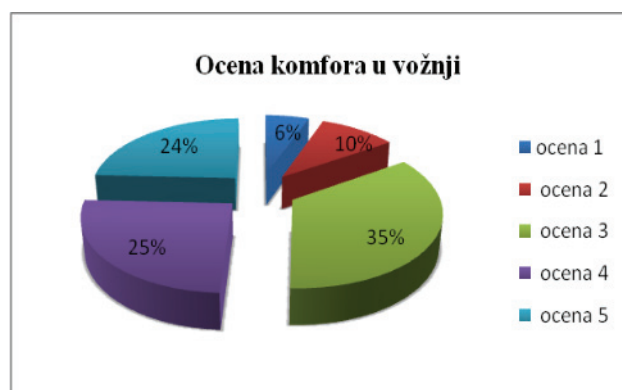
Anketirane osobe su odgovarale na pitanja o: oceni ljubaznosti osoblja (grafik 1), oceni dostupnosti informacija o prevozu (grafik 2), oceni komfora u vožnji (grafik 3), oceni cene prevoza (grafik 4) i oceni pouzdanosti prevoza (grafik 5) i davale ocene od 1-5, što ćemo videti iz sledećih priloženih grafika. Anketirane osobe su uglavnom nezadovoljne cenom karti i dostupnošću informacijama o prevozu.



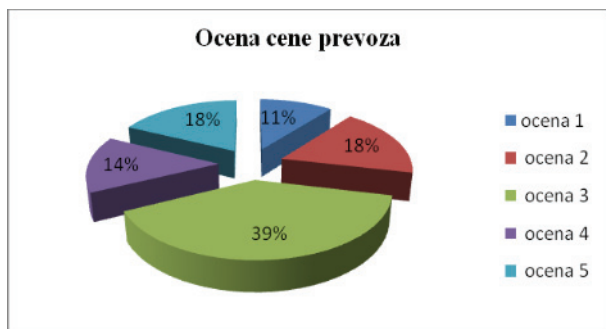
Grafik 1. *Ocena ljubaznosti osoblja*



Grafik 2. *Ocena dostupnosti informacija o prevozu*



Grafik 3. *Ocena komfora u vožnji*



Grafik 4. Ocena cene prevoza



Grafik 5. Ocena pouzdanosti prevoza

## 2.7. Predlog mera

Realnim sagledavanjem trenutnog stanja ATP DOO „COSMOS“ i uočavanjem određenih problema u poslovanju pomenutog preduzeća dat je sledeći predlog mera čijim bi se uvođenjem omogućilo rentabilnije poslovanje preduzeća, kao i bolji kvalitet prevozne usluge[6]:

- Racionalizacija sistema naplate
- Redovno anketiranje putnika
- Uvođenje sistema za navigaciju (GPS)
- Osavremenjivanje voznog parka
- Praćenje rentabilnosti svakog obrta na međugradskim relacijama
- Novi pristup u radu sa vozačima
- Reorganizacija zaposlenih
- Uvođenje poslovnog informacionog sistema

Istraživanjem i uspostavljanjem prevoznih potreba omogućilo bi se projektovanje procesa prevoza, priprema organizacije prevoza i realizacija samog procesa prevoza, a sve u cilju podizanja nivoa i kvaliteta prevozne usluge i definisanja daljih pravaca delovanja.

## 3. ZAKLJUČAK

Izvršena analiza rada i rezultata poslovanja preduzeća DOO „COSMOS“ iz Šamca u posmatranom vremenskom periodu beleži pozitivne finansijske rezultate. Međutim postoje mogućnosti da se zarada još više uveća.

Kvalifikaciona struktura zaposlenih nije na potrebnom nivou. Kroz zapošljavanje visoko obrazovanih kadrova, preduzeće treba da prati nove tehnologije rada i razvoja i podiže ukupan nivo usluge korisnicima.

Preduzete je suočeno sa finansijskom krizom i besparicom i nemogućnošću da kupe nova vozila. Starost voznog parka je na nivou koji je nezadovoljavajući, što se

nepovoljno odražava na poslovanje preduzeća kroz povećane troškove održavanja. Koeficijent tehničke ispravnosti voznog parka nije na zavidnom nivou, što dovodi do intenzivnijeg trošenja vozila i porasta prosečne starosti. Ovakav negativan trend može se odraziti na bezbednost saobraćaja, što bi prouzrokovalo opasnost putnika, a tako i ostalih učesnika u saobraćaju.

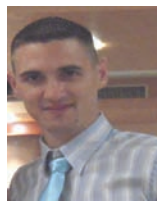
Važna je i saradnja sa drugim javnim preduzećima u cilju ostvarenja opšteg interesa. Bolji javni prevoz bi potisnuo u drugi plan korišćenje individualnih automobila, što bi doprinelo čistijem vazduhu, manje zakrčenim ulicama, ali i rešenju sve većeg problema nedostatka površina za parkiranje. Bolji prevoz bi doprineo i većoj mobilnosti putnika, ali u međugradskom saobraćaju uslov za veći broj putovanja je i povećanje standarda.

Zaposleni i rukovodstvo ATP DOO „COSMOS“ treba da znaju da na tržištu transportnih usluga glavni faktor predstavlja konkurencija. Glavni cilj jeste uspostavljanje optimuma na liniji prevoznik – korisnik, uz obostrano zadovoljenje. Posle uvođenja sistema kvaliteta potrebno je vršiti kontrolna istraživanja. Kontrolna istraživanja mogu se vršiti na svakih šest meseci ili godinu dana.

## 4. LITERATURA

- [1] Dr Nikola Putnik: Autobaze i autostanice, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2004.
- [2] Prof. Dr. Pavle Gladović, „Tehnologija drumskog saobraćaja“, Stilos, Novi Sad, 2003.
- [3] Prof. Dr. Ljubomir Torenčarević, „Organizacija i tehnologija drumskog transporta“, Građevinska knjiga, Beograd, 1987.
- [4] Dr. Milan Inić: Bezbednost drumskog saobraćaja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
- [5] Diplomski-master rad U. Todorovića: Predlog mera za poboljšanje proizvodno-ekonomskih rezultata i kvaliteta usluge ATP „Subotica-trans“. Novi Sad: Fakultet Tehničkih Nauka, Saobraćajni odeljenje 2007.
- [6] Diplomski-master rad G. Milojevića: Analiza poslovnog informacionog sistema PO „Lasta“ Smederevo, predlozi novih rešenja i efekti njihovog uvođenja. Novi Sad: Fakultet Tehničkih Nauka, Saobraćajni odeljenje 2007.

## Kratka biografija:



**Nedeljko Stjepanović** rođen je u Bijeljini, RS, BiH 1985. god. Osnovnu i srednju školu elektrotehničku je završio u Ugljeviku 2004. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka na katedri za saobraćaj odbranio je 2010. god.

**Prof. dr Pavle Gladović** rođen je u Beogradu 1951.god. Diplomirao je na saobraćajnom fakultetu u Beogradu, na odelu za drumski i gradski saobraćaj i transport. Doktorirao je 1994. godine na saobraćajnom fakultetu u Beogradu. Od 2000. godine je zaposlen na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

## EMISIJA UGLJEN DIOKSIDA NA KORIDORU X SRBIJE - PRORAČUN TROŠKOVA I PREDLOZI REŠENJA ZA SANACIJU

### EMISSIONS OF CARBON DIOXIDE CORRIDOR X SERBIAN - WORKING OUT THE COST AND PROPOSALS FOR RESTORATION SOLUTIONS

Duško Čulić, Jovan Tepić, Ilija Tanackov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** – U radu su proračunati dnevni i godišnji troškovi sanacije ugljen dioksida na deonicama Koridora X kroz Srbiju za pojedine kategorije vozila u 2008. godini. Ustanovljeno je da su glavni zagađivači vazduha teretna vozila. Dati su predlozi mera za sanaciju sa ciljem zaštite životne sredine i potrošnje energije.

**Abstract** – The paper calculated daily and annual costs of rehabilitation of carbon dioxide in the sections of Corridor X through Serbia for certain categories of vehicles in 2008. year. It was found that the main pollutants of air freight vehicles. Are given suggestions of measures for rehabilitation with the aim of environmental protection and energy consumption.

**Ključne reči:** emisija ugljen dioksida, Koridor X, intermodalni transport, zaštita životne sredine, troškovi sanacije

#### 1. UVOD

Neophodna pretpostavka razvoja ljudskog društva i svetske privrede je razvoj saobraćajnih sistema. Pri tome oni stvaraju pored pozitivnih i negativne efekte za privredu i društvo u celini. Saobraćaj utiče na životnu sredinu stvarajući niz neželjenih i štetnih efekata. Jedan od najizraženijih problema koji se danas nameće savremenom društvu je globalno zagrevanje. To je osnovni parametar planiranja obima unutrašnjeg i međunarodnog ukupnog saobraćaja.

Brojna istraživanja pokazuju da je udeo saobraćaja u zagađivanju životne sredine znatan, prvenstveno zbog sagorevanja fosilnih goriva, pa je saobraćaj postao jedan od najvećih zagađivača životne sredine [1].

Razvijene zemlje sveta sve više pooštavaju kriterijume u oblasti saobraćaja, posebno drumskog. Zbog toga se u ekološkom pogledu i favorizuju grane saobraćaja čiji je udeo u degradaciji životne sredine najmanji.

Prema evropskim iskustvima, tendencije su da se što veće mere ekološke zaštite ostvare uvođenjem kombinovanog drumskog, železničkog i vodnog transporta. Ova tehnologija je već duži period zastupljena na određenim pravcima u zemljama Evropske Unije (EU) i u dosadašnjoj praksi dala je mnoge prednosti kako u smislu bržeg i jeftinijeg prevoza robe, tako i u smislu smanjenja zagađenja životne okoline [2].

#### NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Jovan Tepić, docent.

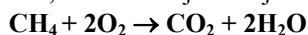
Ova problematika kod nas nije do sada istraživana sa ekonomsko-ekološkog aspekta pa je stoga u ovom radu to urađeno

#### 2. ELEMENTI SANACIJE UGLJEN DIOKSIDA

U uslovima kada saobraćaj kao delatnost, u našoj zemlji, ponovo dolazi do izražaja uključivanjem u evropske tokove, neophodno je da se pristupi realizaciji politike zaštite i unapređenja životne sredine. U cilju smanjivanja nepoželjnih uticaja na životnu sredinu uz objedinjavanje ekonomskih interesa i interesa za zaštitu životne sredine, propisani su standardi ISO 14000.

Najveći proizvođači ugljen dioksida (CO<sub>2</sub>), koji stvara efekat staklene bašte, su industrija (35%) i saobraćaj (42%). Drumski saobraćaj (90%) prednjači u emisiji ovog gasa u poređenju sa drugim vidovima saobraćaja, jer jedino pogonsko gorivo drumskih prevoznih sredstava su veštačka tečna goriva dobijena preradom osnovnog fosilnog goriva, tj. nafte [3].

Proces sagorevanja najjednostavnijeg ugljovodonika iz reda alkana, metana dat je hemijskom jednačinom [4]:



Sagorevanje najprostijeg ugljovodonika metana koji sadrži 75% ugljenika daje neverovatne odnose o potrošnji kiseonika i emisije ugljen dioksida. Ugljenik čini 87% tečnih gorivih materija, tako da je intencija emisije ugljendioksida u SUS motorima i veća.

**1 kg metana za sagorevanje troši 4 kg kiseonika!**

**1 kg metana pri sagorevanju emituje 2,75 kg CO<sub>2</sub>!**

#### 3. ELEMENTI STRATEGIJE ODRŽIVOG RAZVOJA

Nacionalna strategija održivog razvoja Republike Srbije [5] definiše održivi razvoj kao ciljnoorijentisan, dugoročan, neprekidan, sveobuhvatan i sinergijski proces koji utiče na sve aspekte života (ekonomski, socijalni, ekološki i institucionalni) na svim nivoima.

Održivi razvoj podrazumeva izradu modela koji na kvalitetan način zadovoljavaju društveno-ekonomske potrebe i interese građana, a istovremeno uklanjaju ili znatno smanjuju uticaje koji prete ili štete životnoj sredini i prirodnim resursima.

Cilj Strategije je da uravnoteži tri ključna faktora, tj. tri stuba održivog razvoja: održivi razvoj ekonomije, privrede i tehnologije, održivi razvoj društva na bazi socijalne ravnoteže i zaštitu životne sredine uz racionalno raspolaganje prirodnim resursima.

Istovremeno, cilj strategije je da spoji ta tri stuba u celinu koju će podržavati odgovarajuće institucije. Strategija značajno doprinosi usklađivanju mogućih suprotstavljenih ciljeva utvrđenih s različitih aspekata društveno-ekonomskog razvoja, premošćavanju jaza između sektorskih politika, kao i uspostavljanju sistema uzajamnih prednosti. To je postignuto jer su u izradi Strategije učestvovala sve ključne društvene grupe.

#### 4. STRATEGIJA TRANSPORTA

Strategijom razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji od 2008. do 2015. godine [6], utvrđuje se stanje u tim oblastima transporta, uspostavlja se koncept razvoja infrastrukture i transporta, definišu se dugoročni i oročeni ciljevi razvoja transportnog sistema i akcioni plan za njihovu realizaciju, a imajući u vidu potrebu za održivim razvojem transporta u Republici Srbiji. Smernice za takav razvoj postavljene su na nivou celog sistema i bazirane su na principima bezbednosti, intermodalnosti, primene savremenih tehnologija, komplementarnog korišćenja svih vidova saobraćaja i racionalnog korišćenja raspoloživih kapaciteta i resursa u državi u korist svih građana Republike Srbije. Strategija je ciljno orijentisana i zasnovana na viziji za 2015. godinu koja uzima u obzir društveni razvoj, opredeljenje Republike Srbije ka članstvu u Evropskoj Uniji, održivi razvoj transportnog sistema i stabilne institucije.

Faze razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji su: obnova, rekonstrukcija, modernizacija i izgradnja.

Brzina realizacije navedenih faza varira, razlikuje se po vidovima saobraćaja i zavisi od političkih interesa EU i drugih članica međunarodne zajednice, međunarodnih finansijskih institucija, finansijske sposobnosti države i razvoja političke situacije u Republici Srbiji.

#### 5. KORIDOR X

Koridor X sa svojim krakima – Xb (Beograd – Budimpešta) i Xc (Niš – Sofija) je najznačajniji drumski i železnički pravac na teritoriji Republike Srbije.

Kroz Srbiju Koridor X prolazi sledećom trasom, na kojoj njegovu trasu pokrivaju sledeći magistralni putevi, glavni pravac i dva kraka (slika 1.):



Slika 1. Trasa Koridora X

Glavni pravac (M1): Batrovci, opština Šid (granica sa Hrvatskom) – Beograd – Tabanovce, opština Preševo (granica sa Makedonijom), a krakovi u Srbiji su:

Krak B (M22): Horgoš, Opština Kanjiža (granica sa Mađarskom) – Beograd i

Krak C (M1.12): Niš – Gradina, opština Dimitrovgrad (granica sa Bugarskom).

#### 6. PRORAČUN EMISIJE UGLJEN DIOKSIDA

Analiza emisije ugljen dioksida na Koridoru X obavljena je na osnovu podataka o brojanju saobraćaja koje je izvelo JP "Putevi Srbije" u 2008. godini. Brojanje je izvedeno automatskim brojačima 24 sata dnevno tokom cele godine. Na osnovu toga dobijeni su podaci o prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju (PGDS) na svakoj pojedinačnoj deonici Koridora X. Prilikom brojanja saobraćaja, vozila su razvrstana u šest kategorija, a to su: putnički automobili (PA), autobusi (BUS), laka teretna vozila (LT), srednje teretna vozila (ST), teška teretna vozila (TT) i auto vozovi (AV).

Zbirni prikaz broja kolskih kilometara za glavni pravac i dva kraka Koridora X dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Kolski kilometri za glavni pravac i dva kraka Koridora X

| Deonica            | PA       | BUS   | LT     | ST     | TT     | AV     | Ukupno   |
|--------------------|----------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Batrovci – Preševo | 6.064773 | 96489 | 123587 | 273933 | 345467 | 758167 | 7.662416 |
| Horgoš – Beograd   | 1.149511 | 15398 | 21444  | 46368  | 73654  | 147462 | 1.453837 |
| Niš – Dimitrovgrad | 353827   | 5268  | 8007   | 10762  | 22945  | 123286 | 524094   |
|                    |          |       |        |        |        |        | 9.640348 |

Iz tabele 1. vidimo da se na celoj dužini Koridoru X dnevno ostvari 9.640.348 kolakm ili po jednom km puta dnevno se u proseku ostvari 14.488 kolakm.

Najveći procenat učešća u PGDS-u imaju putnička automobili 81,32%, onda slede auto vozovi 8,70%, teška teretna vozila 4,18%, srednje teretna vozila 3,16%, laka teretna vozila 1,50% i autobusi 1,14%.

Za prosečnu potrošnju goriva na 100 kilometara po kategorijama vozila usvojeni su podaci prema tabeli 2.

Tabela 2. Prosečna potrošnja goriva po kategorijama vozila

| Kategorija vozila                              | PA | BUS | LT | ST | TT | AV |
|------------------------------------------------|----|-----|----|----|----|----|
| Proseč. potrošnja goriva $m_G$ [litara/100 km] | 7  | 22  | 10 | 22 | 30 | 33 |

Zbirni prikaz prosečne dnevne potrošnje goriva u kilogramima po kategorijama vozila za glavni pravac i dva kraka Koridora X u 2008. godini dat je u tabeli 3.

Tabela 3. Prosečna dnevna potrošnja goriva u kilogramima na Koridoru X u 2008. godini

| Deonica            | PA     | BUS   | LT   | ST    | TT    | AV     | Ukupno |
|--------------------|--------|-------|------|-------|-------|--------|--------|
| Batrovci – Preševo | 339627 | 16982 | 9887 | 48212 | 82912 | 200156 | 697776 |
| Horgoš – Beograd   | 64372  | 2710  | 1715 | 8160  | 17676 | 38930  | 133580 |
| Niš – Dimitrovgrad | 19814  | 927   | 640  | 1894  | 5506  | 32547  | 61330  |
|                    |        |       |      |       |       |        | 892672 |

Na osnovu podatka iz tabele 3. možemo konstatovati da vozila na Koridoru X prosečno dnevno potroše 892.672 kilograma goriva, odnosno na godišnjem nivou:

**325.825.572 kilograma godišnje**

Uzimajući u obzir da osnovu goriva čine u većini alkani, alkeni i ciklični ugljikovodici, od kojih je najzastupljeniji alken metan, a da iz 1 kilograma metana pri sagorevanju nastaje 2,75 kilograma ugljen dioksida, onda na osnovu podataka iz tabele 3. možemo izračunati dnevnu emisiju ugljen dioksida u tonama na Koridoru X u 2008. godini (tabela 4.).

**Tabela 4. Dnevna emisija ugljen dioksida u tonama na Koridoru X u 2008. godini**

| Deonica            | PA  | BUS | LT | ST  | TT  | AV  | Ukupno   |
|--------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|----------|
| Batrovci – Preševo | 934 | 46  | 27 | 132 | 228 | 550 | 1.918,89 |
| Horgoš – Beograd   | 177 | 7   | 5  | 22  | 48  | 107 | 367,35   |
| Niš – Dimitrovgrad | 54  | 3   | 2  | 5   | 15  | 89  | 168,66   |
|                    |     |     |    |     |     |     | 2.454,90 |

Na osnovu podatka o ukupnoj dnevnoj emisiji CO<sub>2</sub> iz tabele 4, možemo izračunati emisiju ugljen dioksida na Koridoru X u toku cele 2008. godine:

**2.454,90 x 365 = 896.038,5 tona godišnje**

Cena sanacije CO<sub>2</sub> u toku dana na Koridoru X, je izračunata:

$$C = G \cdot m_{CO_2} \cdot c,$$

gde je:

$C$  – cena sanacije ugljen dioksida [evra],

$G$  – masa goriva u kilogramima [kg],

$m_{CO_2}$  – masa CO<sub>2</sub> nastala sagorevanjem 1 kg goriva [kg/kg] i

$c$  – cena sanacije jedne tone CO<sub>2</sub> [evra/toni].

Uz  $m_{CO_2} = 2,75$  kg/kg i  $c = 120$  evra/toni i podacima o prosečnoj dnevnoj potrošnji goriva u 2008. godini iz tabele 3. dobijamo ukupnu cenu sanacije CO<sub>2</sub> u toku dana na celom Koridoru X, tj. na glavnom pravcu koridora i na njegova dva kraka, kako je prikazano je u tabeli 5.

**Tabela 5. Cena sanacije CO<sub>2</sub> u evrima u tokom jednog dana na Koridoru X u 2008. godini**

| Deonica            | PA     | BUS   | LT   | ST    | TT    | AV    | Ukupno |
|--------------------|--------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| Batrovci – Preševo | 112077 | 56040 | 3268 | 15910 | 27361 | 66051 | 230266 |
| Horgoš – Beograd   | 21243  | 894   | 566  | 2693  | 5833  | 12847 | 44081  |
| Niš – Dimitrovgrad | 6538   | 306   | 211  | 625   | 1817  | 10740 | 20239  |
|                    |        |       |      |       |       |       | 294582 |

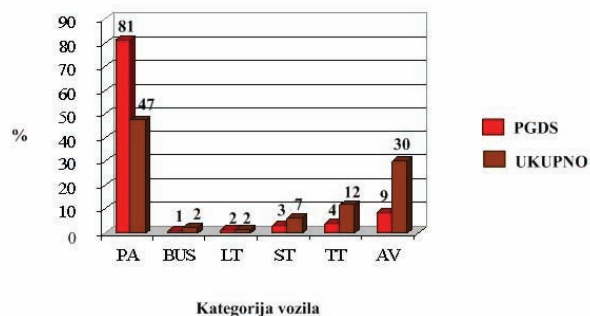
Ako se prikazani podatci u tabeli 5. i cena sanacije CO<sub>2</sub> u toku jednog dana pomnoži sa 365 dana u godini, dobijamo podatak o godišnjoj ceni sanacije CO<sub>2</sub> na Koridoru X:

**294.582,02 x 365 = 107.522.433 evra godišnje**

## 7. MERE ZA SMANJENJE UGLJEN DIOKSIDA

Iz analize procentualnog učešća pojedinih kategorija vozila i ukupne cene sanacije CO<sub>2</sub> na Koridoru X, možemo uočiti ključne zagađivače i predložiti mere za smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Procentualno učešće po kategorijama vozila u ukupnoj ceni sanacije CO<sub>2</sub> na Koridoru X prikazano je na slici 2.

Odnos procenta učešća vozila po kategorijama u PGDS i ukupnom zagađenju



Slika 2. Odnos procenta učešća vozila po kategorijama u PGDS i ukupnom zagađenju

Sa grafika se vidi da putnički automobili procentualno učestvuju u PGDS sa 81%, a u ukupnom zagađenju putnički automobili učestvuju sa svega 47%, dok auto vozovi u PGDS učestvuju sa svega 9%, a mnogo više u ukupnom zagađenju sa 30%. Zatim teška teretna vozila u PGDS sa 4%, a u ukupnom zagađenju sa 12%, te srednje teretna vozila u PGDS sa 3%, a u ukupnom zagađenju sa 7%. Laka teretna vozila u PGDS sa 2%, a u ukupnom zagađenju sa 2% i autobusi u PGDS sa 1%, a u ukupnom zagađenju 2%.

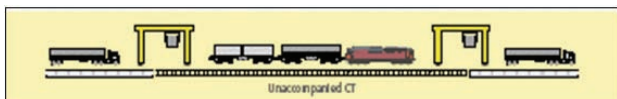
Iz navedenog se potvrđuje da je na Koridoru X najveći zagađivač na putevima teretni saobraćaj, a time se potvrđuje značaj cilja Nacionalne strategije održivog razvoja da se smanji udeo saobraćaja u zagađenju vazduha.

Budući da železnički saobraćaj ima niz komparativnih prednosti u odnosu na drumski, sistem transporta robe železnicom u Republici Srbiji mora biti organizovan tako da bude potpuno konkurentan drumskom i drugim vidovima saobraćaja. Oko 25 % glavnih pruga železničke mreže u Republici Srbiji nalazi se na osnovnoj mreži Koridora X i njegovim ograncima Xb i Xc.

Intermodalni transport predstavlja prevoz robe u jednoj nepromenljivoj transportnoj jedinici ili na jednom transportnom sredstvu, koje koriste dva ili više vidova saobraćaja bez pretovara robe pri promeni vida saobraćaja.

Kombinovani transport (drum – železnica) je deo intermodalnog transporta koji predstavlja prevoz robe koje se jednim delom prevoze sredstvima železničkog, a jednim delom sredstvima drumskog saobraćaja. Ovaj vid saobraćaja može biti praćeni ili nepraćeni saobraćaja.

Unaccompanied CT saobraćaj je transport celih drumskih vozila, kontenera, izmenljivih transportnih sudova ili poluprikolica, nepraćenih od strane vozača drumskog vozila (slika 3.).



Slika 3. Nepraćeni saobraćaj

Rolling Motorway (RoMo, accompanied transport) je transport kompletnih drumskih teretnih vozila železnicom, pri čemu u sastavu voza postoje železnička kola u kojima vozač drumskog vozila odmara za vreme prevoza železnicom (slika 4.).



Slika 4. Praćeni saobraćaj

Intermodalni transport u Republici Srbiji do 2005. godine učestvovao je u ukupnom transportu sa svega 0,5%, a u zemljama EU 6 ÷ 9%.

## 8. ZAKLJUČAK

Od mnogobrojnih štetnih uticaja saobraćaja na životnu sredinu u ovom radu razmatran je štetni uticaj emisije ugljen dioksida nastalog izgaranjem fosilnog goriva u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem kod različitih kategorija drumskih vozila na Koridoru X.

Istraživanje je pokazalo da putnički automobili učestvuju u prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju sa 81%, ali da u ukupnom zagađenju učestvuju sa svega 47%. Međutim, auto vozovi u prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju učestvuju sa svega 9%, a čak 30% u ukupnom zagađenju. Ova teretna vozila svojim učešćem u transportu urokuju 52,6% troškova održavanja autoputa. Sličan je uticaj i ostalih teretnih vozila, čime je dokazano da na zagađenje okoline najveći uticaj ima teretni saobraćaj.

Prema evropskim iskustvima, tendencije su da se što veće mere ekološke zaštite ostvare uvođenjem tehnologije prevoza kompletnih drumskih vozila železnicom na opterećenim saobraćajnim pravcima. Praksa je pokazla mnoge prednosti kako u smislu bržeg i jeftinijeg prevoza robe, tako i u smislu smanjenja zagađenja životne okoline. Potrebni brutotonski kamionski kilometri mogu se u izuzetno velikom obimu zameniti brutotonskim železničkim kilometrima. Ovaj koncept se uveliko planski primenjuje u razvijenim zemljama Evrope i u potpunosti je zakonski regulisan.

Imajući u vidu strateški cilj da se poboljša pozicija Republike Srbije u međunarodnom transportu, treba da se naglasi racionalna i ciljno orijentisana stimulacija razvoja železničkog, intermodalnog i vodnog transporta na međunarodnim koridorima.

Intermodalni transport u Republici Srbiji, kao transport od šireg društvenog interesa, ekološki prihvatljiviji, ekonomski opravdan i bezbedan, zahteva podršku države.

Uloga države u razvoju intermodalnog transporta je veoma važna kako bi se stimulativnim merama olakšao razvoj intermodalnog transporta u cilju promovisanja po društvo ekonomičnijeg transporta i stvaranja alternativa za drumski transport robe.

## 9. LITERATURA

- [1] Vesković S. i drugi: "Opravdanost uvođenja novih tehnologija u železničku robnu stanicu Novi Sad", studija, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2002.
- [2] Perišić R.: "Savremene tehnologije transporta ", Želnid, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1995.
- [3] [http://www.bts.gov/publications/transportation statistics annual report/2005.](http://www.bts.gov/publications/transportation_statistics_annual_report/2005)
- [4] Piletić M. V., Milić LJ., Đilas M.: Organska hemija I, Prometej, Novi Sad, 1992.
- [5] Nacionalna strategija održivog razvoja, "Službeni glasnik RS", Br. 55/2005, 71/2005. i 101/2007.
- [6] Strategija razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji od 2008. do 2015. godine, "Službeni glasnik RS", Broj 55/2005, 71/2005 - ispravka i 101/2007.

### Kratka biografija:

**Duško Čulić**, rođen je u Mrkonjić Gradu 1983. godine. Diplomski - master rad, pod nazivom "Emisija ugljen dioksida na Koridoru X Srbije, proračun troškova i predlozi rešenja za sanaciju ", odbranio je na Fakultetu tehničkih nauka 2010. godine.

**Dr Jovan Tepić, docent** - rođen je 24.06.1959. u Živaji, opština Kostajnica. Diplomirao je na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Od 2006. radi na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na Katedri za tehnologije transportnih sistema. Objavio je više stručnih i naučnih radova. Autor je dve monografije i dva udžbenika, te jedne zbirke rešenih zadataka.

**Dr Ilija Tanackov, vanredni profesor** - rođen je 14.01.1967. godine u Kikindi. Saobraćajni fakultet, železnički odsek završio je u Beogradu. Od 1996. godine radi na Fakultetu tehničkih nauka na kojem je završio postdiplomske studije i odbranio doktorsku disertaciju.

## MERE ZA POVEĆANJE PROIZVODNO-EKONOMSKIH REZULTATA RADA ATP „Bugarinović-Transport“ DOO

### MEASURES TO INCREASE PRODUCTION-ECONOMIC RESULTS OF ATP "Bugarinović-Transport" LTD.

Marko Vještica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** – Cilj rada je izvršiti analizu poslovanja ATP „Bugarinović-Transport“ DOO iz Novog Sada sa prikazom organizacione strukture, kadrovske strukture kao i dati prikaz tehničkog stanja i kapaciteta voznog parka za 2009. godinu.

**Abstract** – The aim of this paper is carried out business analysis, ATP "Bugarinović-Transport" DOO, Novi Sad depicting the organizational structure, personnel structure and give the view of the technical condition and capacity of our fleet for 2009. year.

**Ključne reči:** Saobraćaj, Transport, Međunarodni transport, Roba, Propisi, Dozvole.

#### 1. UVOD

Sa razvitkom čovečanstva razvijao se i transport. Svaki novi pronalazak je proces transporta činio sve složenijim. Povećanje materijalne proizvodnje je zahtevalo i povećanja transporta. Nastao je kompleksni transportni sistem koji čini integrisanu celinu interaktivnih elemenata, koji zajedno izvršavaju funkciju transportnog procesa (transportnih zadataka). [1] To znači, da je transport privredna delatnost koja služi kao logistička podrška svim ljudskim aktivnostima. Saobraćaj čini posledica potreba za prevozom robe i predstavlja organizovano kretanje transportnih sredstava po zajedničkoj mreži. Uprkos različitim tumačenjima i definicijama transporta i saobraćaja, generalno je transport realizacija potreba za premeštanjem robe, a saobraćaj je nužna posledica transporta, takođe i saobraćaj kao takav utiče na povećanu potrebu za transportom.

#### 2. ANALIZA ATP-a DOO „BUGARINOVIĆ-TRANSPORT“

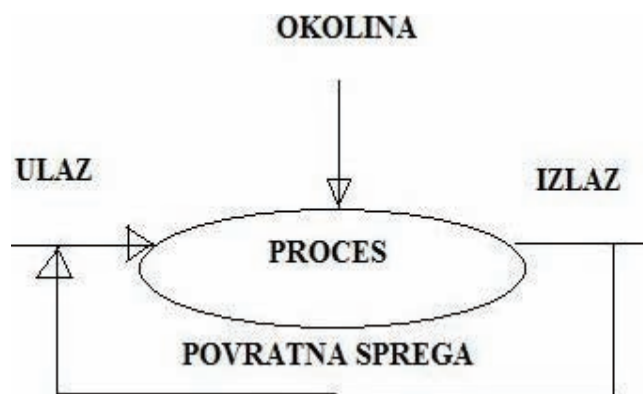
##### 2.1. Delatnost preduzeća

Osnovna delatnost autotransportnog preduzeća DOO „Bugarinović-Transport“, su usluge međunarodnog transport robe. Firma je prvobitno bila osnovana kao privatno preduzeće sa potpunom odgovornošću da bi 2007. godine bila doneta odluka o organizovanju DOO u privatnoj svojini.

##### 2.2 Organizaciona struktura preduzeća

Kada se govori o organizaciji preduzeća, uglavnom se podrazumeva usklađivanje svih elemenata proizvodnog

ciklusa i drugi funkcija kao što su istraživanje i razvoj, prodajna funkcija, nabavna funkcija itd. Na osnovu navedenog šematskog prikaza (*Slika 1.*), zaključujemo da je ulazni element organizacije ATP-a zahtev za transportom robe, dok izlazni element čine transportne usluge, a proces je postupak u kome se obavlja transportni proces. [2]



Slika 1. Organizaciona struktura preduzeća

#### 3. ANALIZA ANGAŽOVANIH RESURSA

Pod pojmom vozni park podrazumeva se skup svih transportnih sredstava autotransportnog preduzeća. Po svom sastavu vozni park može biti homogen ili heterogen. Ukoliko je vozni park sastavljen od vozila iste marke i tipa onda je to homogen vozni park. Sastav voznog parka po pravilu retko je homogen. Ukoliko Vozni park je najčešće je heterogene strukture što je slučaj i u autotransportnom preduzeću DOO „Bugarinović-Transport“ tj. sastavljen je od vučnih vozila (tegljača) različitih marki i tipova. Inventarski vozni park sastoji od dvadestdva vučna vozila.

Vozni park firme se sastoji od 44 vozne jedinice: 22 vučnih vozila-tegljača, 22 priključnih vozila-poluprikolica i od jednog viljuškara. Novih 13 Volvo fh 1242T je opremljeno sa Ed Blue tehnologijom i rezervoarima koji obezbeđuju čistije izduvne gasove i imaju manji štetan uticaj na životnu sredinu. Svi tegljači ispunjavaju EURO 5 standarde o emisiji štetnih izduvnih gasova. ATP „Bugarinović-Transport“ DOO u vlasništvu takođe poseduje i 5 Volvo fh 1242T sa EURO 3 standardom kao i 4 Scania P124 istog standarda. Visoku efikasnost u radu je najlakše ostvariti sa homogenim voznim parkom. Treba težiti „tipizaciji“ vozila ili bar svesti na minimum broj marki i tipova vozila u voznom parku. U cilju stvaranja

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Pavle Gladović, red.prof.

uslova za ocenu i analizu rada vozila u voznom parku, potrebno je da svako ATP izvrši podelu po grupama (Slika 2.) vozila koja imaju iste tehničke-eksploatacione karakteristike i čije je tehničko stanje približno jednako.



Slika 2. Vozni park firme

#### 4. MEĐUNARODNI TRANSPORT ROBE

U međunarodnom prevozu robe postoji puno isprava i dokumenata: isprave i dokumenti za vozača, vozilo i robu. Vozači moraju svatiti neophodnost ovih isprava i dokumenata i moraju ih proveriti pre nego što krenu na put. Za sve isprave vozač mora imati originale u vozilu i pokazati ih na zahtev ovlašćenog organa npr. Policija..

Isprave i dokumenta za vozilo: svako vozilo ima neki vid registracije u pisanom obliku. Vozilo mora imati u registraciji zapisan broj šasije i broj otora. U ovoj ispravi su upisani masa vozila, dozvoljena nosivost, a u slučaju tegljača mora biti navedena maksimalna vučna masa. Vozilo mora da ima osiguranje za podmirivanje štete trećim licima.

##### 4.1. Međunarodne dozvole

Postoji nekoliko vrsta dozvola:

- *Standardne nacionalne omogućuje prevozniku isporuku ili skupljanje vlastite robe u zemlji i inostranstvu i prevoz robe trećih uz naknadu ili zakup na nacionalnom nivou (domaći prevoz).*
- *Standardne međunarodne: omogućuju operateru isporuku ili skupljanje vlastite robe i obavljanje prevoza robe drugih osoba u zemlji ili inostranstvu, kao i obavljanje prevoza robe trećih osoba uz naknadu ili zakup na međunarodnom nivou (međunarodni prevoz)*

##### 4.2. Evro dozvole

Pravila koja su regulisala međunarodni prevoz robe u okviru Evropske zajednice, dramatično su se promenile od 01. januara 1993. godine. Od tog datuma potrebno je samo jedna dozvola za obavljanje međunarodnog prevoza u okviru Evropske zajednice. Prema vremenskoj važnosti dozvole možemo podeliti na:

A. Stalne dozvole i

B. Dozvole za pojedinačne

A. Stalne dozvole:

a.) Dozvole koje se izdaju na osnovu bilateralnih sporazuma i imaju sledeće karakteristike:

- *Period važenja ne može biti duži od jedne kalendarske godine,*
- *Dozvola može biti namenska, za obavljanje navedene vrste prevoza određene vrste stvari i/ili za određenu relaciju,*
- *Prateći dokument dozvole je dnevnik koji se mora voditi i*
- *Dozvolu može koristiti bilo koje vozilo imaoca dozvole, može jedno vozilo u odlasku a drugo u povratku, ali nikako istovremeno.*

b.) CEMT dozvole tj. multilaterarne stalne dozvole za prevoz stvari, samo između zemalja članica i imaju sledeće karakteristike:

- *Dozvoljava sve vrste prevoza (bilateralne, tranzitne i za/iz treće zemlje) izuzev kabotaže,*
- *Dozvola može biti godišnja, tromesečna ili mesečna i važi u godini u kojoj je izdata,*
- *Prateći dokument dozvole je Dnevnik koji se mora voditi po hronološkom redu izvršenih prevoza, bilo sa teretom bilo praznog vozila i*
- *Dozvolu može koristiti bilo koje vozilo imaoca vozila, može i jedno u odlasku a drugo u povratku ali nikako istovremeno.*

B. Dozvole za pojedinačne prevoze:

Ove dozvole izdaju se „blanko“ (ne ispunjeni obrasci), a dobijeni su od nadležnih organa zemalja sa kojima postoji zaključen bilateralni sporazum. Dozvole važe za jedno vozilo i jedno putovanje (odlazak i povratak) u toku jedne godine za koju su izdate, a često i do kraja januara naredne godine.

a.) Dozvole za bilaterarne prevoze:

- *izdaju se kao opšte ili namenske (za obavljanje određene vrste prevoza) i/ili za određenu relaciju,*
- *moгу biti sa plaćanjem ili bez plaćanja naknade za izvršene prevoze,*
- *moгу se koristiti i kao pogranične (za prevoz u određenom pograničnom pojasu),*
- *definišu mesto utovara tereta i mesto istovara tereta sa vozila a ne vlasništvo ili poreklo robe i*
- *dozvole se mogu koristiti samo za dolazak u određenu zemlju (radi utovara ili istovara) i povratak direktno u zemlju registracije vozila; indirektan povratak zahteva korišćenje druge dozvole.*

b.) Dozvole za tranzitne prelaze:

- *izdaju se kao opšte ili namenske (za obavljanje određene vrste prevoza) i/ili za određenu relaciju,*
- *moгу se koristiti isključivo za tranzitne prevoze, a u nekim zemljama i za prevoze od/do luk i*
- *srpski prevoznici mogu, pri povratku sa istom dozvolom preuzeti teret iz npr. Nemačke radi prevoza za zemlje do kojih mogu doći tranzitiranjem preko svoje zemlje (npr. prevoz iz Nemačke za Bugarsku preko Srbije, ako imaju bugarsku dozvolu za prevoz iz/za treće zemlje).*

c.) Dozvole za bilaterarno tranzitne prevoze:

*Ova tzv. univerzalna dozvola dozvoljava prevozniku a i obavezuje ga, da se pre otpočinjanja prevoza opredeli za koju vrstu prevoza će dozvolu koristiti.*

- d.) Dozvole za prevoz u pograničnoj zoni:
- *izdaju se za sada samo kao opšte, mogu se koristiti isključivo za bilateralne prevoze u okviru zone za koje su predviđene i*
  - *sa posebnom overom organa koji ih izdaje mogu se koristiti i kao stalne ili periodične pogranične dozvole pod uslovima navedenim za stalne dozvole.*
- e.) Dozvole za prevoz iz/za treće zemlje:
- *definišu mesto i zemlju utovara tereta na vozila, mesto i zemlju istovara tereta sa vozila i zemlju registracije vozila,*
  - *mogu se koristiti kako za prevoze iz/za treće zemlje, tako i za bilateralne prevoze.*

### 4.3. Vreme vožnje i odmora vozača

Vreme vožnje trajanje aktivnosti vožnje zabeleženo automatskim ili poluautomatski uređajem za beleženje ili ručno.

Pauza bilo koje razdoblje vremena tokom kojeg vozač ne može da upravlja vozilom ili obavlja druge poslove, te koje se isključivo koristi za posao.

Odmor bilo koje neprekinuto razdoblje tokom kojeg vozač može slobodno da raspolaze svojim vremenom.

Višečlana posada Situacija kada se tokom svakog razdoblja vožnje između dva uzastopna dnevna razdoblja odmora ili između dnevnog razdoblja odmora i sedmičnog razdoblja odmora u vozilu nalaze barem dva vozača koji upravljaju vozilom. Tokom prvog sata višečlane posade prisutnost drugog vozača nije obavezna, ali je obavezna tokom ostatka vremena.

### 4.4. Glavne grupe propisa koje se primenjuju

1. EU propisi
2. AETR propisi
3. Nacionalni propisi

#### 4.4.1 EU propisi

Kada se koriste vozila za prevoz maksimalne dopuštene mase veće od 3,5 tone uključujući i težinu prikolice primenjuju se propisi EU. Ovi propisi primenjuju se na linijski prevoz duži od 50 kilometara i na slobodni prevoz ako je vozilo predviđeno za prevoz više od osam osoba, neračunajući vozača.

Evropski propisi predviđaju pojedine izuzetke:

- Vozila čija najveća dozvoljena masa ne prelazi 7.5 t, uključujući masu prikolice;
- Putnička vozila koja ne prevoze više od devet osoba, uključujući i vozača;
- Vozila na redovnoj liniji, čija dužinane prelazi 50 km;
- Vozila čija maksimalna brzina ne prelazi 40 km/h;
- Vozila koja koriste vojne snage, civilna odbrana, službe za održavanje javnog reda;
- Vozila koja se koriste u održavanju vodovoda, kanalizacije, snabdevanja gasom i električnom energijom, za održavanje puteva, sakupljanje i odlaganje otpada, poštanskom saobraćaju, telefonskim i telegraf uslugama, radio i tv emitovanju, detekciji radio i tv transmitera i prijemnika;

- Vozila koja se koriste u hitnim slučajevima i operacijama spašavanja;
- Specialna vozila koja se koriste u medicinske svrhe;
- Vozila koja vrše test puteva, koja se koriste za tehnički razvoj, opravku i održavanje.

#### 4.4.2 AETR propisi

Evropski sporazum o radu posada na vozilima koja obavljaju međunarodne drumske prevoze. AETR (European Agreement concerning the Work of Crews of Vehicles engaged in International Road Transportation) propisi odnose se na vreme provedeno u vožnji i rezultat su ugovora između većine evropskih zemalja. Vozači na međunarodnim putovanjima izvan EU koji prolaze kroz zemlje koje su potpisale ovaj ugovor, moraju poštovati AETR propise tokom celog putovanja uključujući i prolazak kroz zemlje članice EU. [3]

#### 4.4.3 Nacionalni propisi

U Srbiji je vreme vožnje regulisano Pravilnikom o ukupnom trajanju vremena upravljanja vozilom, odmorima vozača i načinu rada udvojenih posada na vozilima, u obimu koji utiče na bezbednost upravljanja vozilom (Sl. List SFRJ, br. 18/84 i 67/85). Propisi se značajno razlikuju od EU odredbi i AETR sporazuma. Međutim kada se obavlja međunarodni prevoz, primenjuju se odredbe AETR Sporazuma i na domaćoj deonici puta. Odredbe pravilnika primenjuju se na vozače koji upravljaju autobusima, teretnim vozilima ili skupom vozila, čija najveća dozvoljena masa iznosi više od 3,5 tona.

### 5. PREDLOG MERA ZA POBOLJŠANJE POSLOVANJA

Prilikom analize rada autotransportnog preduzeća DOO „Bugarinović-Transport“, koje se bavi međunarodnim transportom robe uvideno je da je potrebno uvesti mere za unapređenje poslovanja preduzeća.

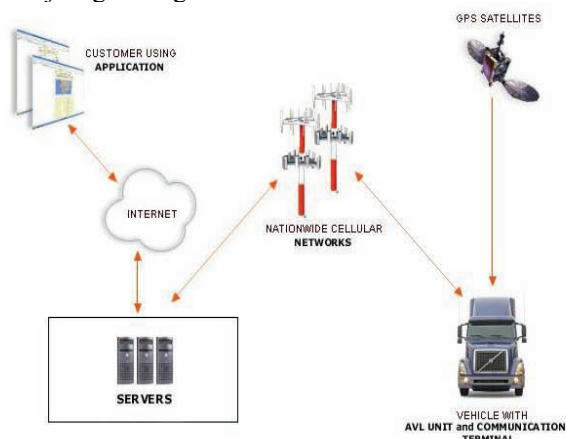
Predlog mera za unapređenje poslovanja su:

- *poboljšanje starosne strukture voznog parka,*
- *unapređenje informacionog sistema i*
- *uvodenje sistema za pozicioniranje i praćenje vozila.*

Uvesti savremen sistem pozicioniranja i praćenja vozila koja omogućavaju nadzor nad flotom vozila kompanije. Najosnovnije karakteristike GPS su pozicija vozila u realnom vremenu, stanje motora, pređen broj kilometara, trenutna brzina i sl. Benefiti za korisnika su višestruki od kojih je možda najvažniji optimizacija rada voznog parka i smanjenje troškova rada vozila i posada. Sistem je podeljen na hardverski i softverski deo. Hardverski deo predstavlja GPS/GSM modemska jedinica, antena, razni senzori i po potrebi Terminal NTS. Softverski deo predstavlja Aplikacija NTS(klijentska-aplikacija). [4]

U vozilo se ugrađuje hardverski deo, koji se isprogramira, odnosno prilagodi korisniku. Sistem stalno beleži položaj vozila i njegov rad, njegovu brzinu, pređeni broj kilometara, stanje senzora. Svi podaci se šalju putem Interneta u kontrolni centar, preko GSM mreže, putem GPRS prenosa podataka, gde se ti podaci za svako vozilo posebno analiziraju (Slika 3.). Takav nadzor nad radom

vozila i vozača je moćno oružje u rukama logističara, jer mu stalno praćenje vozila omogućava da odmah odreaguje na događanje na ulicama. Sa jedne strane pomaže vozačima da izaberu najbrži, odnosno najkraći put, i nudi im bržu pomoć na terenu, a sa druge strane putem nadzora omogućava disponentima uvođenje programirane vožnje koja posledično dovodi do manje upotrebe goriva i boljeg korišćenja samih vozila. Preko pregleda istorije puta, disponent može bez problema uočiti pojedina odstupanja od planiranog puta, odnosno satnice vožnji. Zbog toga, vozači više ne moraju da neprimetno voze po nepredviđenim putevima i izvan dozvoljenog radnog vremena.



Slika 3. Opis sistema pozicioniranja vozila

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovu iznetih činjenica autotransportno preduzeće DOO „Bugarinović-Transport“, je rentabilno sa stanovišta troškova i prihoda. Svetski trendovi u oblasti transporta sve više podrazumevaju prelazak sa koncepta kvantiteta na koncept kvaliteta. Uvođenjem sistema kvaliteta firma može da savlada sve jaču konkurenciju na tržištu transportnih usluga, da zadovolji kako korisnike usluga tako i sopstvene potrebe i da pri tom sistem ostane profitabilan, što i jeste osnovni cilj.

Iz svega navedenog u ovom radu može se zaključiti da firma „Bugarinović-Transport“ DOO ima potencijal da iskoristi rast tržišta transportnih usluga, da konstantno beleži pozitivno poslovanje, permanentno teži usavršavanju i podizanju nivoa kvaliteta svojih usluga, prihvata nove tehnologije i tako utiče na formiranje zdravije i ekonomičnije sredine u transportu i saobraćaju uopšte.

## 7. LITERATURA

- [1]. P. Gladović: „Tehnologija drumskog saobraćaja“, Univerzitet u Novom Sadu, FTN, Novi Sad, 2007.
- [2]. P. Gladović: „Organizacija i tehnologija drumskog saobraćaja“, Univerzitet u Novom Sadu, FTN, Novi Sad, 2004.
- [3]. Dr. Milan Inić: „Bezbednost drumskog saobraćaja“, Fakultet Tehničkih nauka u Novom Sadu, 2003. godina
- [4]. Internet stranica udruženja Međunljrodnih Transportera.

### Kratka biografija:



**Marko Vještica** rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj - Mere za povećanje proizvodno-ekonomski rezultata rada ATP „Bugarinović-Transport“ DOO odbranio je 2010. god.

## MERE ZA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI PEŠAKA U SAOBRAĆAJU

### TRAFFIC MEASURES FOR IMPROVEMENT PEDESTRIAN SAFETY

Dejan Barović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast - SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** – Svrha ovog rada jeste da pruži pregled istraživanja o bezbednosti pešaka, uključujući i detalje o karakteristikama nezgoda sa pešacima, pokazateljima izloženosti pešaka opasnostima, kao i specijalna kolovozna poboljšanja i njihov uticaj na bezbednost pešaka. Rad se sastoji iz više delova u kojima je prikazana statistika o saobraćajnim nezgodama i povredama pešaka, zatim pregled objavljenih istraživanja o efikasnosti objekata i druge usvojene mere za povećanje bezbednosti pešaka.

**Abstract** – The purpose of this paper is to provide an overview of research on pedestrian safety, including details about the characteristics of accidents with pedestrians, pedestrian exposure to risk indicators, as well as special roadway improvements and their impact on pedestrian safety. The work consists of several parts in which is presented statistics on traffic accidents and pedestrian injuries, and review of published research on the efficiency of buildings and other measures adopted to increase pedestrian safety.

**Ključne reči:** bezbednost saobraćaja, pešaci, mere.

#### 1. UVOD

Pešačenje kao tradicionalni način kretanja, nosi veliki rizik od povreda ili smrti na mnogim našim ulicama. Motorna vozila su oko nas jedan vek, ali i za to relativno kratko vreme su često predstavljala opasnost za pešake.

Pešaci kao i vozači bicikla i motorcikla su najranjivije kategorije korisnika puta i samim tim zahtevaju posebna razmatranja. Čak, i pored toga što saobraćaj postavlja najmanje zahteve pred one korisnike puta koji se u njemu nađu u ulozi pešaka, ova kategorija je izraženo ranjiva. To se može donekle objasniti sledećim:

- pešaci su najmanje zaštićena kategorija korisnika puta;
- u postojanju nesrazmere između unošenja rizika u saobraćaj i onog kojem je kategorija pešaka izložena, odnosno, izložena je riziku koji u saobraćaj unose drugi korisnici.

Predmet ovog rada su saobraćajne mere koje se primenjuju u svetu u saobraćaju, a koje služe za poboljšanje bezbednosti pešaka. Osnovni cilj je prezentacija njihovih karakteristika i njihov uticaj na bezbednost pešaka kao i njihova moguća primena u našoj zemlji.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Dragan Jovanović, docent.

#### 2. OBELEŽJA STRADANJA PEŠAKA U SAOBRAĆAJU

Broj poginulih ili ozbiljno povređenih pešaka u nezgodama u SAD-u, svake godine izaziva zabrinutost. Nacionalna agencija za bezbednost saobraćaja (NHTSA) je procenila da je 5300 pešaka poginulo u SAD-u u toku 1997 godine. Oni su takođe prijavili i 77000 povređenih pešaka.

##### 2.1. Vremenska raspodela nezgoda sa pešacima

Vremenskoj raspodeli nezgoda sa pešacima, najviše ih se dogodilo u toku dana, u period između 15-18 časova, što predstavlja oko 40 procenata svih nezgoda sa pešacima koje se dogode u toku dana. Sa druge strane najviše pešaka pogine u noćnim uslovima 62 procenata, i to u vremenskom periodu od 18-23 časa. Gledano po danima u nedelji najviše nezgoda sa pešacima se dogodi petkom, dok gledano po mesecima to je Oktobar.

##### 2.2. Struktura nastradalih pešaka u saobraćajnim nezgodama

Po starostoj strukturi, najveći broj poginulih pešaka se javlja od 25-44 godine starosti, što predstavlja 31,8 procenata od ukupno poginulih pešaka. Duplo više nastradalih pešaka su muškarci. Između 37-44 procenata poginulih pešaka je bilo alkoholisano.

##### 2.3. Prostorna raspodela nezgoda sa pešacima

Oko 75 procenata nezgoda sa pešacima se dogodi u urbanim područjima, 25 procenata u ruralnim. Više od 40 procenata nezgoda sa pešacima se dogodi na raskrsnicama, a 60 procenata van njih.

#### 3. MERE ZA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI PEŠAKA U SAOBRAĆAJU

Projektovanje, konstruisanje, rad i održavanje kvaliteta puteva i pešačkih objekata je kritični elemenat u stvaranju prijateljskog pešačkog okruženja. U ovom poglavlju su opisana inženjerska rešenja za poboljšanje kvaliteta pešačke mreže.

##### 3.1. Izgled pešačkih objekata

Pri projektovanju i planiranju kolovoza pešaci moraju u to biti uključeni, kao jedni od važnijih učesnika u saobraćaju na koje treba obratiti pažnju. Ovo uključuje rekonstrukciju i modifikaciju postojećih ulica. Samo integrisanjem pešačkih objekata transportni sistem će funkcionisati u celosti. Neki elementi pri projektovanju kolovoza se posebno odnose na pešake, kao što su trotoari i pešački prelazi. Međutim, krajnji izgled i operativni elementi puteva su podjednako važni. Širina kolovoza, broj saobraćajnih traka, brzina saobraćaja i ukupan obim saobraćaja utiču na ukupnu funkcionalnost puta i na ispunjavanje svoje svrhe, a to je pružanje

pristupa i mobilnosti za sve korisnike. Geometrijski elemenat, kao što je širina ulice utiče na vreme koje je potrebno pešaku da pređe ulicu, a operativni parametar kao što je smer saobraćaja (jednosmerna ili dvosmerna) utiče na broj potencijalnih sukoba između vozača i pešaka koji prelaze ulicu. Pešački objekti kao što su trotoari, pešačke staze, ivične rampe i ostali objekti treba da budu bezbedni, dostupni, i estetski prijatni tako da privuku pešake.

### 3.1.1. Izdignuto razdelno ostrvo-medijana, i pešačka ostrva.

Medijane su podignute barijere na centralnom delu ulice ili puta i mogu da služe kao utočište za pešake koji prelaze ulicu ili raskrslu. One mogu da obezbede prostor za drveće i ostalo dekorativno zelenilo. Takođe imaju i uticaj na bezbednost vozača automobila, kada zamenjuju neprekidne redove saobraćajnih traka. Izdignute medijane su najkorisnije na visoko-protočnim, veliko brzinskim putevima, i one treba da budu projektovane tako da obezbede određene signale za pešake sa oštećenim vidom i da ukažu na granicu između zone pešačkih površina za utočište i kolovoza za motorna vozila.



Slika 1. Medijane pružaju utočište za pešake, dok putu pružaju dodatnu bezbednost i ukras.

#### -Pešačka ostrva

Pešačko ostrvo je dobar alternativni objekat za puteve sa dve, tri ili četiri trake, koje pruža utočište prilikom prelaska puta za pešake, a u nekim slučajevima pomaže u smanjivanju brzine vozila. Pešačka ostrva, poznata i kao centralna ostrva, ostrva za utočište, ili središnje tačke su ostrva koja se nalaze na centru ulice ili raskrsnice, da bi zaštitili pešake koji prelaze ulicu od motornih vozila. Centralno pešačko ostrvo omogućava pešacima da se postepeno suočavaju sa saobraćajem samo iz jednog smera, i ono će im omogućiti da se zaustave na pola prelaza i sačekaju odgovarajuću prazninu u saobraćaju pre prelaska na drugu polovinu ulice. Pešačka ostrva bi trebalo smatrati dopunom pešačkih prelaza na lokacijama koje nisu regulisane signalizacijom (tj. gde ne postoje saobraćajni signali i stop znaci). Oni su takođe prikladni na signalisanim prelazima mada se oni nikada ne bi trebali koristiti za kreiranje dvo-faznog prelaza za pešake (ne treba ostavljati pešake zaglavljene na pešačkom ostrvu između saobraćajnih traka). Ako postoji dovoljno širine, sredina pešačkog ostrva i proširenje ivičnjaka se mogu koristiti zajedno da kreiraju visoko poboljšani pešački prelaz.



Slika 2. Pešačko ostrvo.

### 3.1.2. Kružne raskrsnice

Kružni tok predstavlja saobraćajni manevar koji funkcioniše oko kruga raskrsnice u smeru suprotnom od kazaljke na satu, a zatim skreće desno u željenu ulicu. Sva propuštanja vozila u saobraćaju u kružnom toku i leva skretanja su eliminisana.

Za razliku od signalisanih raskrsnica, tok vozila i povezivanje funkcioniše preko kružne raskrsnice sa svake pristupne ulice bez zaustavljanja. Ove raskrsnice smanjuju broj potencijalnih sukoba, u poređenju sa tradicionalnim raskrsnicama. Iskustvo je pokazalo da su automobilske nezgode značajno smanjene kada je jedna spora kružna raskrsnica, sa jednom trakom, zamenila četvorokraku raskrslu.

Pravilno dizajnirana kružna raskrsnica ima dovoljan radijus da obezbedi skretanje pri malim brzinama. Literatura je pokazala da, kada je pravilno dizajnirana jednastručna kružna raskrsnica, bezbednost vozača i pešaka je skoro uvek bolja u odnosu na konvencionalne raskrsnice.

Višetračni pristupi stvaraju više pretnji za pešake i oni se ne preporučuju. Delitelj ostrva na kružnoj raskrsnici omogućava pešacima da pređu jedan smer saobraćaja odojednom.



Slika 3. Kružna raskrsnica.

Ovo je značajna prednost u odnosu na konvencionalne raskrsnice. Ukoliko vozači ne propuštaju pešake na prelazima, pešaci moraju da izaberu prazninu u saobraćaju pre prelaska. Ako je protok saobraćaja neprekidan, biranje praznine može postati problematično. Na višetračnim kružnim raskrsnicama, bliže vozilo može da propusti pešake, ali saobraćaj u susednoj traci možda neće stati, izlažući tako pešake koji prelaze potencijalnoj nezgodi ako nastave preko prve na susedne staze.

### 3.1.3. Osvetljenje pešačkih nivoa

Dobar kvalitet i postavljanje osvetljenja može da poboljša životno okruženje, kao i da poveća udobnost i bezbednost. Pešaci često pretpostavljaju da vozači mogu da ih vide noću. Oni su prevareni od svoje sopstvene sposobnosti da vide svetla koja dolaze. Bez dovoljno osvetljenja, vozači ne mogu da vide pešake na vreme da bi se zaustavili. Svrha osvetljenja pešačkih nivoa je da bi se poboljšala bezbednost svih korisnika kolovoza, a posebno pešaka. Oblasti koje imaju dosta pešaka tokom noći mogu se dopuniti jačim ili dodatnim osvetljenjem. Ovo uključuje osvetljenje pešačkih prelaza i pristupa pešačkim prelazima. U komercijalnim ili oblastima u centru grada, specijalni nivo pešačkog osvetljenja može biti postavljen preko trotoara da bi poboljšao pešački komfor, bezbednost i sigurnost. Sijalice koje se preporučuju za osvetljavanje trotoara su one sa živinom parom, sa usijanim vlaknom, ili jeftinije natrijumove sa visokim pritiskom koje se najčešće koriste za osvetljenje pešačkih nivoa. Natrijumove sijalice niskog pritiska imaju malu energiju, ali zato sa druge strane imaju visoki nivo izobličenja boja.

### 3.2. Pešački prelazi

Obezbediti da ljudi mogu da pređu ulice bezbedno i udobno do željenih destinacija, je od suštinskog značaja za stvaranje efikasne transportne mreže. Ljudi koji putuju drugim vidovima saobraćaja će takođe negde morati da pređu ulicu, tj. oni koji dolaze javnim saobraćajem ili automobilom moraću da pređu ulicu da bi pristupili određenoj posle izlaska kod autobuske stanice ili parkinga. Prelazak preko ulice može biti jedna od osnovnih prepreka za postizanje prave dostupnosti i mobilnosti, i svako prilagođavanje treba da bude napravljeno tako da učini prelaze efikasnim za ljude.

Pravno definisanje pešačkog prelaza donekle varira od države do države; ova iz Floride je karakteristična:

"Pešački Prelaz: (a) Deo kolovoza na raskrsnici koji uključuje unutrašnje konekcije veze od bočnih linija trotoara na suprotnim stranama puta, mereno od ivičnjaka ili, u nedostatku ivičnjaka, od ivice kolovoza, ili (b) bilo koji deo puta na raskrsnici ili na nekom drugom mestu jasno označenim linijama za pešački prelaz ili drugim oznakama na površini".

- *Zebra prelazi* su pešački prelazi na nekontrolisanim lokacijama između raskrsnica. Zebra pešački prelazi su prelazi visoke vidljivosti obeleženi preko cele širine puta. Na zebra prelazima, pešaci imaju pravo prvenstva i vozači moraju da ih propuste, odnosno, da usporu ili da se zaustave. Međutim, ovi pešački prelazi se smatraju neprikladnim na visoko-protočnim ili brzim putevima, gde je 85 procenata brzina veće od 55 km/h (35 mi/h).

- *Pelikan prelazi (Pedestrian Light Controlled Crossing)* su prelazi sa kontrolisanim signalima kojima upravljaju pešaci. Pešački taster svetli i prenosi specifične poruke pešacima tokom svakog intervala. Pritiskom na pešački taster se aktivira kontrola saobraćajnog signala. Zeleni simbol čoveka koji hoda i crveni čoveka koji stoji se prikazuju na portalu i označavaju vreme kada je dozvoljen prelazak ulice a kada nije. Trepereći zeleni čovek označava deo faze signala za pešačko čišćenje, odnosno kraj vremena pešačke faze. Tada pešaci ne smeju da započnu prelazak, a ako su se zatekli na prelazu imaju

dovoljno vremena da ga završe. Neki pelikan prelazi su opremljeni sa zvučnicima koji emituju određeni zvuk da bi ukazali slepim ili slabovidim ljudima kada je dozvoljen prelazak preko ulice. Oni su obeleženi isprekidanim paralelnim linijama. Pelikan prelazi, koji koriste pešačke tastere za pozivanje pešačke faze, se često koriste na lokacijama sa velikim tokovima vozila i lokacijama gde se postižu velike brzine i gde su standardi zebra pešačkih prelaza neprikladni.

-*Tukan prelazi* (vidi sliku) su podeljeni prelazi za pešake i bicikliste. Oni se postavljaju na mestima gde se ukrštaju putevi sa biciklističkim i pešačkim stazama. Željeni izgled treba da sadrži površinu osetljivu na dodir, zvučnu signalizaciju, pešačke tastere sa ČEKAJ displejom u svakom uglu prelaza, infracrvene detektore i detekciju vozila na svim prilazima. Poželjna širina prelaza je 4 m minimalna prihvatljiva širina je od 3 m. Signal indikacije sadrži crvenog čoveka koji stoji, zelenog čoveka koji hoda, i zeleni bicikl. Prelaz je obeležen belim kvadratima.



Slika 4. Izgled Tukan prelaza.

### 3.3. Mere za smirivanje saobraćaja

Smirivanje saobraćaja je način projektovanja ulica koristeći fizičke mere koje podstiču ljude da voze sporije. One stvaraju fizičke i vizuelne iluzije koje podstiču vozače da voze sporije. Ove mere ostvaruju željeni efekat i bez pomoći uređaja za kontrolu saobraćaja, kao što su signali i znaci. Elementi kao što su pejzaži (zeleni pojas) i osvetljenja ne mogu da promene ponašanje vozača, ali mogu dati vizuelne signale koji će podstaći ljude da voze sporije. Neki od efekata mera za smirivanje saobraćaja su ti da je sve manje ozbiljnih nezgoda. Ostale, kao što je podrška zajednice, su manje vidljive, ali podjednako važne. Iskustva u Severnoj Americi, Evropi i Australiji, su pokazala da smirivanje saobraćaja ako je pravilno postavljeno, smanjuje brzinu saobraćaja, broj i težinu nezgoda i nivo buke, a to su potvrdile i razne studije. Upoređujući uzorke različitih studija brzina, pokazalo se da je uobičajeno smanjenje brzine od 5 do 20 procenata upotrebom mera za smirivanje saobraćaja, koje uključujući mini krugove, šokere, šikane, "ležeće policajce", zeleni pojas kao i druge standardne uređaje za smirivanje saobraćaja.

### 3.4. Mere za upravljanje saobraćajem

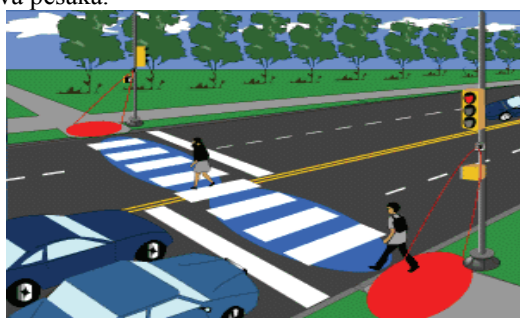
Iako se ponekad koriste zajedno, upravljanje saobraćajem i smirivanje saobraćaja su različite mere za različite probleme. Upravljanje saobraćajem podrazumeva upotrebu tradicionalnih uređaja za kontrolu saobraćaja na putevima i upravljanje tokom saobraćaja. Mere za smirivanje saobraćaja bave se onim šta se dešava kada je

saobraćaj na ulici. Na primer, ograničavanje pristupa ulici podrazumeva, preusmeravanje saobraćaja da ne ulazi na jednom kraju ulice) može smanjiti količinu saobraćaja u toj ulici, ali neće učiniti ništa da utiče na brzinu vozila u toj ulici ili drugim. Upravljanje saobraćajem i smirivanje saobraćaja su često komplementarni, i plan za modifikaciju područja često uključuje različite alate. Upravljanje saobraćajem treba procenjivati iz šire perspektive. Problem ne bi trebalo samo da bude pomećen sa jedne ulice na drugu. Iako se implementacija obično javlja u fazama, ukupni plan može da bude razvijen odmah i da tada uključuje veće susedstvo ili oblasti grada. U ove mere spadaju razni preusmerivači ulica, središnje barijere na ulici kao i potpuni i delimični zatvarači ulica.

### 3.5. Savremeni uređaji za uočavanje pešaka

Do danas, razvoj i primena tehnologija Inteligentnih Transportnih Sistema (ITS) je prvenstveno bila usmerena na bezbednost i mobilnost motornih vozila. Međutim, nedavni razvoj hardvera i drugih tehnologija nude potencijal za poboljšanje bezbednosti pešaka i pristupa rešavanju konkretnih problema u vezi sa prelaskom ulice. Pravilno instalirani i u funkciji, ovi uređaji mogu da poboljšaju okruženje putovanja. ITS tehnologije se trenutno koriste za poboljšanje pešačkih pristupa i mobilnosti, kao i za poboljšanje bezbednosti pešaka davanjem povratnih informacija pešacima koji čekaju i pešacima koji prelaze, povećavaju svest vozača, pasivno otkrivaju pešake, kao i pružanje kritičnih informacija slabovidim osobama.

-*Infracrveni detektor* za uočavanje pešaka na prelazu pruža mogućnost da automatski detektuje prisustvo pešaka bilo u ciljanoj oblasti ili u okviru pešačkog prelaza. Kada se koristi za detekciju pešaka na prelazu, njegova funkcija je da otkrije prisustvo pojedinaca zahtevajući dodatno vreme da se pređe prelaz, a shodno tome produžiti interval čišćenja i obezbedi više vremena za prelazak. Ovi detektori funkcionišu pri promeni toplotnog zračenja izazvanog kretanjem unutar vidnog polja. Kada pešak uđe u ciljanu oblast izaziva promenu temperature, što senzor registruje. Ovi detektori mogu da budu korišćeni da dopune ili da zamene standardni pešački taster, koji se koristi da bi se aktivirala funkcija poziva pešaka.



Slika 5. Prelaz sa postavljenim infracrvenim detektorima.

-*Bežični sistemi za osvetljavanje na solarnu energiju.* Osvetljenje trotoara se koriste na prelazima da upozorava vozače na prisustvo pešaka na prelazu ili pripremu pešaka da pređu ulicu. Žuta svetla ugrađena su u pločnik sa obe strane prelaza i orijentisana prema dolazećem saobraćaju. Kada pešak aktivira sistem, korišćenjem pešačkog dugmeta ili putem detekcije automatizovanog uređaja,

svetla počinju da trepere konstantnom brzinom, upozoravajući vozača da je pešak u blizini pešačkog prelaza. Žuto LED svetlo blica ujednačenom brzinom projektovanom za maksimalno uočavanje od strane vozača, a vidljivi su i na dnevnoj svetlosti, kao i noću. Treptajuće svetlo se aktivira samo kada pešak želi da pređe i automatski se ugasi nakon određenog vremena, odnosno vremena potrebnog za pešaka da bezbedno pređe ulicu. Ako je instaliran u saradnji sa uređajima za otkrivanje prisustva pešaka dok je još na prelazu, interval se može povećati, i u tom slučaju svetlo će nastaviti da blica i dozvoli sporijim pešacima da bezbedno pređu.



Slika 6. Sistem za osvetljenje pešačkog prelaza.

## 4. ZAKLJUČAK

U okviru mera društvene intervencije, neophodno je prema pešacima, smišljeno i organizovano preduzimati čitavu lepezu različitih mera. Da bi se one primenile u praksi, potrebno je mnogo sredstava, dobre volje i upornosti kako bi se sa nekim zadatim planovima istrajalo i uspelo. Preduzimanjem saobraćajno-tehničkih mera za zaštitu pešaka smanjuje se broj nastradalih pešaka. Međutim, preduzimanje tih mera i istraživanja u smislu bolje zaštite pešaka su uzaludna, ako pešaci sami ne posvete dovoljno pažnje svojoj bezbednosti.

Bez odgovarajuće društvene i individualne svesti o veličini opasnosti u saobraćaju, nema efikasnog društvenog reagovanja.

## 5. LITERATURA

- [1] Campbell, B., Zegeer, C., Huang, H., Cynecki, M.: "A REVIEW OF PEDESTRIAN SAFETY RESEARCH IN THE UNITED STATES AND ABROAD", FHA, 2004.
- [2] \*NHTSA: "TRAFFIC SAFETY FACTS", Edition 1994.
- [3]\*NSC: "ACCIDENT FACTS", Editions 1994, 1995, 1997, Chicago.
- [4] Inić, M.: "BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA", FTN, Novi Sad, 2004.

### Kratka biografija:



**Dejan Barović** rođen je u Vrbasu 1982. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj odbranio je 2010. godine.



**Dragan Jovanović** rođen je u Zrenjaninu 1974. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god., a od 2006 je zvanju docent. Oblast interesovanja je bezbednost saobraćaja.

## VIRTUALNE PRIVATNE MREŽE VIRTUAL PRIVATE NETWORKS

Jelena Stojanović, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – SAOBRAĆAJ

**Kratak sadržaj** – U ovom radu dat je opis MPLS VPN mreža i opisan način njihove primene u Pošti Srbije.

**Abstract** – In this thesis the description of MPLS VPN and their application in Post of Serbia are given.

**Ključne reči:** MPLS, BGP protokol, L2 MPLS VPN, L3 MPLS VPN, VRF, VR

### 1. UVOD

Nastanak i razvoj Interneta, kao globalne računarske mreže, omogućio je relativno jeftin i efikasan način povezivanja računara i lokalnih računarskih mreža na način sličan povezivanju u WAN mreže i usluzi udaljenog pristupa. Pošto se Internet sastoji od nepoznatih i javnih mreža, računarska mreža formirana na ovaj način i sama postaje javna i nepogodna za prenos privatnih podataka. Ovaj nedostatak rešava se primenom raznih tehnologija zaštite podataka. Jedan od njih jeste i tehnologija formiranja virtuelne privatne mreže (*Virtual Private Network*). Često se prećutno podrazumeva da je javna mreža koja služi kao osnova VPN mreže Internet, jer se većina VPN mreža formira preko njega. Međutim, postoje i tzv. non-IP VPN mreže, koje nisu bazirane na Internetu. Tu spadaju ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), *Frame relay* i MPLS (*MultiProtocol Label Switching*) VPN mreže, koje su i tema ovog rada.

### 2. MPLS VPN

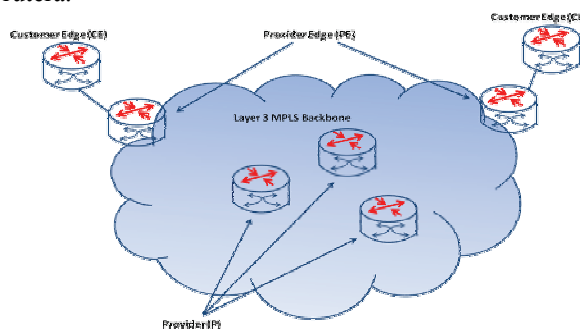
MPLS zbog principa svoga rada, koji se zasniva na komutaciji labela, sve više se koristi kao okosnica (*backbone*) za izgradnju VPN mreže. MPLS VPN omogućavaju provajderima da ponude VPN usluge po manjim cenama jer se upravljanje i administracija mreže znatno pojednostavljaju izbegavanjem komplikovanih tunela i njihovog kriptovanja. MPLS zaglavlje se u paketu nalazi između zaglavlja drugog i trećeg nivoa (zato se MPLS često naziva i protokolom 2,5 nivoa). MPLS zaglavlje naziva se labela.

Primena MPLS povezana je sa sposobnošću nivelisanja podataka, odnosno mogućnošću jednostavnih izmena u mreži, kako bi se omogućio rad sa novijim tehnologijama i rutiranjem. Pored toga, MPLS smanjuje potrebno procesiranje po paketu koje je potrebno kod svakog rutera u mreži sa IP. Još značajnije, MPLS omogućava nov kvalitet u četiri oblasti koje obezbeđuju njegovu popularnost: QoS podrška, upravljanje saobraćajem, mogućnost realizacije VPN i multiprotokolna podrška.

### NAPOMENA:

Ovaj rad pristekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željen Trpovski, vanr. prof.

Komponente koje sačinjavaju MPLS VPN mrežu prikazane su na slici 1. Na krajevima mreže nalaze se ruteri ka opremi korisnika (CE - *Customer Edge*). Ovi ruteri su deo korisničke mreže i nemaju saznanja o VPN. Ivični ruteri (PE - *Provider Edge*) dobijaju putanje od rutera korisnika i prenose ih do drugih PE rutera preko MPLS okosnice servisnog provajdera. U sredini mreže nalaze se ruteri provajdera (u daljem tekstu P ruteri) ili ruteri za komutaciju labela (LSR - *Label Switched Routers*), koji implementiraju MPLS transportni servis na trećem sloju. Važno je napomenuti da ruteri provajdera na okosnici „nemaju saznanja“ o VPN i zbog toga pružaju mnogo veću skalabilnost. Informacije u vezi sa VPN potrebne su samo za PE rutere, i mogu biti raspodeljene između PE rutera.



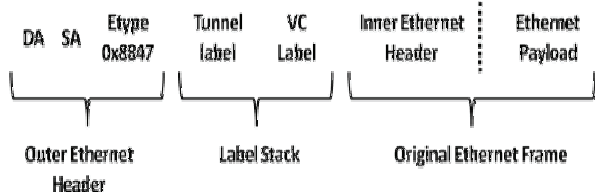
Slika 1. VPN mreža bazirana na MPLS

Od protokola na trećem nivou, MPLS je nasledio protokole za rutiranje (kojima se distribuira informacija o topologiji, stanju mreže i dostupnosti uređaju u okviru nje). Pomoću njih, čvorovi MPLS mreže u stanju su da izgrade sliku o strukturi mreže. Kada se pojavi potreba za komunikacijom, na osnovu te informacije se, između krajnjih tačaka veze, kreira virtuelno kolo koje se u slučaju MPLS-a zove LSP (*Label Switched Path*). LSP se sastoje od niza labela. Za distribuciju labela LSP-a zaduženi su protokoli kao što su CR-LDP (*Constraint base Route Label - Distribution Protocol*) i RSVP-TE (*Resource reservation Protocol - Traffic Engineering*). U svakom čvoru (MPLS ruteru) duž putanje, komutiranje se vrši tako što se na osnovu ulaznog porta i labela sadržane u paketu automatski određuje nova labela i izlazni port. MPLS ruter naziva se još i LSR.

### 3. L2 MPLS VPN

Ove mreže služe za prenos ATM, *Frame relay* ili paketa nekog od protokola drugog nivoa. U ovom slučaju reč je o klasičnom tunelovanju, jer MPLS, kao protokol višeg nivoa, služi za prenos podataka protokola nižeg nivoa. Kao konkretan primer funkcionisanja ovih mreža uzećemo prenos *Ethernet* saobraćaja preko MPLS mreže

okosnice. Prenos započinje slanjem korisničkog rama od CPE (korisničkog) rutera do PE (ivičnog) rutera provajdera. Na osnovu ispitivanja zaglavlja ili na osnovu dolaznog porta, PE ruter određuje kojem VLAN-u (*Virtual Local Area Network*) ram pripada. Zatim se ram mapira u određenu FEC klasu sa definisanim parametrima prenosa i, kao rezultat, dobijaju se dve labela na steku. Gornja labela služi za prenos rama preko mreže provajdera (*Tunnel label*), dok donja labela predstavlja VC (*Virtual Circuit*) labelu i služi za određivanje krajnjeg odredišta u izlaznom LER ruteru. Nakon dodavanja labela, ram je enkapsuliran u format koji odgovara izlaznom interfejsu i koji ima oblik kao na slici 2.

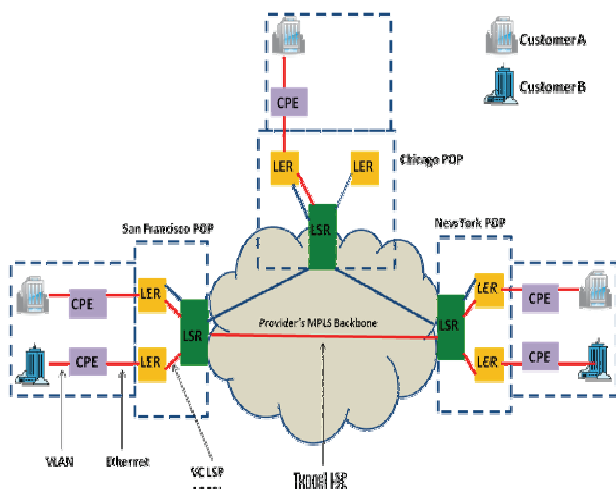


Slika 2. MPLS stek labela

Središnji LSR (*Label Switch Router*) ruteri analiziraju samo gornju labelu steka i na osnovu nje prosleđuju labelirani ram preko MPLS okosnice. Na izlazu iz MPLS mreže provajdera, vrši se uklanjanje gornje labela na pretposlednjem ruteru, tako da izlazni LER ruter dobija ram sa samo jednom labelom na osnovu koje vrši prosleđivanje do odredišnog korisničkog CPE rutera.

Na slici 3. prikazane su dve različite korisničke VPN mreže, obeležene sa *Customer A* i *Customer B*.

Korisnička mreža A sadrži tri VLAN mreže smeštene u gradovima San Francisco, Chicago i New York koji međusobno komuniciraju, dok je mreža B zastupljena u gradovima San Francisco i New York. Korisnička mreža A u svakom od gradova sadrži po dve VC LSP putanje, po jednu za svaki preostali grad, dok mreža B sadrži samo jednu VC LSP putanju i to za onaj drugi grad. Obe mreže dele središnji LSP tunel (LSP tunel u mreži provajdera) između San Francisco-a i New York-a.

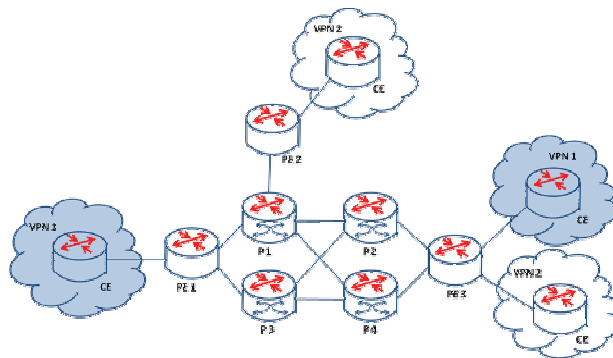


Slika 3. Tunelovanje u MPLS domenu

#### 4. L3 MPLS VPN

L3 MPLS VPN mreže namenjene su za prenos IP saobraćaja. Arhitektura jedne L3 MPLS VPN mreže prikazana je na slici 4. Korisnici su preko svojih terminalnih uređaja

(CE - *Customer Edge*) priključeni na ulazne LSR rutere, koji su obeleženi sa PE (*Provider Edge*). LSR-i unutar mreže su obeleženi slovom P. Podaci između CE i PE razmenjuju se u IP paketima. PE zadužen je za konverziju IP u MPLS pakete i obrnuto.



Slika 4. MPLS VPN mreža

L3 MPLS virtualne privatne mreže mogu se implementirati na dva načina:

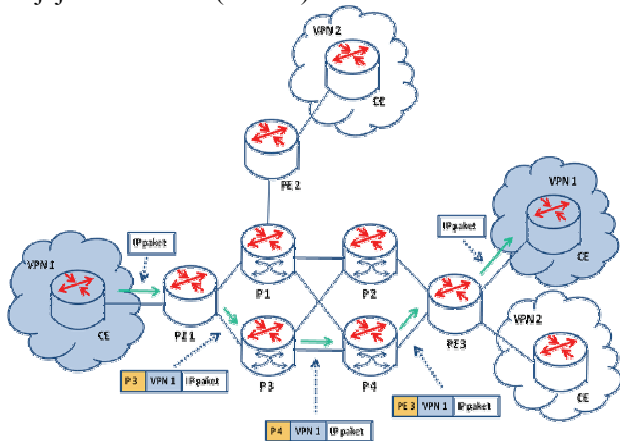
- pomoću tehnike virtuelnih tabela za rutiranje i prosleđivanje (*Virtual Routing and Forwarding tables – VRF*),
- pomoću tehnike virtuelnih rutera (*Virtual Router – VR*).

##### 4.1. VRF

Karakteristično za ovu tehniku jeste da svaki PE uređaj sadrži po jednu VRF tabelu za svaku VPN mrežu koja je na njega povezana. U VRF tabeli nalaze se informacije o tome kojom putanjom treba rutirati IP pakete u zavisnosti od IP adrese odredišnog CE uređaja (informacija o dostupnosti). VRF table, prilikom konfigurisanja mreže, mogu biti popunjene predefinisanim rutama ili se njihovo popunjavanje vrši dinamički, korišćenjem nekog od protokola za rutiranje kojim se između PE rutera distribuira informacija o dostupnosti. Obično se u te svrhe koristi BGP (*Border Gateway Protocol*) protokol. Kako se CE uređaji identifikuju na osnovu IP adresa, postoji opasnost da identifikacija ne bude jednoznačna, odnosno, da više CE uređaja (iz različitih VPN mreža) povezanih na jedan PE imaju istu IP adresu. Distribucija informacije o dostupnosti u ovom slučaju ne bi bila moguća za CE uređaje sa istom IP adresom, jer BGP protokol može da asocira samo jednu IP adresu sa jednom rutom. Da bi se ovaj problem razrešio, izvršena je ekstenzija BGP protokola tako što je uz IP adresu dodato još jedno polje kojim se identifikuje VPN mreža, tzv. RD (*Route Distinguisher*) polje. Pomoću BGP protokola svaki PE se oglašava i šalje svim ostalim PE uređajima BGP poruke u kojima se nalaze RD i IP adrese CE uređaja povezanih na njega. Kada primi BGP poruku, PE prvo proverava da li za dati RD poseduje VRF tabelu. Ako je to slučaj, u tabelu se smešta informacija o dostupnosti ostalih CE uređaja iz istog VPN-a. Korišćenjem posebne VRF table za svaku VPN mrežu izvršeno je logičko razdvajanje saobraćaja na MPLS mreži.

Komunikacija u okviru VPN mreže odvija se na sledeći način. CE šalje IP pakete PE-u. PE, na osnovu IP adrese odredišta, utvrđuje kuda da prosledi paket. Zatim se IP paketi enkapsuliraju u zaglavlje kojim se identifikuje

VPN mreža. Nakon ovoga sledi ponovna enkapsulacija sa novom, internom labelom, koja služi za rutiranje preko MPLS mreže. Paketi sa zaglavljem o pripadnosti VPN mreži zatim slede LSP, koji vodi ka PE ruteru na koji je povezan određeni CE. Kada pristigne u određeni PE, prvo se sa paketa uklanja spoljašnja labela, a zatim se razmatra VPN zaglavlje. Na osnovu njega se pronalazi odgovarajuća VRF tabela, a zatim paket biva prosleđen krajnjem CE ruteru (slika 5.).



Slika 5. VRF rutiranje kroz MPLS VPN mrežu

## 4.2. VR

Osnovna ideja, po kojoj je ova tehnika dobila ime, jeste da se za svaku VPN mrežu, koja je na PE povezana, postoji posebna instanca softvera kojim se vrši rutiranje, tzv. virtuelni ruter. Svaki virtuelni ruter sastoji se od instanci protokola za rutiranje (BGP, RIP, OSPF ili neki drugi protokol) i poseduje sopstvenu tabelu za rutiranje. Ovo rešenje je slično prethodnom, samo u ovom slučaju jedna instanca protokola za rutiranje služi za razmenu informacije o dostupnosti samo za jednu VPN mrežu. Kod VRF tehnike informacija o dostupnosti razmenjivana je za sve VPN mreže pomoću samo jedne instance protokola za rutiranje (BGP).

Svaki od PE uređaja poseduje jedinstvenu fizičku adresu. Virtuelni ruteri instancirani na njemu poseduju logičku adresu. Prefiks logičke adrese je isti za sve virtuelne rutere koji su u okviru jedne VPN mreže. Drugim rečima, prefiks logičke adrese određuje kojoj VPN mreži ruter pripada. Logičke adrese služe za prepoznavanje kojem virtuelnom ruteru je namenjen saobraćaj.

## 5. PRIMENA VPN MREŽA U POŠTI SRBIJE

Pošta Srbije opredelila se da izgradi savremenu računarsku mrežu – POSTNET, koja treba da poveže sve jedinice poštanske mreže na teritoriji Republike Srbije. U toku je realizacija ovog kompleksnog i ambicioznog projekta koji predstavlja stratešku investiciju Pošte. Projekat je kompleksan, pre svega, s obzirom na veličinu teritorije koju računarska mreža treba da pokrije, i broj pošta i radnih jedinica u okviru kojih bi trebalo da budu instalisane lokalne računarske mreže (tehnološki i poslovni LAN-ovi).

Postnet mreža je računarska mreža koja predstavlja osnovu za jedinstven informacioni sistem Pošte. Ona je privatna mreža – Intranet, zasnovana na istim principima kao i Internet (korišćenje TCP/IP protokola, klijent – server arhitekture i Internet servisa).

U današnjoj savremenoj računarskoj mreži koju koristi Pošta, u igri su dva domena. Tehnološki LAN se odnosi na Postnet domen (tu spadaju pošte, šalteri...), dok su poslovni LAN-ovi u PTT domenu (poslovni WAN/LAN sistemi). Između ova dva domena ne postoji poverenički odnos. Samo poslovni LAN-ovi imaju dozvoljen pristup Internetu.

Postnet mreža je projektovana tako da omogućava:

- nadzor i upravljanje celokupnom Postnet mrežom iz jednog centra,
- definisanje prava korisnika koji pristupaju Postnet mreži,
- mogućnost direktne komunikacije dva računara u Postnet mreži bez obzira na eventualno različite hijerarhijske nivoe kojima oni pripadaju,
- povezivanje LAN-ova svih jedinica poštanske mreže u jedinstvenu Postnet mrežu (WAN/LAN mrežu),
- jednostavno proširivanje postojećih LAN-ova dodavanjem novih računara,
- jednostavno proširivanje Postnet mreže dodavanjem novih LAN-ova,
- povezivanje Postnet mreže sa drugim računarskim mrežama (npr. računarskim mrežama komitenata),
- pristup Internetu sa svakog računara iz poslovne mreže,
- pristup sa Interneta javnom delu poslovne mreže (www, ftp i e-mail serveru)...

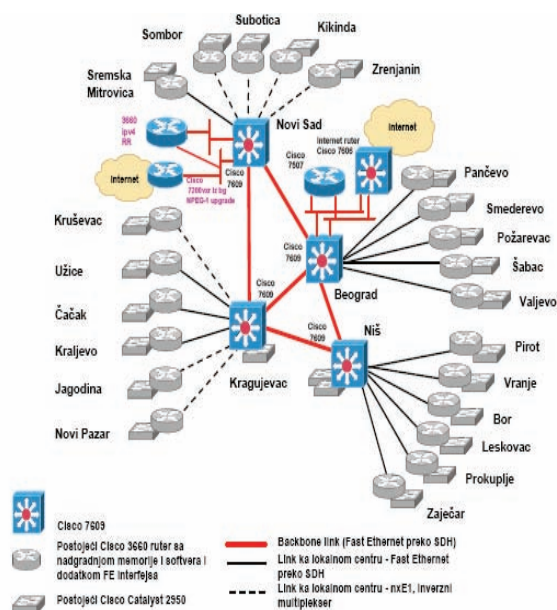
Kod svih glavnih čvorišta u mreži, hardverski je omogućen protok do 100 Mbit/s (u početku  $n \times 2$  Mbit/s). Port Ethernet zakupi se na ruteru Telekomu, a brzina protoka se posebno dogovara.

Topologija Postnet mreže u velikoj meri zavisi od telekomunikacionih sistema prenosa preduzeća „Telekom Srbija“, koji omogućavaju povezivanje čvorišta Postnet mreže. Na slici 6. prikazana je topologija Postnet IP/MPLS mreže na teritoriji Republike Srbije, na kojoj se vide čvorišta mreže (u kojima se nalaze odgovarajući ruteri i serveri) i komunikacioni vodovi koji povezuju ta čvorišta. Prikazani komunikacioni vodovi su digitalni i omogućavaju protok do 100 Mbit/s.

Postnet mreža sastoji se iz tri fizičko-logičke celine:

- nivo A – OSNOVA ili OKOSNICA MREŽE (backbone) koju čine četiri glavna, regionalna komunikaciona čvorišta (Beograd, Novi Sad, Niš i Kragujevac) i digitalni komunikacioni vodovi protoka podataka do 100 Mbit/s koji povezuju ta čvorišta.
- nivo B – REGIONALNI NIVO. On se sastoji od regionalnih komunikacionih čvorišta i komunikacionih vodova protoka do 100 Mbit/s kojima su ta čvorišta povezana sa glavnim čvorištima koja se nalaze na okosnici mreže. Regionalnih čvorišta ima 22.
- Nivo C – NIVO LOKALNIH RAČUNARSKIH MREŽA. Ovaj nivo obuhvata tehnološke LAN-ove (oni pokrivaju poslovanja pošta i poštanskih centara) i poslovne LAN-ove (oni su namenjeni za radne potrebe radnika stručnih službi radnih jedinica i direkcija preduzeća). Tehnološki LAN-ovi su najčešće povezani analognim ili digitalnim iznajmljenim vodovima, ADSL vezama i ponegde dial-up vezama

sa glavnim ili regionalnim komunikacionim čvorištima. Poslovni LAN-ovi obično se nalaze u sedištim radnih jedinica i tada su oni povezani sa nadređenim komunikacionim čvorištima posredstvom UTP (*Unshielded Twisted Pair*) kabla, odnosno Ethernet vezama (meke, tvrde, optičke).



Slika 6. Topologija PostNet IP/MPLS mreže

Primena VPN mreže u Postnet mreži postoji u slučaju:

- **Dial-up veza**, odnosno u Postnet delu mreže ako se generalno za pristup mreži koristi Internet čvorište. Krajnje pošte i računari u Postnet mreži koji su vezani preko Internet čvorišta pozivaju dial-up broj (npr. za područje Novog Sada 487-3333). Paketi dobijaju fiksnu IP adresu, šalju se kroz tunel preko MPLS sistema ka Postnet ruteru u Beogradu i tamo se raspakuju. U ovom slučaju Pošta isključivo koristi sopstvene resurse.
- **ADSL veza**, gde se ADSL priključak zakupljuje od Telekomu. I u ovom slučaju se korisniku dodeljuje IP adresa, koja pripada setu privatnih adresa, a ne javnih adresa za obične korisnike. Prenos paketa započinje tako što se dodaje zaglavlje i Telekom obezbeđuje tunelovanje na svom prvom ruteru, zatim ga prosleđuje na svoj ruter u Beogradu, koji ima link na PTT Postnet-ovom ruteru gde se taj paket i raspakuje.
- Kada se koristi VPN u Internetu, klasičnom simulacijom *point-to-point* vezom. U ovom slučaju Pošta daje svoje resurse pravnim licima, koji bi u suprotnom morali da plaćaju fizičke vodove za svako odredište što bi bilo ekonomski neisplativo.

Pošto tehnologija virtuelnih privatnih mreža pruža mogućnost da se za izgradnju privatne mreže koriste resursi javne Internet mreže, sama mreža koja se na ovaj način formira može da objedini lokacije koje se protežu po čitavoj teritoriji koju PTT Net kao Internet provajder pokriva.

**VPDN ili dial-up VPN** omogućavaju korišćenje dial-up resursa PTT Net-a za pristup privatnoj mreži kompanije. Kod VPDN-ova se udaljene lokacije korisnika konektuju na *access server* PTT Net-a preko modema i telefonske linije, *access server* ih preko infrastrukture PTT Net-a

prosleđuje do glavnog komunikacionog čvorišta korisnika, gde se završava tunel, a korisnik ima utisak da je direktno konektovan na unutrašnju mrežu. Sva autentifikacija i autorizacija korisnika se vrši na strani kompanije koja ovu uslugu koristi, tj. kompanija sama definiše politiku ulaska u svoju unutrašnju mrežu.

Tunel između *Access servera* PTT Net-a i rutera na centralnoj lokaciji korisnika je **L2F** (Layer 2 Forwarding). Parametre potrebne za uspostavljanje tunela, kao i IP adrese koje će se koristiti daje PTT Net.

### Oprema potrebna za VPDN:

#### Na centralnoj lokaciji korisnika:

- ruter sa software-om koji podržava VPDN i odgovarajućim WAN interfejsom za stalnu vezu sa PTT Net-om,
- server za autentifikaciju dial-up korisnika (autentifikacija korisnika može da se vrši i na samom ruteru, ali je za veći broj korisnika poželjan poseban server),
- iznajmljena linija odgovarajuće brzine do najbližeg čvorišta PTT Net-a, ukoliko korisnik ima svoju centralnu lokaciju ili oprema (iz prethodne dve stavke) u prostorijama PTT Net-a.

#### Na udaljenim lokacijama korisnika:

- Računar sa modemom.

## 6. LITERATURA

- [1] Dejan Nemec, Čedomir Stefanović, Dejan Vukobratović, Dragan Antić, Vladimir Bursić, Mihajlo Jovanović, Saša Bumbaroski: „Javne mreže za prenos podataka“, Novi Sad, FTN, 2004.
- [2] Aleksandar Ožegović: „MPLS VPN mreže“, Novi Sad, FTN, 2006.
- [3] David Leon Clark: „Managing Virtual Private Networks“, McGraw-Hill Companies, 2000.
- [4] Momčilo Kujačić, „Poštanski saobraćaj“, Novi Sad, FTN, 2005.
- [5] [http://www.dibid.mod.gov.rs/arhiva/VTG\\_2008-2/06\\_Marinko\\_Smiljanic.pdf](http://www.dibid.mod.gov.rs/arhiva/VTG_2008-2/06_Marinko_Smiljanic.pdf)
- [6] <http://www3.ptt.net>

### Kratka biografija:



**Jelena Stojanović** rođena je u Novom Sadu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti poštanskog saobraćaja odbranila je 2010.god.



**Željen Trpovski** rođen je u Rijeci, 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Od 2004. ima zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

## ИСТРАЖИВАЊЕ КАРАКТЕРИСТИКА ПЈЕШАЧКИХ ТОКОВА

## ANALYSIS OF CHARACTERISTICS PEDESTRIAN FLOW

Дарко Драгић, Вук Богдановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

## Област – САОБРАЋАЈ

**Кратак садржај** – У оквиру рада анализиране су брзине кретања пјешака на одређеним локацијама. Истраживање је спроведено на три различите локације у Новом Саду локације, а математички узорак је око 3 000 пјешака.

**Кључне речи:** брзина пјешака, таблице брзина кретања пјешака.

**Abstract** – In the paper analyzed the pedestrian speed in certain locations. The research was sprovedenio in three different locations in Novi Sad, locations, and mathematical model is about 3000 pedestrians.

**Key words:** pedestrian speed, table speed of pedestrian

## 1. УВОД

Параметри пјешачког тока су у скорије вријеме почели да се изучавају. Познавање ових параметара нам је битно из више аспеката, као што су регулисање пјешачких токова, пројектовање пјешачких саобраћаница, пројектовање пролаза у спортским објектима, станицама и другим објектима где долази до масовног окупљања итд. У последње вријеме се све више води рачуна о пројектовању пролаза за излаз у случају опасности. Познавање карактеристика пешачких токова и пешачких кретања веома је важно за анализу саобраћајних незгода са пешацима.

Из теорије саобраћајног тока нам је познато да је саобраћајни ток дефинисан параметрима тока, који су у међусобној вези.

У оквиру овог рада извршено је истраживање карактеристика пешачких токова на три локације које су се налазиле у пјешачким зонама, гдје пјешаци нису били ометани возилима. Све три локације се налазе у Новом Саду, а у време снимања ток пешака је био интензиван.

## 2. ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ ПЈЕШАЧКОГ ТОКА

Основни параметри саобраћајног тока служе за описивање пјешачких токова и законитости кретања пјешака.

У основне параметре пјешачког тока спадају:

1. Проток пјешака,
2. Густина тока,
3. Брзина тока,
4. Проток по јединици ширине пролаза,
5. Расположиви пјешачки простор,
6. Групни проток или формацијски проток и
7. Ниво услуге.

## НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из дипломског-мастер рада чији ментор је био др Вук Богдановић, доцент.

## 2.1. Проток возила

Појам протока возила дефинише се као број пјешака која у одређеном периоду времена пређу кроз посматран пресека пјешачке саобраћајнице, у јединици времена. Проток је просторно везан за пресек, а временски за јединицу посматрања.

Проток се обележава са  $q$ , а основна јединица за изражавање протока је **пјешака на час**. Проток се може изражавати и у мањим и у већим временским јединицама од часа.

## 2.2. Брзина пјешака

Као што смо горе споменули брзина пјешака улази као значајан параметар у рачунање протока пјешака, као и за одређивање нивоа услуге. [1] Њу везују за више параметара можда ју је најтеже предвидјети, али се може измјерити у реалним околностима.

## 3. МЕТОДОЛОГИЈА РАДА

За утврђивање брзине кретања пјешака, вршено је истраживање на одређеном узорку пјешака чија кретања су анализирана накнадном обрадом видео записа саобраћаја на појединим локацијама.

Локације су снимане тако да се касније анализом видеа лако могло уочити тренутак када пјешак улази и излази из зоне која је помоћу рачунара ских програма касније уцртана на видео. Требало је посебно водити рачуна да положај камере током снимања буде такав како се пјешаци неби преклапали на снимку што би онемогућило читавање времена које је потребно пјешаку да пређе одређен пут, чиме би се знатно смањила прецизност и довело у питање тачност читавог истраживања.

За снимање је коришћена дигитална камера, фиксно постављена из разлога смањења грешке при обради података.

Локације су снимане у временским периодима од:

- Прва у периоду од 11:45 до 13:55 часова,
- Друга у периоду од 11:40 до 14:00 часова
- Трећа у периоду од 11:30 до 15:05 часова.

Снимање је рађено подаље од семафора и мјеста гдје се врши задржавање пјешака како би се избјегла појава плотунског кретања. Снимање је рађено у периоду новембра и почетка децембра, па су пјешаци имали нешто више гардеробе на себи. Током снимања температура ваздуха је била око 20-ак степени Целзијуса.

За обраду података су коришћени следећи софтверски алати:

- Mini Tab,
- Adobe Premiere Pro 1.5,
- Microsoft Excel.

#### 4. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА

Анализирано је посебно за мушкарце и за жене. Пјешаци на трећој локацији су анализирани и по старосним групама.

Анализа по старосним групама на прве двије локације није рађена из разлога што на тим локацијама није било пјешака који би се нашли у другим групама осим у двијема групама од 12 до 21 и од 21 до 30 година. Број пјешака који би били изван ових група би био мањи од 1% по групама у које би требало да се сврстају.

##### 4.1. Брзина кретања на локацијама

Локације на којима је рађена анализа се налазе у пјешачкој зони. Анализирано је 2877 пјешака. Расподјела брзина пјешака је представљена на графику 4.1. и 4.2.

На овим графицима се може видјети да је брзина имала нормалну статистичку расподелу. Уочено је релативно мало одступање брзина од просјечне.

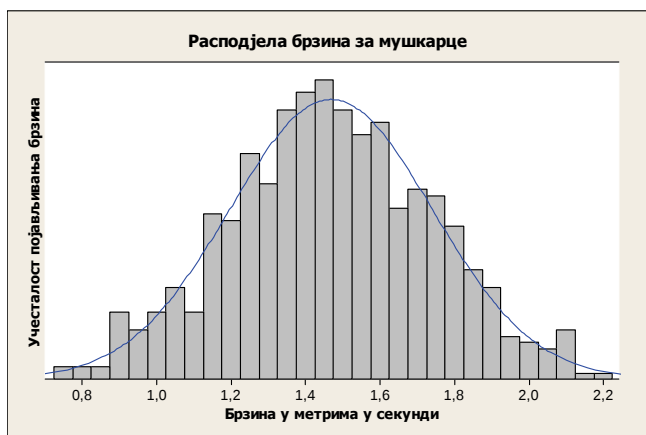


График 4.1. Расподјела брзина за мушкарце

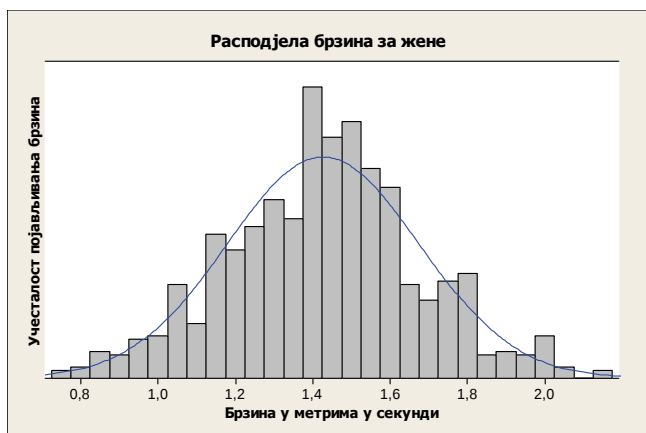


График 4.2. Расподјела брзина за жене на локацији 1

Табела 4.1. Измјерене вриједности на локацији број 1

| Група            | Просјечне вриједности |               |             | Учешће у укупном броју (%) |
|------------------|-----------------------|---------------|-------------|----------------------------|
|                  | Брзина                | Дужина корака | Фреквенција |                            |
| Жене             | 1.54                  | 0.75          | 1.95        | 54.02                      |
| Жене у групи     | 1.53                  | 0.74          | 1.94        | 5.17                       |
| Мушкарци         | 1.53                  | 0.75          | 1.95        | 31.61                      |
| Мушкарци у групи | 1.56                  | 0.76          | 1.95        | 1.72                       |
| Мјешовито        | 1.43                  | 0.75          | 1.95        | 7.47                       |
| Укупно           | 1.54                  | 0.75          | 1.95        | 100.00                     |

##### 4.2. Брзина кретања пјешака по старосној расподелји

Пјешаци на локацији број три су подјелени по старосним групама и тако је анализирана брзина сваке групе посебно. Пјешаци су подјелени на пет група:

- Прва, дјеца до 12 година
- Друга, млађи млади од 12 до 21 година
- Трећа, средње млади од 21 до 30 година
- Четврта, старији млади од 30 до 50 година
- Пета, пјешаци у зрелим годинама преко 50 година

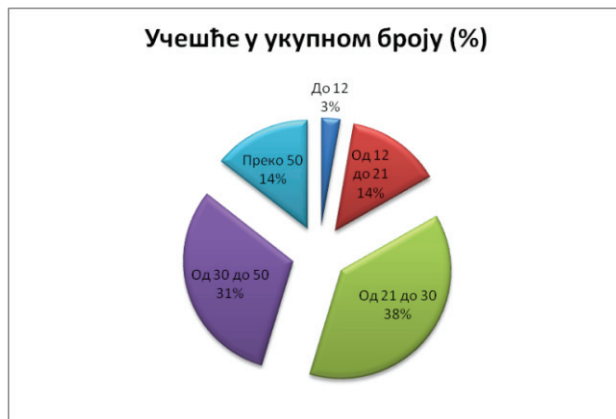


График 4.3. Процентуално учешће појединих старосних група у укупном броју пјешака

Са графика 4.3 се може видјети да је број дјеце то јест пјешака који спадају у старосну категорију до 12 година знатно нижи од других категорија и износи свега 3%.



График 4.4. Просјечне брзине по старосним категоријама пјешака дате у облику стубића

Брзина пјешака гледано по старосним групама нема велика одступања у поређењу по категоријама на основу којих је анализирано осим за учеснике у категорији преко 50 година.

#### 4.3. Брзина кретања пјешака по начину кретања

Брзина пјешака је анализирана и по начину кретања пјешака. Анализирано је кретање у пет начина кретања: споро, нормално, журно, потрчавање и трчање.

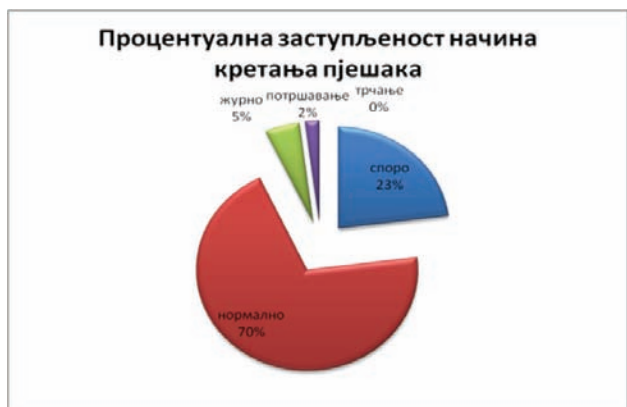


График 4.5. процентуална заступљеност начина кретања на локацији број 1

На локацији број један није било пјешака који су трчали, јако мало је било пјешака који су потршавали и кретали се журно. Ово се види из графика 4.5..

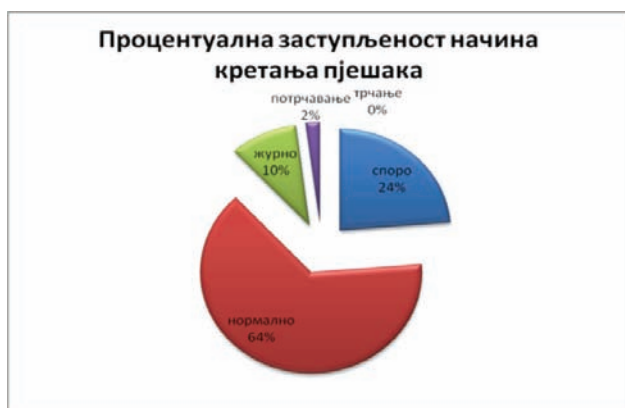


График 4.6. процентуална заступљеност начина кретања на локацији број 2

График 4.6. и график 4.5. имају јако мало одступања у изгледу. То можемо протумачити тиме да су локације један и два имале јако сличну слику начина кретања пјешака.



График 4.7. процентуална заступљеност начина кретања на локацији број 3

График 4.7. има само три приказа од пет категорија начина кретања колико је било категорија. Пјешака у категорији потрчавање и трчање није било. Велики број пјешака се кретао начином кретања који одговара начину кретања споро, чак 54% што се може приписати мјесту гдје се локација на којој су снимани пјешаци налазила.

#### 5. ЗАКЉУЧАК

У оквиру рада анализиране су карактеристике пјешачких токова, као и брзина кретања пјешака у различитим условима. Познавање пјешачких токова је изузетно значајно јер се сви облици и видови кретања завршавају пјешачењем. Прорачун пјешачких саобраћајница, улаза-излаза, пролаза и осталих пјешачких комуникација у јавним објектима високе атракције који привлаче велики број људи, је од пресудне важности за безбједност. Као и остале саобраћајнице и пјешачке комуникације имају капацитет који зависи од многих параметара пјешачких токова.

На основу упоредне анализе истраживања које је спроведено у овом раду и прехтодних истраживања закључено је да постоје одређене разлике. Без обзира да ли се анализирају пјешачки токови или појединачне брзине кретања пјешака, у свакој популационој групи, код оба пола, утврђена брзина је за око 10-20% већа од брзина које се препоручују у литератури[2]. За разлику од карактеристика аутомобила, пјешаци који чине пјешачке токове нису се могли променити због технолошких унапређења. Разлика у резултатима може се објаснити и чињеницом да је примењена метода много реалнија у одосу на класичне.[3]

Снимањем саобраћајних токова, без прехтодне најаве, добија се реална слика пјешачких токова, па самим тим и параметара којим се може описати њихов ток. У оквиру рада диференцијација брзина извршена је према слободној процени аутора, без анкетања са намером да се не ометају пјешачки токови и ремети ритам

њиховомг уобичајеног поношања, у циљу добијања што реалнијих резултата.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Љ. Кузовић, В. Богдановић, Теорија саобраћајног тока, Факултет Техничких Наука, Нови Сад, 2004.
- [2] Highway Capacity Manual, Transposrtation Resarch Board, Washington D.C.
- [3] Дипломског рада Драган Домазетовић  
Факултет Техничких Наука Нови Сад

## Кратка Биографија

**Дарко Драгић** рођен је у Грачаници 1984. Године. Живи на Озрену општина Добој гдје похађао основну школу. Средњу Саобраћајну школу завршио 2003. Факултет Техничких Наука уписао је као редован студент 2003. год. на одсеку за Саобраћај - смер: Друмски саобраћај.

**Вук Богдановић** рођен је у Сремској Митровици 1966 године. Запослен је на Департману за саобраћај, Факултета техничких наука у Новом Саду. Тренутно у звању доцента на Катедри за саобраћајне системе.